

三重県石油コンビナート
防災アセスメント調査報告書

令和8年3月

三 重 県

三重県石油コンビナート防災アセスメント調査報告書

目 次

| | |
|-----------------------------|------|
| 1. 調査内容 | 1-1 |
| 1.1 調査の目的 | 1-1 |
| 1.2 調査対象 | 1-1 |
| 1.3 調査データの収集・整理及び解析 | 1-2 |
| 1.4 調査内容 | 1-2 |
| 1.5 調査の実施手順 | 1-5 |
| 1.6 調査体制 | 1-6 |
| 2. 防災アセスメントの基本概念 | 2-1 |
| 2.1 防災アセスメントの考え方 | 2-1 |
| 2.2 確率的なリスク評価の考え方 | 2-1 |
| 2.3 評価のレベル(評価の細かさ) | 2-5 |
| 2.4 安全水準 | 2-5 |
| 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 | 3-3 |
| 3.3 施設別の評価項目一覧 | 3-6 |
| 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 | 4-28 |
| 4.3 災害の影響度の推定 | 4-48 |
| 4.4 総合的な災害危険性の評価 | 4-73 |
| 4.5(参考) 災害事象の発生件数の期待値 | 4-87 |
| 5. 短周期地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 | 5-7 |
| 5.3 災害の発生危険度(確率)の推定 | 5-7 |
| 5.4 災害の影響度の推定 | 5-27 |
| 5.5 総合的な災害危険性の評価 | 5-27 |
| 5.6(参考) 地震発生時の災害事象の発生件数の期待値 | 5-66 |
| 6. 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による被害の評価方法 | 6-1 |
| 6.2 東日本大震災のスロッシング被害状況 | 6-2 |

| | | |
|------|------------------------|-------|
| 6.3 | 消防法におけるスロッシング対策 | 6-3 |
| 6.4 | 危険物タンクの余裕空間高さ | 6-5 |
| 6.5 | 前提となる長周期地震動の想定 | 6-7 |
| 6.6 | スロッシング最大波高及び溢流量の推定 | 6-21 |
| 6.7 | スロッシングによる災害の危険性 | 6-27 |
| 6.8 | スロッシングによる災害の影響度の推定 | 6-31 |
| 7. | 津波による被害を対象とした評価 | 7-1 |
| 7.1 | 東日本大震災における津波による被害の発生状況 | 7-1 |
| 7.2 | 前提となる地震の想定 | 7-4 |
| 7.3 | 津波による被害予測 | 7-8 |
| 8. | 風水害による被害を対象とした評価 | 8-1 |
| 8.1 | 三重県が想定する最大規模の高潮 | 8-1 |
| 8.2 | 最大規模の高潮による被害予測 | 8-6 |
| 8.3 | その他の風水害による被害の発生可能性 | 8-16 |
| 9. | 大規模災害を対象とした評価 | 9-1 |
| 9.1 | 前提となる大規模災害の想定 | 9-1 |
| 9.2 | 危険物タンクにおける災害 | 9-2 |
| 9.3 | ガスタンクにおける災害 | 9-4 |
| 9.4 | その他の災害 | 9-5 |
| 10. | 防災対策の基本的事項の検討 | 10-1 |
| 10.1 | 災害想定(評価結果のまとめ) | 10-3 |
| 10.2 | 災害予防対策 | 10-18 |
| 10.3 | 災害応急対策 | 10-32 |
| 10.4 | 能登半島地震の教訓、経験からの対策 | 10-36 |
| 10.5 | 防災アセスメント結果の活用について | 10-36 |

参考資料

| | | |
|-------|-------------------------|----|
| 参考資料1 | コンビナート施設の事故・被害発生状況 | 1 |
| 参考資料2 | 災害影響の算定方法 | 5 |
| 参考資料3 | コンビナート地区の気象条件 | 20 |
| 参考資料4 | 石油タンクのスロッシングに伴う溢流量の算定方法 | 23 |
| 参考資料5 | 津波被害の算定方法 | 26 |
| 参考資料6 | 防災対策アンケートについて | 28 |

1. 調査内容

1.1. 調査の目的

石油コンビナート等特別防災区域を有する都道府県は、石油コンビナート等災害防止法に基づき石油コンビナート等防災計画を作成しなければならないとされている。当該計画に定めるべき事項の一つに「災害の想定に関すること」が規定されており、この災害の想定をできるだけ客観的かつ現実的なものとするため、消防庁は平成6年に「石油コンビナートの防災アセスメントの策定指針」を示した。

また、平成13年には、阪神・淡路大震災の被害を踏まえてこれを見直し、「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（以下「旧指針」という。）を取りまとめた。

さらに、平成23年3月11日に発生した東日本大震災において、特別防災区域においても甚大な被害が発生したことから、消防庁では研究会を設置して旧指針を見直し、平成25年3月に改定した（以下「消防庁指針」という。）。

三重県には、特別防災区域である四日市臨海地区が存在しており、現在の三重県石油コンビナート等防災計画（以下「防災計画」という。）の災害想定は、平成25年度に消防庁指針に基づき防災アセスメントを実施したものを採用している。なお、災害想定以外の関係機関の連絡先や防災資材などの項目については、毎年、修正を行っている。

このような中、令和5年2月から内閣府に設置された「南海トラフ巨大地震モデル・被害想定手法検討会」においては、防災対策の進捗を確認するための被害想定手法を検討するとともに、地盤モデル等の見直しや新たな被害想定に向けた計算手法を検討することを目的として有識者による検討が進められた。

三重県では、令和6年に地域防災計画等が目標とする期間の10年を迎えることから、防災対策の進捗を確認するためのフォローアップと次の目標を定めるため、新たな被害想定をもとに地域防災計画等を見直しを行っている。

これに合わせて、石油コンビナートにおける防災対策の見直しの基礎資料とするため、最新の石油コンビナートの現況体制及び最新の地盤モデル等の知見に基づいた石油コンビナートの防災アセスメント調査（以下「防災アセスメント調査」という。）を行う。

1.2. 調査対象

(1) 対象とする災害

平常時、地震時及び風水害発生時に特別防災区域内で発生する可能性のある漏洩、火災、爆発などの災害を対象とする。

なお、平常時は通常操業中（可燃性物質や毒性物質の貯蔵・処理中）の事故を対象とし、地震時は短周期地震動（強震動及び液状化）、長周期地震動及び津波による被害を対象とし、風水害発生時は高潮、台風、線状降水帯等による浸水による被害を対象とする。大規模災害については、平常時、地震時、風水害発生時のいずれにおいても起こり

得るものとする。

- ① 平常時の事故
- ② 短周期地震動による被害
- ③ 長周期地震動による被害
- ④ 津波による被害
- ⑤ 風水害による被害
- ⑥ 大規模災害

(2) 対象地区

四日市臨海地区

(3) 対象施設

調査対象地区の特定事業所内に所在する以下の施設とする。

- ① 危険物タンク（屋外タンク貯蔵所）
- ② 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（危険物製造所、危険物一般取扱所、高圧ガス製造施設、高圧混在施設、発電施設）
- ⑤ 海上入出荷施設（危険物タンカー棧橋、シーバース、ガスタンカー棧橋）
- ⑥ パイプライン（危険物配管、高圧ガス導管）

1.3. 調査データの収集・整理及び解析

- ① 評価対象となる事業所・施設データ（事業所や施設の配置、施設の諸元等）
- ② 短周期地震動データ（地震動予測結果（震度分布・液状化危険度分布））
- ③ 長周期地震動データ（予測波形）
- ④ 津波データ（津波予測結果（津波浸水深））
- ⑤ 気象データ（測定局における風向・風速等）
- ⑥ 高潮データ（高潮浸水予測結果（高潮浸水深））
- ⑦ 全国の施設数及び全国で過去に発生した危険物・高圧ガスの事故データ
- ⑧ 危険物・高圧ガス等の物性データ

1.4. 調査内容

(1) 平常時の事故

平常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 災害の発生危険度の推定
- ③ 災害の影響度の推定
- ④ 災害の発生危険度と影響度に基づいた総合的な評価による災害想定

(2) 短周期地震動による被害

既存の地震動予測結果を前提に、短周期地震動による被害（可燃性液体の漏洩・火災、可燃性ガスの漏洩・火災・爆発、毒性ガスの漏洩・拡散等）を対象に上記(1)–①～④の評価を行う。

(3) 長周期地震動による被害

既存の長周期地震動の予測波形を前提に、危険物タンクのスロッシング被害を対象として以下の評価を行う。

- ① スロッシング最大波高及び溢流量の推定
- ② 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
- ③ 想定災害の影響評価

(4) 津波による被害

既存の津波被害想定調査結果を前提に、以下の評価を行う。

- ① 浸水の可能性がある施設の把握
- ② 浸水による危険物タンクの被害（浮き上がり及び滑動）の影響評価
- ③ コンビナートが浸水した場合のその他の被害や影響の評価

(5) 風水害による被害

既存の高潮浸水想定調査結果等を前提に、以下の評価を行う。

- ① 浸水の可能性がある施設の把握
- ② 浸水による危険物タンクの被害（浮き上がり及び滑動）の影響評価
- ③ 風水害（高潮、台風、線状降水帯等）によりコンビナートが浸水した場合のその他の被害や影響の評価

(6) 大規模災害

発生危険性が極めて低いと考えられるものの発生した時の影響が甚大となると考えられる大規模災害について以下の評価を行う。

- ① タンク全面火災の影響評価
- ② 防油堤内流出火災の影響評価
- ③ 防油堤等から海上への流出及び防油堤火災からの延焼拡大の影響評価
- ④ 可燃性の加圧液化ガスタンクの爆発による災害

⑤ シーバースの事故

(7) 防災対策の基本的事項の検討

(1)から(6)の防災アセスメントの調査・検討結果を基に、平常時、地震時、津波時、風水害発生時及び大規模災害時において発生する可能性のある災害について整理し、災害の発生や拡大の防止、周辺地域への影響の低減、周辺住民の安全確保などの防災対策の基本的事項について検討する。

1.5. 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（短周期地震動及び長周期地震動）による被害、津波による被害、風水害による被害、大規模災害を対象とした評価を行う。

このような調査の実施手順を図1.5.1に示す。

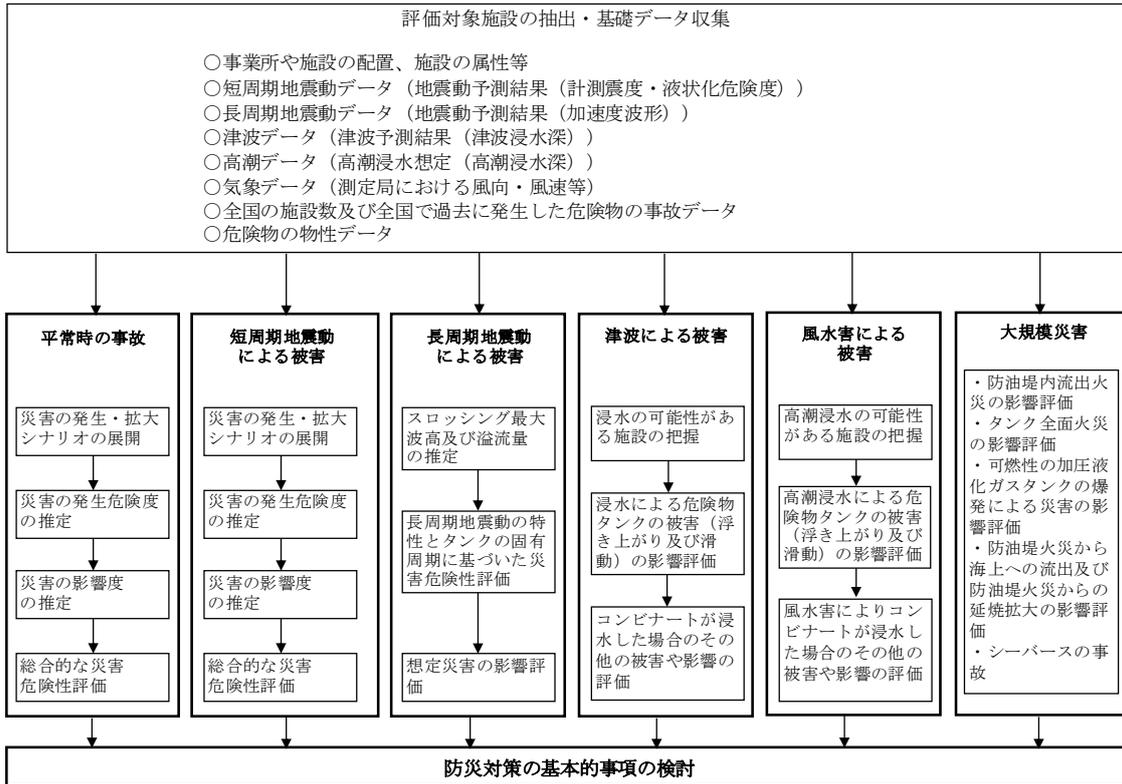


図 1.5.1 調査の実施手順

1.6. 調査体制

調査の実施にあたっては、県と学識者、関係防災機関及び特定事業所の代表で構成する「三重県石油コンビナート防災アセスメント調査技術検討会」を設置し、必要な検討を行った。

検討委員会の構成は次のとおりである。

三重県石油コンビナート防災アセスメント調査技術検討会委員名簿

| | 氏 名 | 所 属 ・ 役 職 |
|----|-------|--|
| 座長 | 小川 輝繁 | 横浜国立大学 名誉教授 |
| 委員 | 座間 信作 | 横浜国立大学 総合学術高等研究院 次世代工学システムの安全科学研究ユニット 客員教授 |
| | 鈴木 泰之 | 三重大学 名誉教授 |
| | 松田 厚司 | 四日市市消防本部予防保安課 課長 |
| | 先川 宣 | 海上保安庁四日市海上保安部 警備救難課 課長 |
| | 内山 義孝 | 四日市合成株式会社 環境安全品質部 部長 |
| | 中条 孝之 | 三重県防災対策部 コンビナート防災監 |

(敬称略、順不同)

2. 防災アセスメントの基本概念

消防庁指針に基づいた基本概念を以下に示す。

2.1. 防災アセスメントの考え方

防災アセスメントでは、まず対象とする石油コンビナート施設において平常時や地震時に起こり得る災害の発生と拡大のシナリオを描く事から始まる。シナリオは、災害の引き金となる事象（初期事象）を先頭に記し、これに続く災害の拡大様相を防災設備の成否などにより分岐させたイベントツリー（Event Tree：ET）と呼ばれる図で表現する。この ET 図を基に、それぞれの災害の特性に応じて次のような評価を行い、防災計画策定において想定すべき災害の種類や規模を特定する。

○確率的なリスク評価：平常時の事故、短周期地震動による被害

○確定的な定量評価又は定性評価：長周期地震動による被害、津波による被害、風水害による被害、大規模災害による被害

なお、本アセスメントの定量的評価は、簡易な手法の適用を前提とするもので、災害（シナリオ）によってはこれが困難なものもある。このような災害については、災害拡大シナリオを基に防災対策の要点を提示するにとどめる。

2.2. 確率的なリスク評価の考え方

平常時の事故、短周期地震動による被害において適用する確率的なリスク評価手法の概要は以下のとおりである。

2.2.1. リスクの概念

われわれはよく「危険」とその反対の「安全」という言葉を耳にする。危険か安全かは主観的なもので、ある人には安全と思われることでも別の人には危険と思われることもよくある。社会はしばしば絶対的な安全を要求するが、危険が全くないということは現実的にはあり得ない。

絶対安全が実現不可能であるとすれば、危険がどの程度であれば安全といえるか。このような評価を定量的に行うために、海外では「リスク」という概念がよく用いられる。リスクは、危険な事象（例えば事故）の発生危険度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。

$$R = \sum_i F_i \cdot C_i$$

ただし、

R : 評価対象とする系のリスク

F_i : 事象 i の発生危険度

C_i : 事象 i が発生したときの影響度

事象の発生危険度 (F_i) は確率又は頻度によって定量化される。確率は、N回の試行に対するある事象の出現回数をn回としたとき n/N として表され、0と1の間の無次元数(単位をもたない数)となる。頻度は、一定期間にある事象が出現する回数で、リスク評価では1年あたりの出現回数として「/年」という単位をつけて表されることが多い。事象によっては1年に1回以上出現するようなものも考えられ、確率のように0と1の間になるとは限らない。

リスク評価では、故障の発生確率や事故の発生頻度といった非常に小さな数値を扱うため、次のような指数表示がよく用いられる。

- 10^{-2} : 確率 → 100回に1回発生
頻度 → 100年に1回発生
- 5×10^{-3} : 確率 → 200回に1回発生
頻度 → 200年に1回発生
- 2×10^{-3} : 確率 → 500回に1回発生
頻度 → 500年に1回発生

一方、事象が発生したときの影響度 (C_i) に関しては、評価の目的に応じて放射熱や爆風圧などの物理的作用が被害を及ぼす範囲の大きさ、死者数や負傷者数などの人的被害、損害額などの経済的損失が用いられる。

2.2.2. 防災アセスメントにおけるリスク評価

三重県の石油コンビナートの防災アセスメントにおいても、上記のようなリスクの概念を導入して評価を行い、災害の発生危険度と影響度の両面から災害危険性を総合的に評価することにより、想定災害の抽出を行う。このような手法はリスクマトリックスと呼ばれ、リスク評価においては多方面で用いられている。防災アセスメントにおけるリスク評価の概念を図2.2.1に示す。

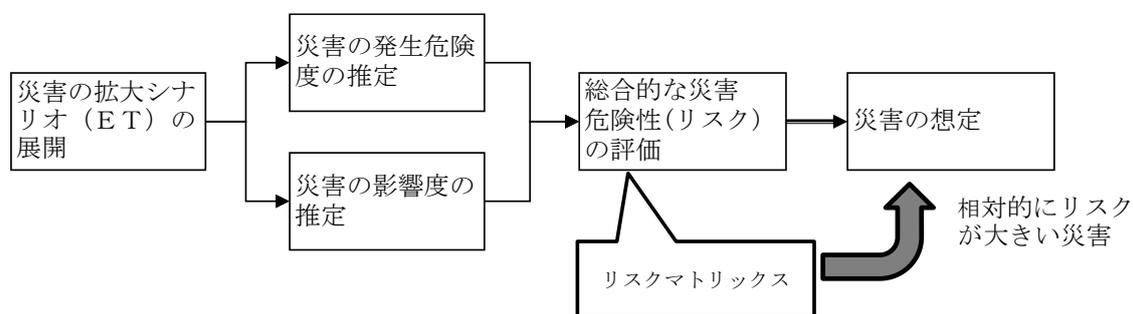


図 2.2.1 防災アセスメントの実施手順

2.2.3. 確率的な評価手法

(1) イベントツリー解析

災害の発生危険度に関しては、確率的な安全評価手法の一つであるイベントツリー解析 (Event Tree Analysis: ETA) を適用する。この手法は、事故の発端となる事象 (初期事象) を見い出し、これを出発点として事故が拡大していく過程を防災設備や防災活動の成否、火災や爆発などの現象の発生有無によって枝分かれ式に展開したイベントツリー (ET: 前述の災害拡大シナリオ) を作成して解析するものである。このETに初期事象の発生頻度 (あるいは確率) と事象の分岐確率を与える事により、中間や末端に現れる災害事象がどの程度の頻度 (あるいは確率) で起こり得るかを算出する事ができる。イベントツリーの概念を図2.2.2に示す。

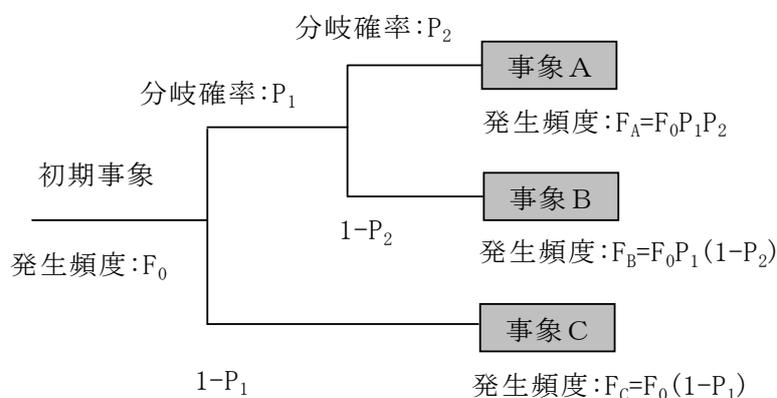


図 2.2.2 イベントツリー (ET) の概念

(2) フォールトツリー解析

ETAにおける事象分岐確率 (防災設備の作動失敗) の推移には、可能な範囲でフォールトツリー解析 (Fault Tree Analysis: FTA) と呼ばれる手法を用いる。この手法は、例えば「故障の発生」といった事象を頂上事象として設定し、その発生原因を機器・部品レベルまで次々と掘り下げ、原因とその結果を論理記号 (AND・OR) で結びつけてツリー状に表現するものである。フォールトツリーの概念を図2.2.3に示す。

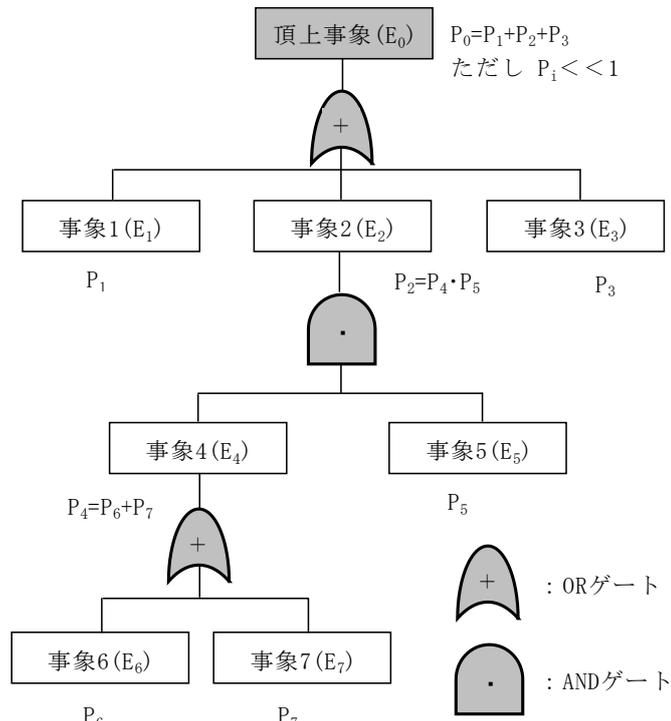


図 2.2.3 フォールトツリー (FT) の概念

(3) リスクマトリックス

図2.2.4に示すような、片方の軸に発生危険度、もう一方の軸に影響度をとったリスクマトリックスにより災害の危険度を総合的に評価し、想定すべき災害と防災対策の優先度を検討する。発生危険度と影響度のカテゴリ化(区分化)は評価の対象や目的によって任意に設定することになる。

| | | | | |
|-------------|---|-----------|----------|-----------|
| 影 響 度 | 大 | リスク 中 | リスク 大 | リスク 極大 |
| | 中 | リスク 小 | リスク 中 | リスク 大 |
| | 小 | リスク 極小 | リスク 小 | リスク 中 |
| | | 小 | 中 | 大 |
| | | 発生危険度 | | |

図 2.2.4 リスクマトリックスの概念図

2.3. 評価のレベル（評価の細かさ）

消防庁指針に基づいた防災アセスメントは、三重県の石油コンビナート等特別防災区域全域を対象とするため、主要な施設に限ったとしても相当数の施設を評価する必要がある。これらの施設は細かく見れば全て異なり、従って災害拡大シナリオ、あるいは初期事象の発生頻度や事象の分岐確率は個々の施設によって全て異なる。例えば、製造施設の潜在危険性の決定要因となり得る規模や構造、取り扱い物質の種類やプロセス条件などは1つ1つ異なり、殆ど同じように見える石油タンクでも貯蔵物質の腐食性、配管の材質や太さなどによって漏洩事故の発生頻度は異なってくるであろう。

しかし現実問題として、数多くある施設の1つ1つに対してこのような細かい要因を取り入れてETAによる確率的評価を行う事は困難なため、災害の発生や拡大の様相がある程度共通とみなせるような施設群をひとまとめにしたマクロな評価を行う。ただし、災害の影響度は、個々の施設の位置やプロセス条件（取扱物質の性状、貯蔵量や滞留量、取扱の温度、圧力、相など）によって決まるため、可能な範囲でこれらを反映して評価する必要がある。

このようなことから、防災アセスメントを行った結果として石油コンビナート周辺地域が無視できない頻度で災害による重大な影響を受けるおそれがあり、かつ、発災時の応急対策が困難な場合には、必要に応じて影響元となる特定の施設を対象としたさらに詳細な防災アセスメントを実施し、この結果を基に施設の安全強化対策を検討する事が望ましい。この意味で、今回、三重県が実施する防災アセスメントは主として行政が行うべき防災対策の重点事項を洗い出すための基礎的な評価であり、これにより直ちに事業所に多額のコストを要するハード対策を要求するものではない。

2.4. 安全水準

2.4.1. 平常時の事故

平常時の事故の安全水準は、全国的に採用されている 10^{-6} /年^aとする。これは、同種の施設100万基に対して、対象とする災害が1年間に1回発生する確率である。

2.4.2. 短周期地震動による被害

短周期地震動による被害の安全水準は、地震の発生確率を考慮し、地震の発生確率と地震時の被災確率の積が平常時と同じ 10^{-6} /年となるように設定する。

2.4.3. 長周期地震動による被害

長周期地震動による被害については、確率的な評価を実施せずに、スロッシングによる溢流の可能性を検討する。具体的には、危険物タンクの満液時のスロッシング固有周期を

^a 井上威恭：社会的に許容される安全水準，高圧ガス，Vol.17，No.5，1980

算出し、地震動予測波形を用いてコンビナートにおける長周期地震動の大きさ（速度応答スペクトル）を推定する。また、速度応答スペクトル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を推定することで、溢流の可能性を評価する。

2.4.4. 津波による被害

津波による被害については、確率的な評価は実施せず、想定される津波浸水深に基づく影響を定性的に評価する。ただし、危険物タンクについては、津波による危険物タンクの被害（浮き上がり及び滑動）について定量的に評価する。

2.4.5. 風水害による被害

風水害による被害については、確率的な評価は実施せず、高潮、台風、線状降水帯等による浸水の影響を定性的に評価する。ただし、危険物タンクについては、高潮浸水による危険物タンクの被害（浮き上がり及び滑動）について定量的に評価する。

2.4.6. 大規模災害

大規模災害については、確率的な評価は実施せず、タンク全面火災、防油堤内流出火災、危険物タンクにおける防油堤等から海上への流出、防油堤火災からの延焼拡大、可燃性の加圧液化ガスタンクの爆発による災害及びシーバースの事故による影響について定性的に評価する。

3. 特別防災区域と評価対象施設

3.1. 特別防災区域

三重県内の石油コンビナート等特別防災区域は四日市臨海地区であり、県の北部、伊勢湾に位置する四日市市沿岸に広く分布している。特定事業所の立地概況は図3.1.1及び表3.1.1に示すとおりである。四日市臨海地区には合計で32の特定事業所（第一種事業所及び第二種事業所）が存在する。

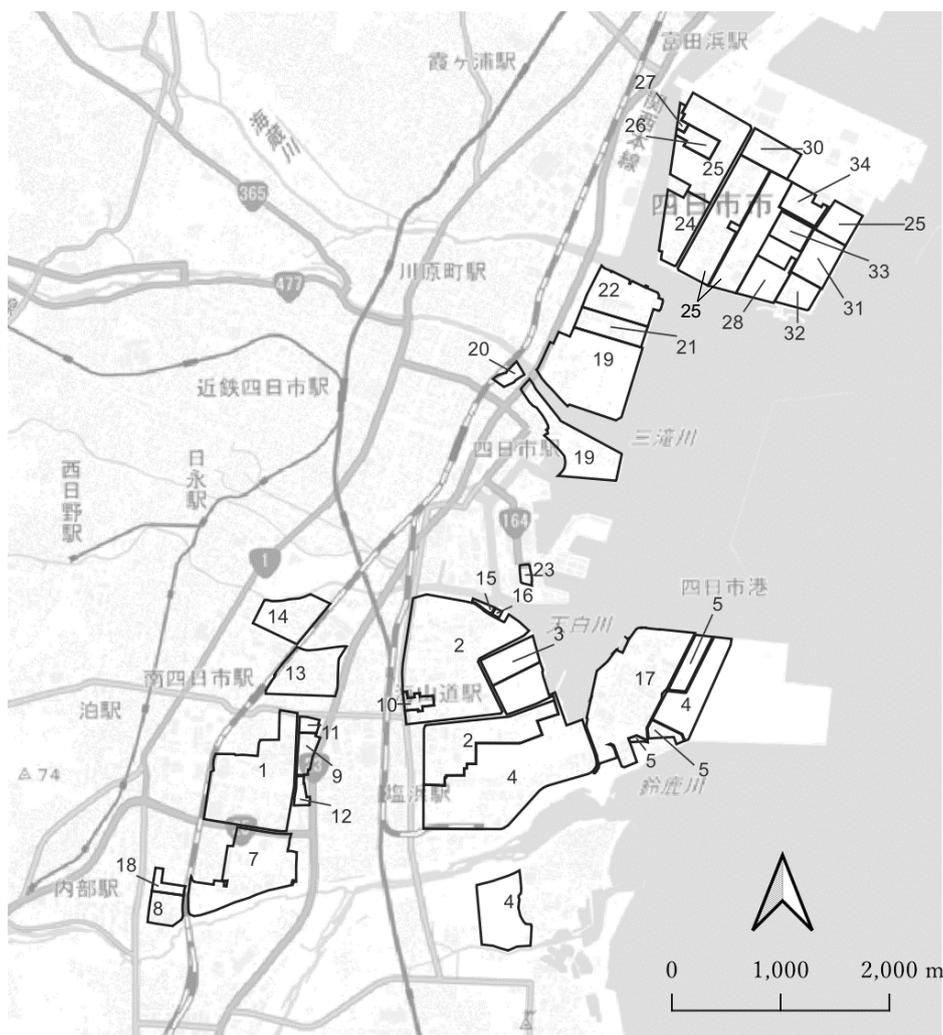


図 3.1.1 特定事業所の立地概況図

表 3.1.1 特定事業所の一覧

| | 番号 | 種別 | 事業所名 |
|----------|----------|-----|----------------------------|
| 第一コンビナート | 1 | 第一種 | (株)ENEOSマテリアル四日市工場 |
| | 2 | 第一種 | 三菱ケミカル(株)東海事業所塩浜地区 |
| | 3 | 第一種 | コスモ石油(株)塩浜油槽所 |
| | 4 | 第一種 | 昭和四日市石油(株)四日市製油所 |
| | 5 | 第一種 | 高純度シリコン(株) |
| | 7 | 第二種 | 三菱ケミカル(株)東海事業所川尻地区 |
| | 8 | 第二種 | 三菱ケミカル(株)東海事業所大治田地区 |
| | 9 | 第二種 | (株)ジェイエスピー四日市第一工場 |
| | 10 | 第二種 | 四日市合成(株)四日市工場 |
| | 11 | 第二種 | 四日市合成(株)六呂見工場 |
| | 12 | 第二種 | 東邦化学工業(株)四日市工場 |
| | 13 | 第二種 | 味の素(株)東海事業所 |
| | 14 | 第二種 | 三菱瓦斯化学(株)四日市工場 |
| | 15 | 第二種 | 日本トランスシティ(株)東邦町タンクヤード |
| | 16 | 第二種 | 中部海運(株)東邦町タンクヤード |
| | 17 | 第二種 | 石原産業(株)四日市工場 |
| | 18 | 第二種 | ライオン・スペシャルティ・ケミカルズ(株)四日市工場 |
| | 第二コンビナート | 19 | 第一種 |
| 20 | | 第一種 | コスモ石油(株)第1陸上出荷場 |
| 21 | | 第一種 | KHネオケム(株)四日市工場午起製造所 |
| 22 | | 第二種 | (株)JERA 四日市火力発電所 |
| 23 | | 第二種 | 第一工業製薬(株)四日市工場千歳地区 |
| 第三コンビナート | 24 | 第一種 | KHネオケム(株)四日市工場霞ヶ浦製造所 |
| | 25 | 第一種 | 東ソー(株)四日市事業所 |
| | 26 | 第一種 | 丸善石油化学(株)四日市工場 |
| | 27 | 第一種 | 四日市オキシトン(株)四日市工場 |
| | 28 | 第一種 | 四日市エルピージー基地(株)霞事業所 |
| | 30 | 第一種 | DIC(株)四日市工場 |
| | 31 | 第二種 | (株)JERA 四日市LNGセンター |
| | 32 | 第二種 | 東邦ガス(株)四日市工場 |
| | 33 | 第二種 | コスモ石油(株)四日市霞発電所 |
| | 34 | 第二種 | 第一工業製薬(株)四日市工場霞地区 |

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、危険物や高圧ガス等の貯蔵・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。なお、原則として調査対象時点は令和7年1月1日現在とした。

(1) 危険物タンク

第4類危険物を貯蔵した容量500k1以上の屋外タンク貯蔵所

(2) ガスタンク

① 可燃性ガスを貯蔵した全てのタンク

(高圧ガス保安法に係る貯槽、電気事業法及びガス事業法に係る貯槽またはガスホルダー)

② 表3.2.1に該当する毒性ガスを貯蔵した全てのタンク

(3) 毒性液体タンク

表3.2.1に該当する毒性物質で、危険物、高圧ガスのいずれにも該当しない毒性液体を貯蔵した全てのタンク（プラント内の貯槽、小容量の容器等は除く）

(4) プラント

①～⑤に示す施設で、第4類危険物・可燃性ガス・表3.2.1に該当する毒性物質のいずれかの取扱があるもの

① 危険物製造所（指定数量の500倍以上の施設）

② 危険物一般取扱所（栈橋を除く指定数量の500倍以上の施設）

③ 高圧ガス製造施設（コンビナート等保安規則第5条に示されたKW値が 10^6 以上の施設）

④ 高圧混在施設（①、②及び③が混在する施設）

⑤ 発電施設（出力10万kW以上の施設）

(5) 海上入出荷施設（タンカー栈橋）

① 危険物タンカー栈橋及びシーバース（危険物第4類）

② ガスタンカー栈橋（可燃性・毒性（毒性は表3.2.1に該当するもの））

(6) パイプライン（導配管）

事業所間を結ぶ配管（地上、地下及びその他（カルバート等））あるいは離れた栈橋とタンクを結ぶ配管などのうち、コンビナート区域外に出る配管（地上、地下及びその他（カルバート等））で、以下に示すもの（同じコンビナート内の事業所間のパイプラインは除く）

① 危険物配管（危険物第4類）

② 高圧ガス導管（可燃性・毒性（毒性は表3.2.1に該当するもの））

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、エチレンクロルヒドリン、塩素、クロルスルホン酸、珪フッ化水素酸、臭素、発煙硝酸、発煙硫酸 |

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のとおりである。なお、休止中の施設は、危険物やガス等を貯蔵しておらず危険性が小さいとして、評価対象外とした。一方で、休止中のタンクが津波や高潮により移動する場合、他の施設への影響が生じる恐れがあるため、津波及び高潮による被害の評価においては休止中の危険物タンクも定量評価対象とした。

表 3.2.2 評価対象施設

| 施設種類 | | 施設数 | | | |
|-----------------------|---------------------------------|----------|------|-----|----|
| | | 稼働中 | 休止中等 | 計 | |
| 危険物タンク (容量500k1以上) | 固定屋根式タンク | 226 | 6 | 232 | |
| | 浮き屋根式タンク (シングルデッキ) | 82 | 2 | 84 | |
| | 浮き屋根式タンク (ダブルデッキ) | 9 | 0 | 9 | |
| | 内部浮き蓋式タンク | 52 | 1 | 53 | |
| | その他(球形) | 2 | 0 | 2 | |
| | 小計 | 371 | 9 | 380 | |
| ガスタンク | 可燃性ガス | 155 | 3 | 158 | |
| | 毒性ガス | 2 | 0 | 2 | |
| | 可燃性・毒性ガス | 14 | 1 | 15 | |
| | 小計 | 171 | 4 | 175 | |
| 毒性液体タンク | | 8 | 0 | 8 | |
| プラント ※ | 危険物製造所・危険物一般取扱所・高圧ガス製造施設・高圧混在施設 | 90 | 12 | 102 | |
| | 発電施設 | 7 | 0 | 7 | |
| | 小計 | 97 | 12 | 109 | |
| 海上入出荷施設 ※ | 危険物 | 165 | 13 | 178 | |
| | 危険物・毒性 | 2 | 0 | 2 | |
| | 可燃性ガス | 22 | 0 | 22 | |
| | 毒性物質 | 0 | 0 | 0 | |
| | 毒性・可燃性ガス | 0 | 0 | 0 | |
| | 小計 | 189 | 13 | 202 | |
| パイプライン ※ | 地上部あり | 危険物 | 16 | 9 | 25 |
| | | 危険物・毒性 | 1 | 0 | 1 |
| | | 可燃性ガス | 9 | 3 | 12 |
| | | 毒性物質 | 0 | 0 | 0 |
| | | 毒性・可燃性ガス | 0 | 0 | 0 |
| | 地上以外(地下、カルバート、オープンカルバート、海底) | 危険物 | 19 | 3 | 22 |
| | | 危険物・毒性 | 0 | 0 | 0 |
| | | 可燃性ガス | 7 | 0 | 7 |
| | | 毒性物質 | 0 | 0 | 0 |
| | | 毒性・可燃性ガス | 0 | 0 | 0 |
| | 小計 | 52 | 15 | 67 | |

※プラント、海上入出荷施設、パイプラインについては同一申請であっても、取扱物質毎に施設数を計上している場合がある。

3.3. 施設別の評価項目一覧

評価対象施設別の評価項目一覧を表3.3.1に示す。

表 3.3.1 施設別の評価項目一覧

○：定量評価、△：定性評価

| 評価対象施設 | (1) 平常時の事故 | | (2) 短周期地震動による被害 | | (3) 長周期地震動による被害 | | (4) 津波による被害 | | (5) 風水害による被害 | | (6) 大規模災害 | |
|---------------------------|-------------------------|-------|-----------------|---|---------------------------|--|---|--|---|------|-----------|----------------|
| | 災害事象 | 発生危険度 | 影響度 | 災害事象 | 影響度 | 災害事象 | 影響度 | 災害事象 | 影響度 | 災害事象 | 影響度 | 影響度 |
| (1) 危険物タンク (容量500kL以上) | 流出火災 | ○ | | (a) スロッシングによる内 容物の溢流 | (a) ○ (最大波 高及び溢流 量) | (a) 高潮浸水する施設 数 | (a) ○ | タンク全面火災 | (a) ○ | | | |
| | タンク火災 毒性ガス拡散 | ○ | ○ | (b) スロッシングによる浮 き屋根・浮き蓋損傷 (c) スロッシングに伴う火 災 (タンク火災、流出火 災) | (b) △ (c) ○ | (b) 付属配管の被害 (c) 滑動、浮き上がり (d) 内容物の流出 (e) 火災 (f) 風水害によるその 他被害 | (b) △ (d) ○ (e) △ (流出 後の火災) (f) △ | 防油堤内流出火災 防油堤から海上への流出 防油堤火災からの延焼拡大 | (c) ○ (d) ○ (e) △ (流出 後の火災) (f) △ | | | △ |
| (2) 高压ガスタンク | 爆発 フラッシュ火災 毒性ガス拡散 | ○ | ○ | (a) 浸水する施設の把握 (b) 付属設備の被害 (c) タンク本体の流出 | (a) ○ (b) △ (c) △ | (a) 高潮浸水深の把握 (b) 風水害によるその 他被害 | (a) ○ (b) △ | BLEVEによる以下の災害 ・パイプ・ボウによる放射熱 ・蒸気雲爆発による爆風圧 ・破片の飛散 | (a) ○ (b) △ | | | △ |
| | 毒性ガス拡散 | ○ | ○ | (a) 浸水深の把握 (b) 施設の被害 | (a) ○ (b) △ | (a) 高潮浸水深の把握 (b) 風水害によるその 他被害 | (a) ○ (b) △ | | (a) ○ (b) △ | | | |
| (3) 毒性液体タンク | 流出火災 | ○ | ○ | (a) 浸水深の把握 (b) 施設の被害 | (a) ○ (b) △ | (a) 高潮浸水深の把握 (b) 風水害によるその 他被害 | (a) ○ (b) △ | | (a) ○ (b) △ | | | |
| | 爆発・火災 毒性ガス拡散 | ○ | ○ | (a) 浸水深の把握 (b) 施設の被害 | (a) ○ (b) △ | (a) 高潮浸水深の把握 (b) 風水害によるその 他被害 | (a) ○ (b) △ | | (a) ○ (b) △ | | | |
| (4) プラント | 流出火災 | ○ | ○ | (a) 浸水深の把握 (b) 施設の被害 | (a) ○ (b) △ | (a) 高潮浸水深の把握 (b) 風水害によるその 他被害 | (a) ○ (b) △ | | (a) ○ (b) △ | | | |
| | 爆発 フラッシュ火災 毒性ガス拡散 | ○ | ○ | (a) 浸水深の把握 (b) 施設の被害 | (a) ○ (b) △ | (a) 高潮浸水深の把握 (b) 風水害によるその 他被害 | (a) ○ (b) △ | | (a) ○ (b) △ | | | |
| (5) 海上入出荷施設 | 危険物 (第4類) | ○ | ○ | | | | | | | | | |
| | 可燃性ガス 毒性ガス | ○ | ○ | | | | | | | | | シナーバースの事故 △ |
| (6) パイプライン | 危険物 (第4類) | ○ | ○ | | | | | | | | | |
| | 可燃性ガス 毒性ガス | ○ | ○ | | | | | | | | | |

4. 平常時の事故を対象とした評価

消防庁指針に記載されている手法を用いて、平常時の事故を対象とした評価を実施する。

各対象施設について、平常時における災害の発生危険度（発生確率）及び影響度（災害発生時に影響が及ぶ距離）を計算する。さらに、発生危険度及び影響度の結果を基に、総合的な災害危険性評価（リスクマトリックスによる評価）を行う。

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う。評価に当たっては対象施設を図 4.1.1 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する。なお、ET では災害の拡大様相に大きく影響を与えるものだけを取り入れているため、実際の災害の拡大とその対応は必ずしも ET とは一致しない。

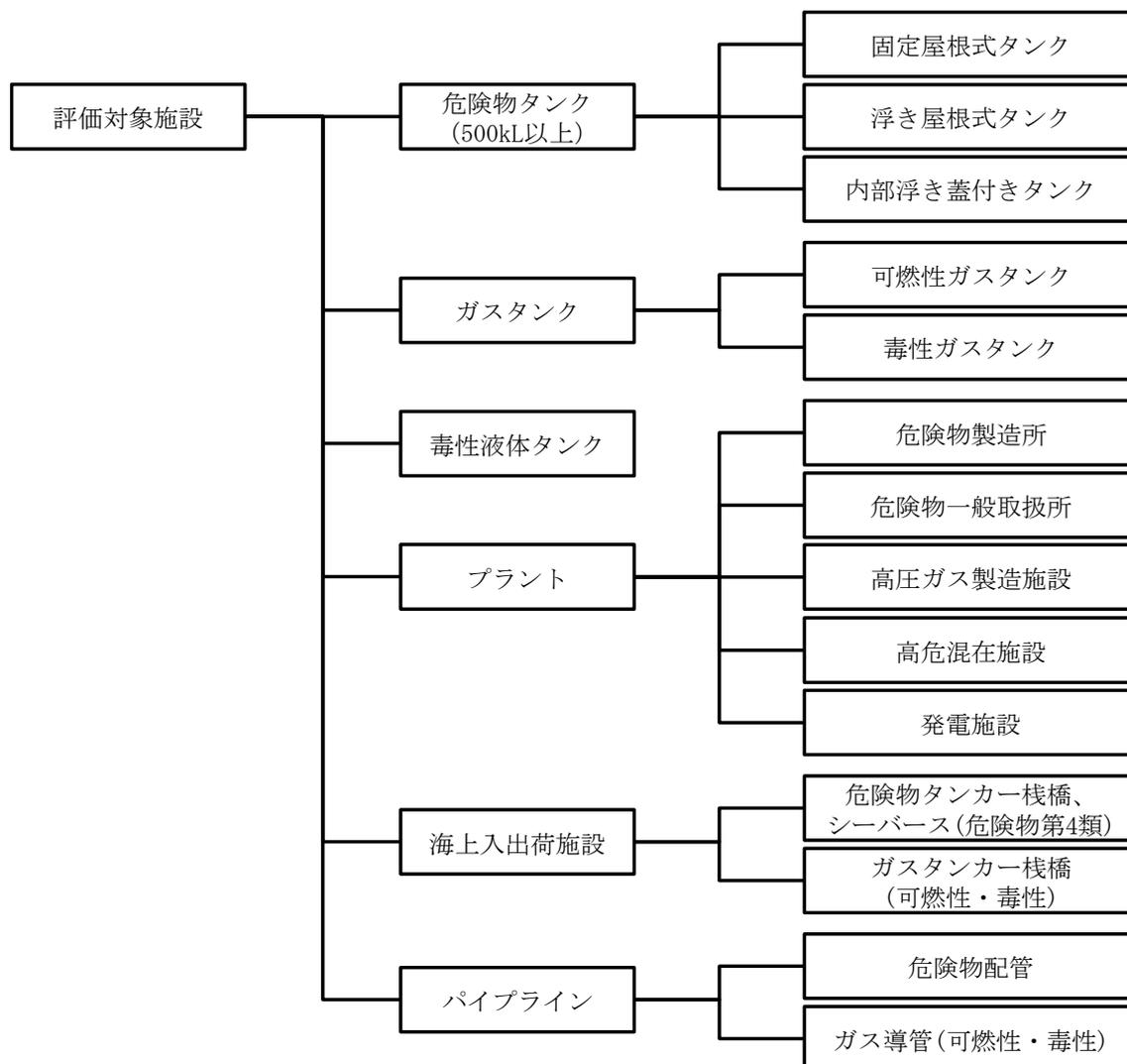


図 4.1.1 評価対象施設の区分

4.1.1. 危険物タンク

(1) 初期事象・事象分岐

初期事象（Initial Event：IE）は危険物の漏洩とタンク屋根の出火とした。危険物の漏洩に関する事象分岐（Branch：B）の設定を表 4.1.1、タンク屋根の出火に関する事象分岐の設定を表 4.1.2 に示す。危険物の漏洩の様相については、発生箇所や規模によって4通り（IE1～IE4）に分け、タンク屋根の出火については屋根型式別に2通り（IE5、IE6）に分けて設定する。定量的な分岐確率が設定可能であり、災害の拡大様相にも大きく影響を与えるような事象分岐として、危険物の漏洩に関して7通り（B1～B7）を選定し、タンク屋根の出火に関して3通り（B8～B10）を設定した。

表 4.1.1 危険物タンクにおける事象分岐の設定（危険物の漏洩）

| 事象分岐 | 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 |
|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| B1：緊急遮断措置 | ○ | ○ | | |
| B2：バルブ手動閉止 | ○ | | | |
| B3：一時的な流出拡大防止措置 | ○ | | ○ | |
| B4：緊急移送措置 | ○ | | ○ | |
| B5：仕切堤による漏洩拡大防止 | ○ | ○ | ○ | |
| B6：防油堤による漏洩拡大防止 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| B7：着火の有無 | ○ | ○ | ○ | ○ |

注1) タンク本体の破損は底部の破損を考え、配管に付けられた緊急遮断弁あるいは受払元弁よりタンク側の破損はタンク本体に含めて考える。

注2) 緊急遮断措置（B1）は、遠隔操作による緊急遮断弁又は元弁の閉止を意味する。

注3) 一時的な流出拡大防止措置（B3）は、土嚢で囲って回収するなどの一時的な措置で、「小破」の場合には機能すると考えられる。

注4) タンクによっては該当設備がないものもある（緊急遮断弁や仕切堤など）。

表 4.1.2 危険物タンクにおける事象分岐の設定（タンク屋根の出火）

| 事象分岐 | IE5：浮き屋根シール部での出火（浮き屋根式タンク） | IE6：タンク屋根での出火（固定屋根式タンク） |
|----------------|----------------------------|-------------------------|
| B8：消火設備・消火活動 | ○ | ○ |
| B9：浮き屋根沈降の有無 | ○ | |
| B10：ボイルオーバーの有無 | ○ | ○ |

(2) 災害事象の設定と ET の展開

災害事象 (Disaster Event : DE) として、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拡散を設定した。各災害事象の設定を表 4.1.3 に示す。また、流出火災、毒性ガス拡散の ET を図 4.1.2～図 4.1.4 に、タンク火災の ET を図 4.1.5、図 4.1.6 にそれぞれ示す。

なお、実際には、「漏洩検知」から「緊急遮断措置 (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、定量的な分歧確率が設定可能なシナリオとして設定する。

表 4.1.3 危険物タンクの災害事象の設定

| 種別 | 災害事象 | 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 | 漏洩停止が遅れ、流出がしばらく継続して停止する。タンク周辺で着火して火災となる。 |
| | DE3 : 仕切堤内流出・火災 | 漏洩停止が遅れ、または漏洩を停止することができず、流出油が仕切堤内に拡大し、仕切堤内で火災となる。 |
| | 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 | 流出油が防油堤外に拡大し、火災となる。 |
| 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・消火活動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内に拡大する。 |
| 毒性ガス拡散 | DE10 : 小量流出拡散 | 毒性危険物が漏洩し、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 | 毒性危険物が漏洩し、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 | 毒性危険物の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 | 毒性危険物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 | 毒性危険物の漏洩が防油堤外に拡大し、毒性ガスが拡散する。 |

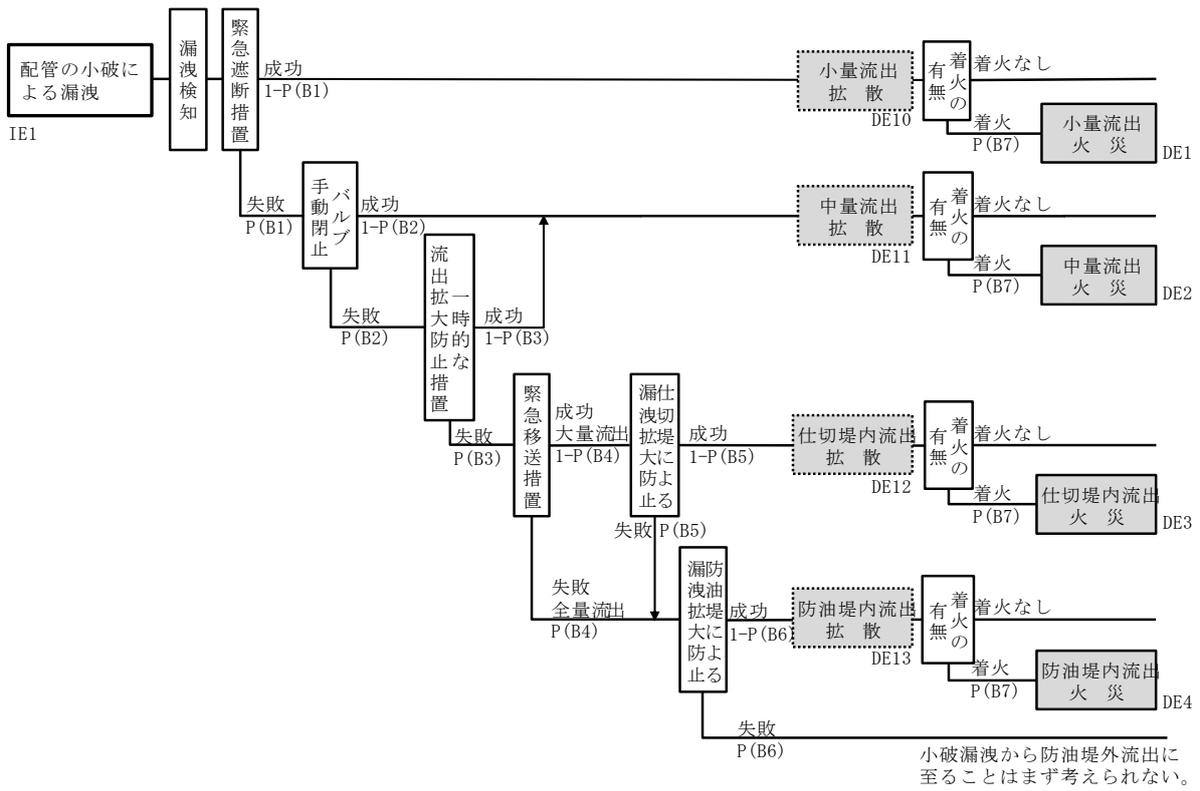


図 4.1.2 危険物タンクの災害拡大 ET (配管の小破による漏洩)

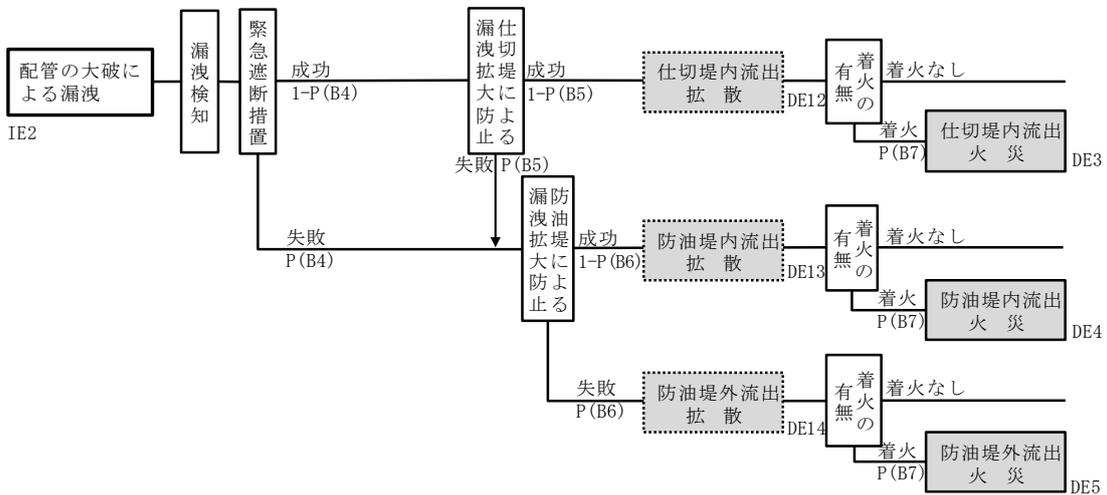


図 4.1.3 危険物タンクの災害拡大 ET (配管の大破による漏洩)

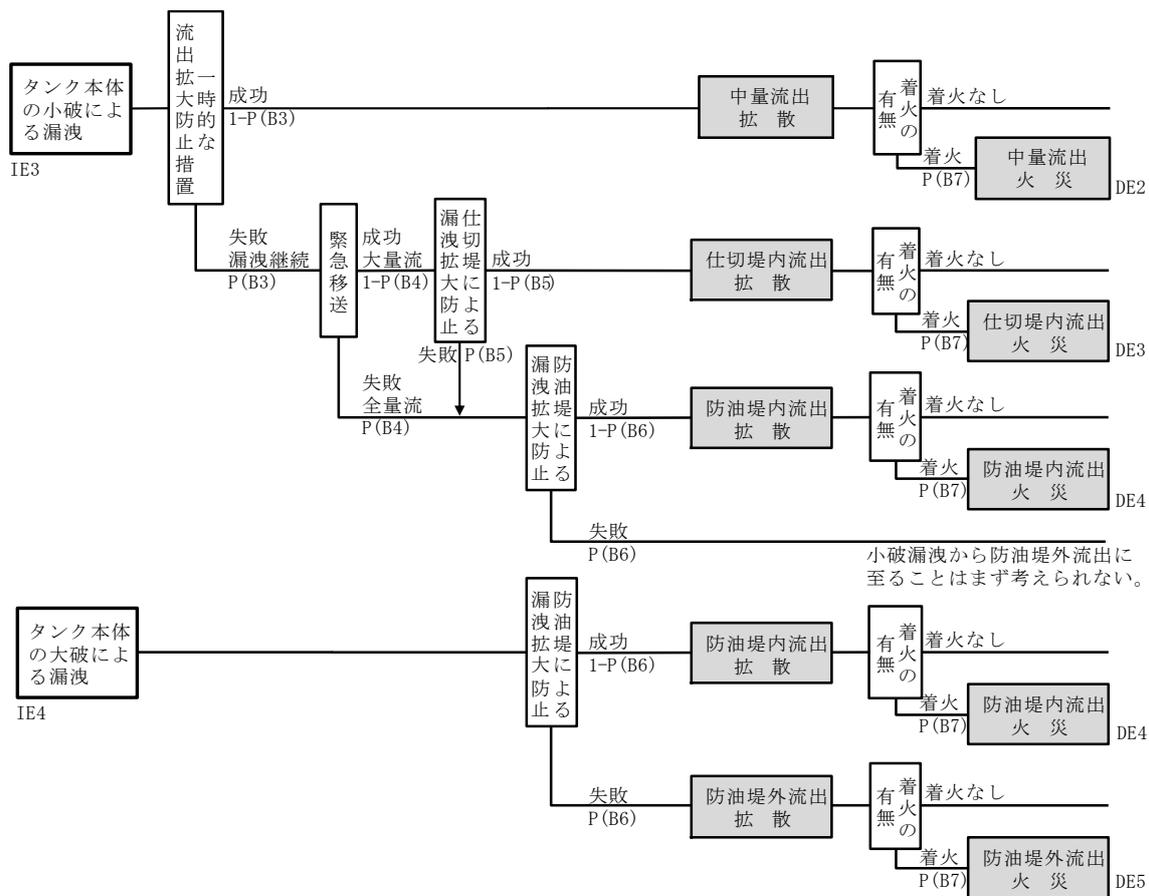


図 4.1.4 危険物タンクの災害拡大 ET
(タンク本体の破損による漏洩)

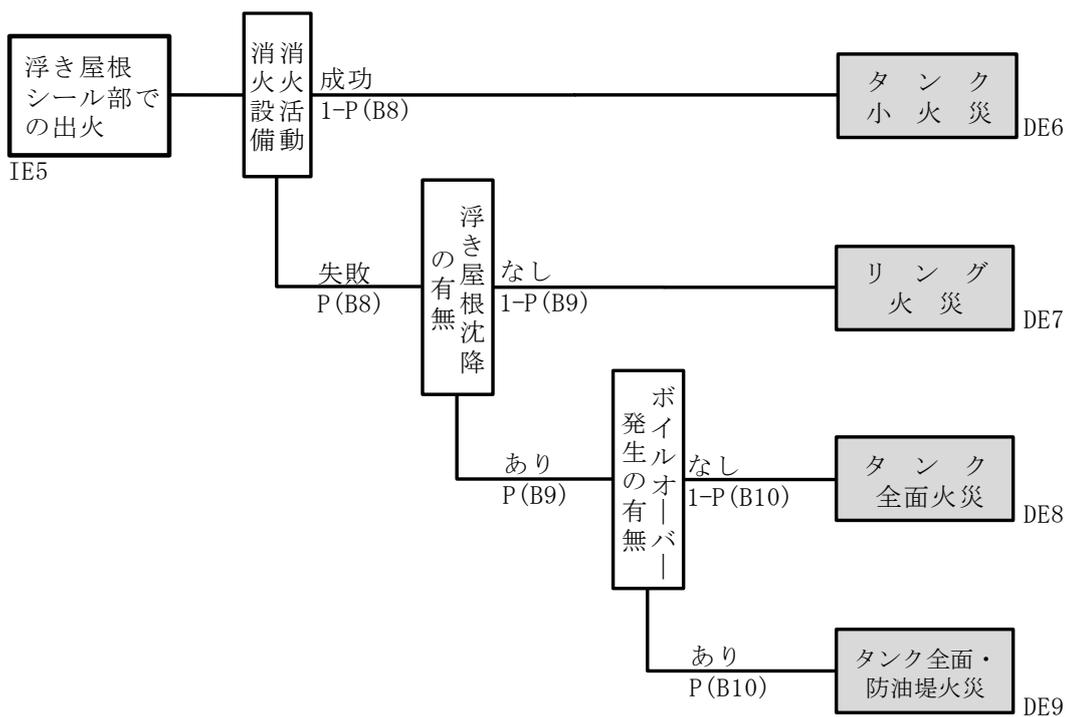


図 4.1.5 危険物タンクの災害拡大 ET
(タンク屋根の火災：浮き屋根式)

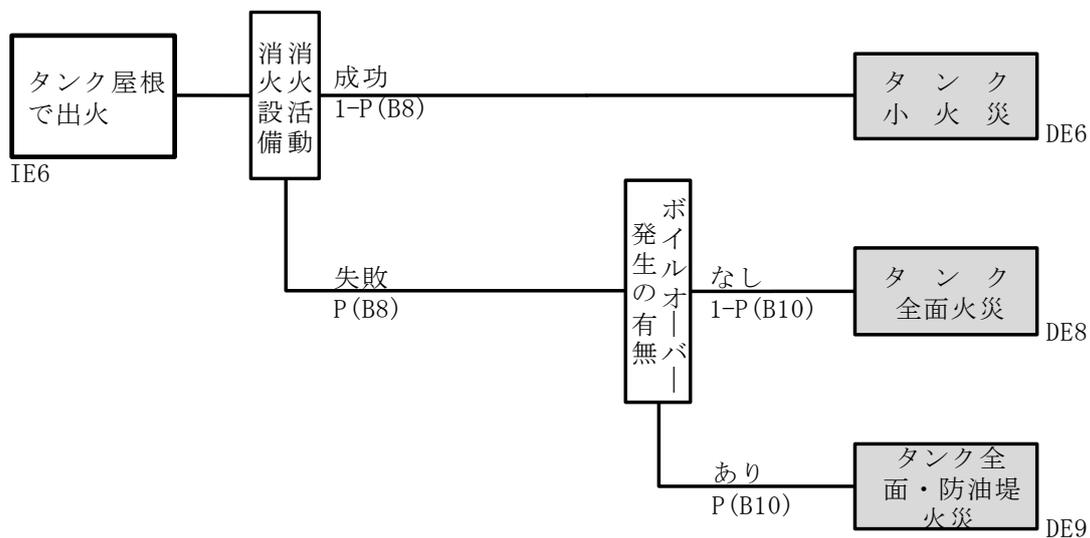


図 4.1.6 危険物タンクの災害拡大 ET
(タンク屋根の火災：固定屋根式)

4.1.2. ガスタンク

(1) 初期事象・事象分岐

初期事象はガスの漏洩とした。事象分岐の設定を表 4.1.4 に示す。ガスの漏洩の様相については、発生箇所や規模によって 4 通り (IE1～IE4) に分けて設定した。定量的な分岐確率が設定可能であり、災害の拡大様相にも大きく影響を与えるような事象分岐として、5 通り (B1～B5) を設定した。

表 4.1.4 ガスタンクにおける事象分岐の設定 (ガスの漏洩)

| 事象分岐 | 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 |
|--------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| B1：緊急遮断措置 | ○ | ○ | | |
| B2：バルブ手動閉止 | ○ | | | |
| B3：緊急移送措置 | ○ | | ○ | |
| B4：蒸発・拡散防止措置 | ○ | | ○ | |
| B5：着火の有無 | ○ | ○ | ○ | ○ |

注 1) タンク本体の破損は底部の破損を考え、配管に付けられた緊急遮断弁あるいは受払元弁よりタンク側の破損はタンク本体に含めて考える。

注 2) 緊急遮断措置 (B1) は、遠隔操作による緊急遮断弁又は元弁の閉止を意味する。

注 3) 大破漏洩の場合、蒸発・拡散防止措置 (B4) は殆ど機能しないと考えられる。

注 4) タンクによっては該当設備がないものもある (緊急遮断弁や防液堤など)。

注 5) 防液堤については、火災の場合にはその範囲を防液堤内にとどめることが可能であるが、ここでは可燃性ガスの蒸発・拡散から爆発に至るケースを考えているため、防液堤は分岐事象として抽出していない。

(2) 災害事象の設定と ET の展開

災害事象として、可燃性ガスの蒸気雲爆発及びフラッシュ火災 (以下、ET ではひとまとめに爆発火災という。) ^a及び毒性ガスの拡散を想定した。各災害事象の設定を表 4.1.5 及び表 4.1.6 に示す。また、爆発火災の ET を図 4.1.7～図 4.1.9 に、毒性ガスの拡散の ET を図 4.1.10～図 4.1.12 に示す。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急遮断措置 (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。

^a 可燃性ガスの場合、漏洩したガスに着火するタイミングによって、様々な燃焼形態をとる。蒸気雲爆発とは、漏洩した液化ガスが拡散し、空気との混合が進んだ後に着火して激しい爆風圧を発生させるような場合をいう。また、フラッシュ火災とは、可燃性蒸気雲の燃焼で火炎伝搬速度が比較的遅く、加圧が無視できるような場合をいう。

表 4.1.5 可燃性ガスタンクの災害事象の設定

| 種別 | 災害事象 | 様相 |
|------|---------------|--|
| 爆発火災 | DE1：小量流出・爆発火災 | 可燃性ガスが漏洩し、緊急遮断により短時間で停止する。漏洩したガスに着火して火災または爆発が発生する。 |
| | DE2：中量流出・爆発火災 | 漏洩停止が遅れ、漏洩はしばらく継続して停止する。漏洩したガスに着火して火災または爆発が発生する。 |
| | DE3：大量流出・爆発火災 | 長時間にわたって大量に漏洩する。漏洩したガスに着火して火災または爆発が発生する。 |
| | DE4：全量流出・爆発火災 | タンク内にあるガスの全量が漏洩する。漏洩したガスに着火して火災または爆発が発生する。 |

表 4.1.6 毒性ガスタンクの災害事象の設定

| 種別 | 災害事象 | 様相 |
|--------|------------|--|
| 毒性ガス拡散 | DE5：小量流出拡散 | 毒性ガスが漏洩・蒸発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。 |
| | DE6：中量流出拡散 | 毒性ガスが漏洩・蒸発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。 |
| | DE7：大量流出拡散 | 長時間にわたって大量に漏洩・蒸発して拡散する。 |
| | DE8：全量流出拡散 | タンク内にある毒性ガスの全量が漏洩・蒸発して拡散する。 |

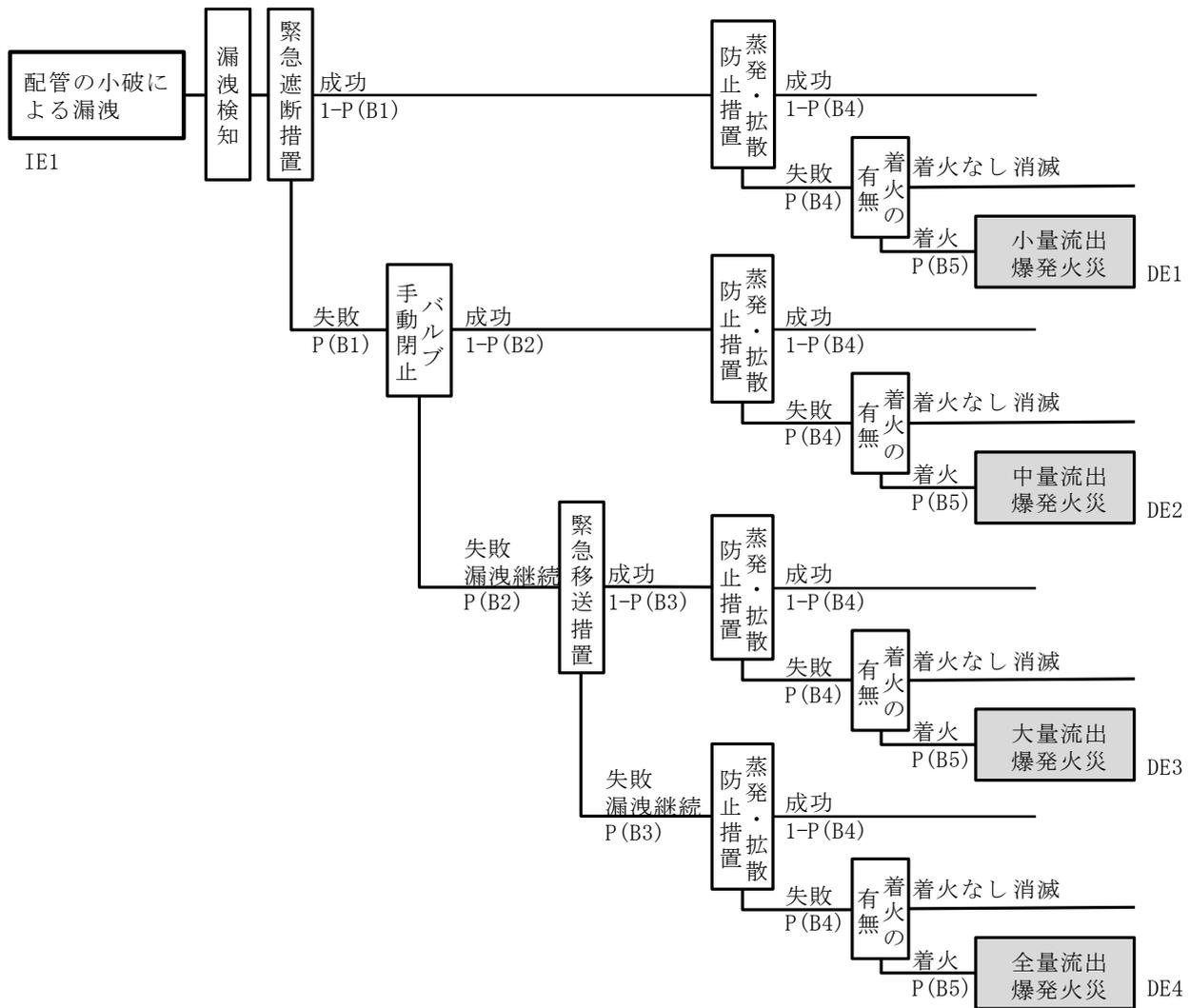


図 4.1.7 可燃性ガスタンクの災害拡大 ET (配管の小破による漏洩)

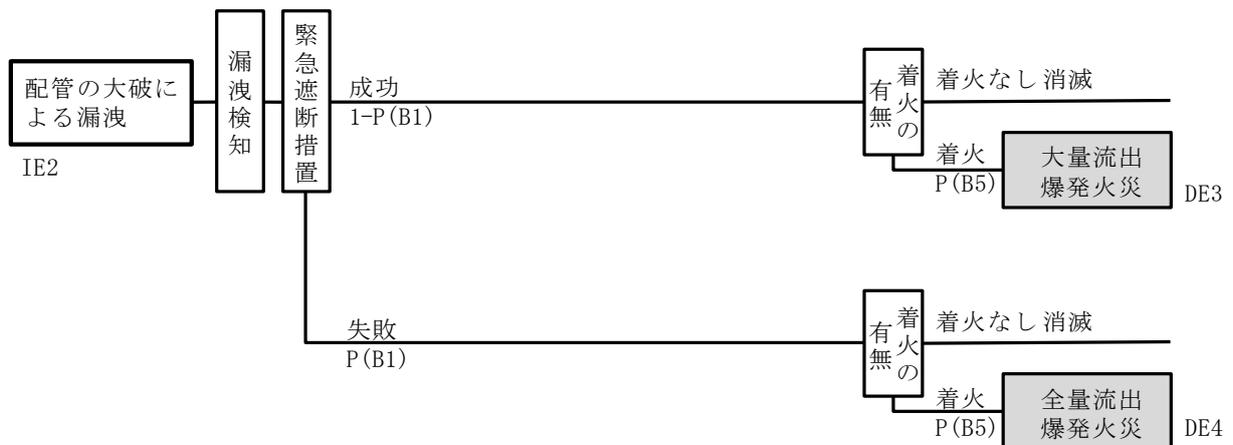


図 4.1.8 可燃性ガスタンクの災害拡大 ET (配管の大破による漏洩)

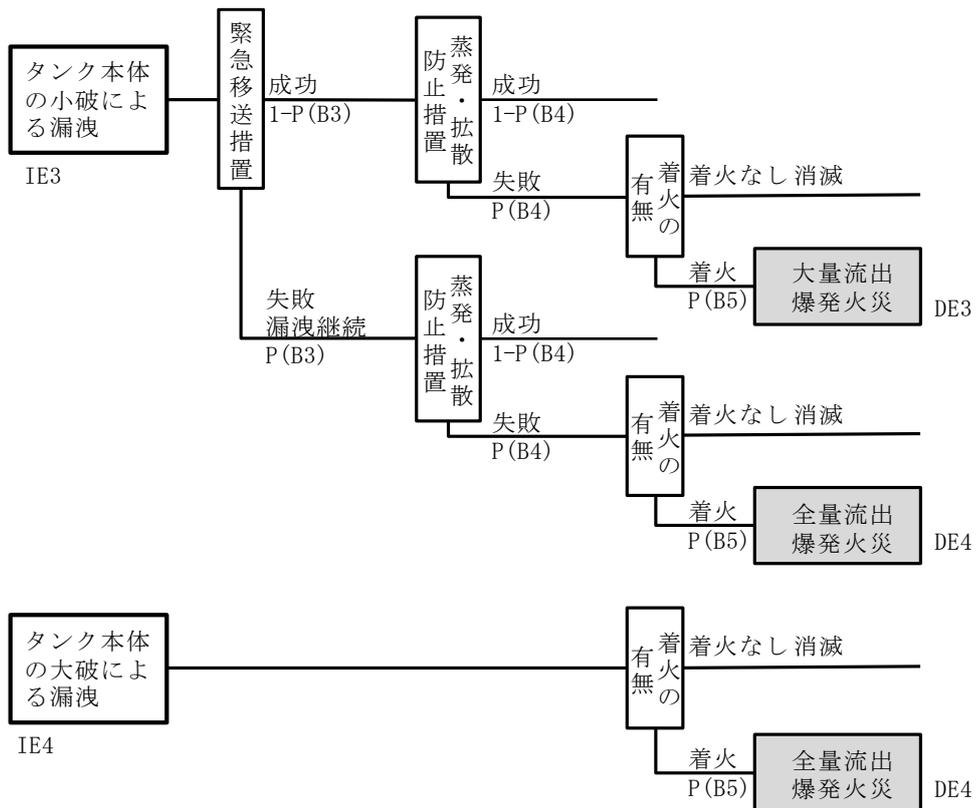


図 4.1.9 可燃性ガスタンクの災害拡大 ET
(タンク本体の破損による漏洩)

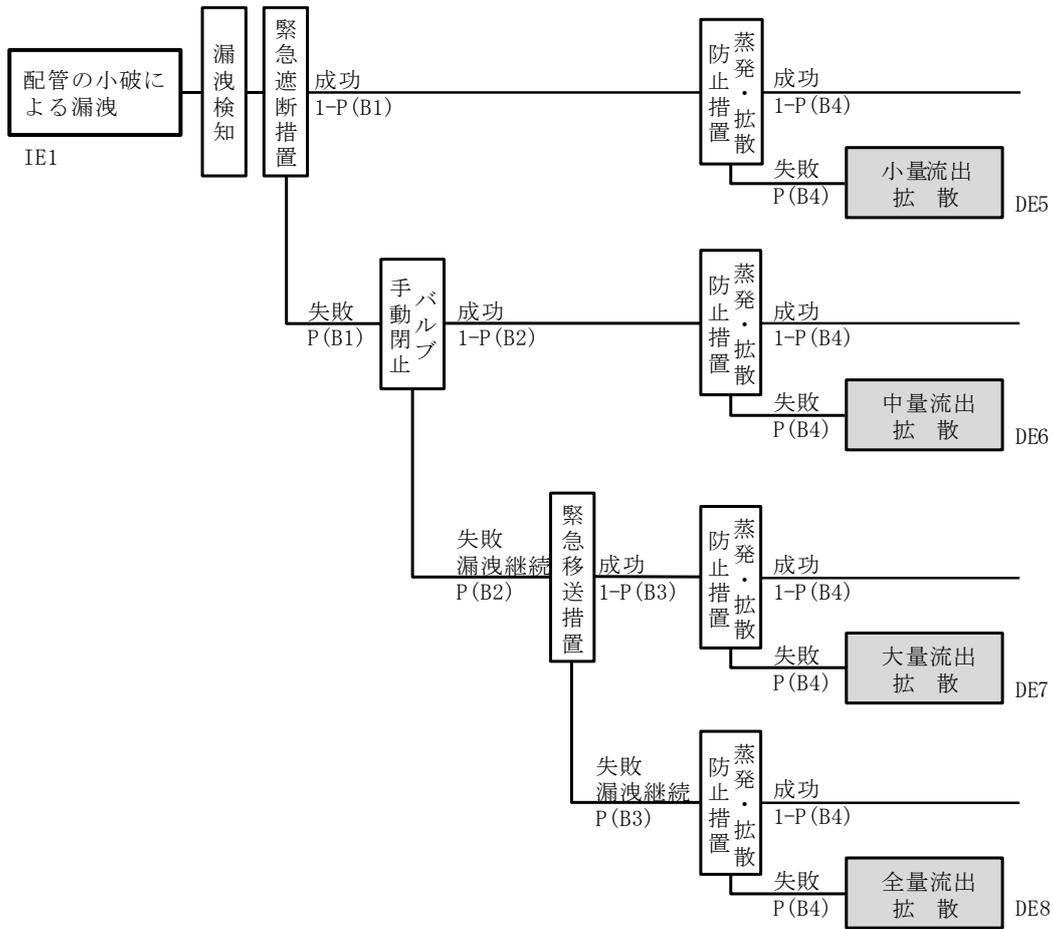


図 4.1.10 毒性ガスタンクの災害拡大 ET (配管の小破による漏洩)



図 4.1.11 毒性ガスタンクの災害拡大 ET (配管の大破による漏洩)

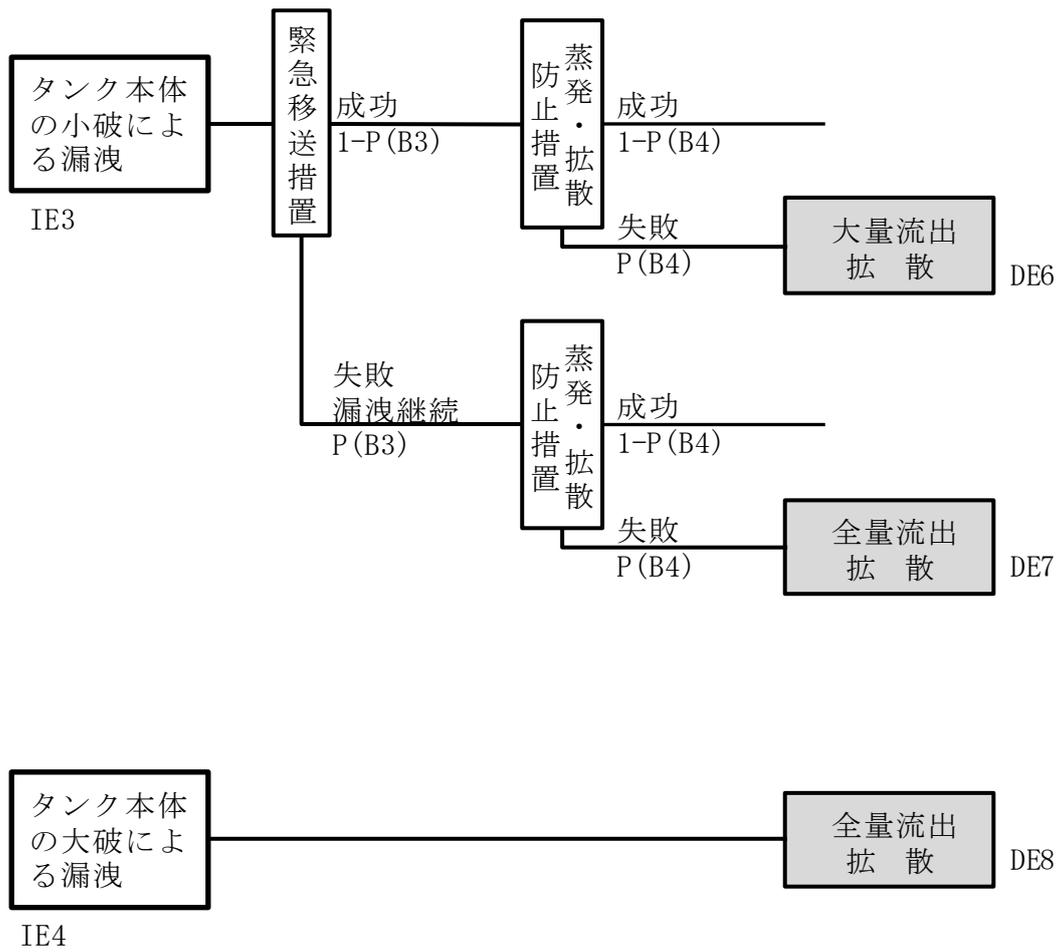


図 4.1.12 毒性ガスタンクの災害拡大 ET
(タンク本体の破損による漏洩)

4.1.3. 毒性液体タンク

(1) 初期事象・事象分岐

初期事象は毒性液体の漏洩とした。事象分岐の設定を表 4.1.7 に示す。毒性液体の漏洩の様相については、発生箇所や規模によって 4 通り (IE1～IE4) に分けて設定した。定量的な分岐確率が設定可能であり、災害の拡大様相にも大きく影響を与えるような事象分岐として、4 通り (B1～B4) を設定した。

表 4.1.7 毒性液体タンクにおける事象分岐の設定 (毒性液体の漏洩)

| 事象分岐 | 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 |
|--------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| B1：緊急遮断措置 | ○ | ○ | | |
| B2：バルブ手動閉止 | ○ | | | |
| B3：緊急移送措置 | ○ | | ○ | |
| B4：蒸発・拡散防止措置 | ○ | | ○ | |

注 1) タンク本体の破損は底部の破損を考え、配管に付けられた緊急遮断弁あるいは受払元弁よりタンク側の破損はタンク本体に含めて考える。

注 2) 緊急遮断 (B1) は、遠隔操作による緊急遮断弁又は元弁の閉止を意味する。

注 3) 大破漏洩の場合、蒸発・拡散防止措置 (B4) は殆ど機能しないと考えられる。

注 4) タンクによっては該当設備がないものもある (緊急遮断弁など)。

(2) 災害事象の設定と ET の展開

災害事象として、毒性ガスの拡散を想定した。各災害事象の設定を表 4.1.8 に示す。

また、ET を図 4.1.13、図 4.1.14 にそれぞれ示す。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急遮断措置 (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 4.1.8 毒性液体タンクの災害事象の設定

| 種別 | 災害事象 | 様相 |
|--------|-------------|--|
| 毒性ガス拡散 | DE1：小量流出・拡散 | 毒性液体が漏洩・蒸発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 | 毒性液体が漏洩・蒸発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・蒸発して拡散する。 |
| | DE4：全量流出・拡散 | タンク内にある毒性液体の全量が漏洩・蒸発して拡散する。 |

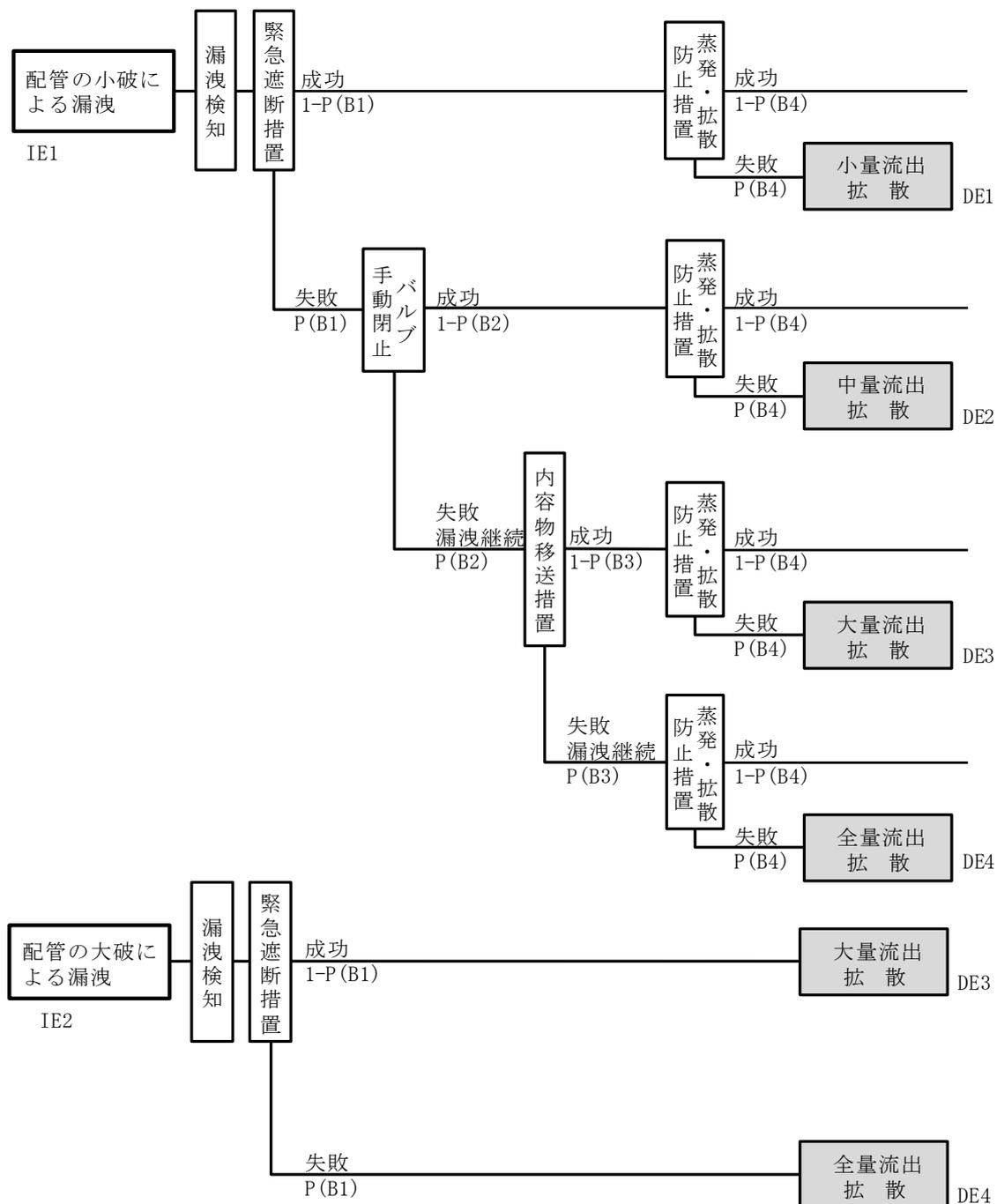


図 4. 1. 13 毒性液体タンクの災害拡大 ET (配管の破損による漏洩)

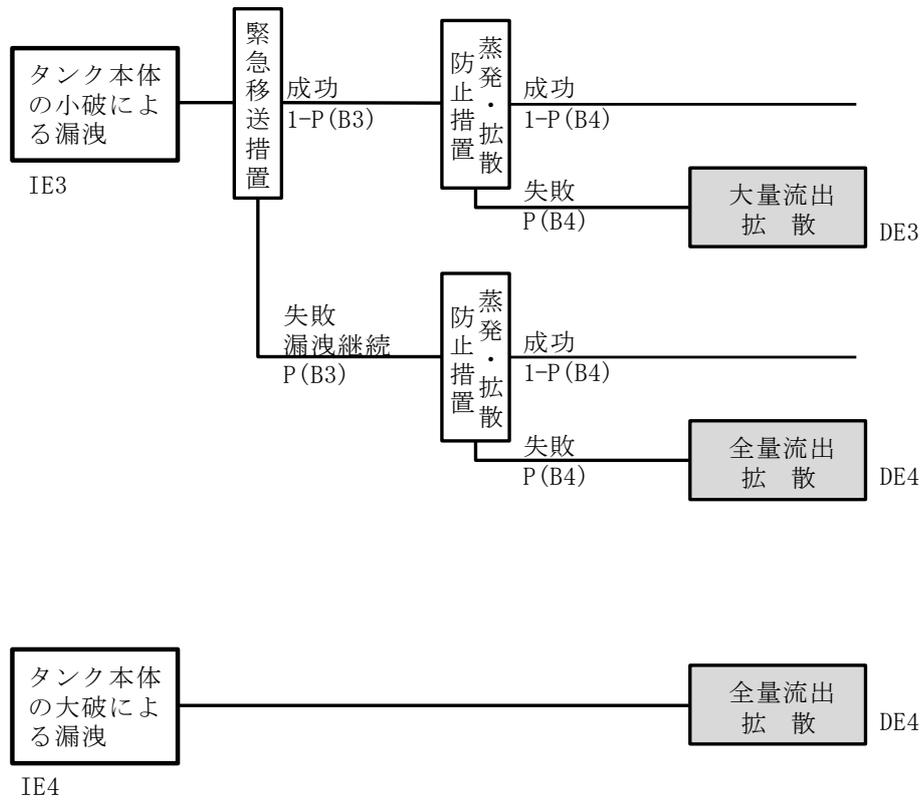


図 4.1.14 毒性液体タンクの災害拡大 ET (タンク本体の破損による漏洩)

4.1.4. プラント

(1) 製造施設等

1) 初期事象・事象分岐

製造施設等（危険物製造所、危険物一般取扱所、高圧ガス製造施設、高圧混在施設）について、初期事象は装置の破損による内容物の漏洩とした。事象分岐の設定を表 4.1.9 に示す。装置の破損による内容物の漏洩の様相については、規模によって2通り（IE1、IE2）に分けて設定した。定量的な分岐確率が設定可能であり、災害の拡大様相にも大きく影響を与えるような事象分岐として、4通り（B1～B4）を設定した。

表 4.1.9 製造施設等における事象分岐の設定（内容物の漏洩）

| 事象分岐 | IE1：装置の小破による漏洩 | IE2：装置の大破による漏洩 |
|------------------|----------------|----------------|
| B1：緊急停止・遮断措置 | ○ | ○ |
| B2：緊急移送措置（内容物処理） | ○ | |
| B3：着火の有無 | ○ | ○ |
| B4：蒸発・拡散防止措置 | ○ | |

注1) 緊急停止・遮断措置（B1）は、遠隔操作による設備の緊急停止または緊急遮断弁の閉止を意味する。

注2) 大破漏洩の場合、蒸発・拡散防止措置（B4）は殆ど機能しないと考えられる。

2) 災害事象の設定とETの展開

調査対象となる四日市臨海地区の製造施設で取扱がある危険物の流出火災、可燃性ガスの爆発火災および毒性ガスの拡散を設定した。各災害事象の設定を表 4.1.10 に示す。また、ETを図 4.1.15～図 4.1.18 に示す。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急停止・遮断措置（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 4.1.10 製造施設等の災害事象の設定

| 種別 | 災害事象 | 様相 |
|--------|--------------------|---|
| 流出火災 | DE1：少量流出・火災 | 少量の危険物（ユニット内の一部）が漏洩し、プラントの周辺で火災が発生する。 |
| | DE2：ユニット内全量流出・火災 | ユニット内の危険物の全量が漏洩し、プラントの周辺で火災が発生する。 |
| | DE3：大量流出・火災 | 大量の危険物（複数のユニット）が漏洩する。プラントの周辺で火災が発生し、長時間継続する。 |
| 火災爆発 | DE4：少量流出・爆発火災 | 少量の可燃性ガス（ユニット内の一部）が漏洩し、プラントの周辺で爆発または火災が発生する。 |
| | DE5：ユニット内全量流出・爆発火災 | ユニット内の可燃性ガスの全量が漏洩し、プラントの周辺で爆発または火災が発生する。 |
| | DE6：大量流出・爆発火災 | 大量の可燃性ガス（複数のユニット）が漏洩する。プラントの周辺で爆発または火災が発生し、長時間継続する。 |
| 毒性ガス拡散 | DE7：少量流出・拡散 | 少量の毒性ガス（ユニット内の一部）が漏洩し、大気中に拡散する。 |
| | DE8：ユニット内全量流出・拡散 | ユニット内の毒性ガスの全量が漏洩し、大気中に拡散する。 |
| | DE9：大量流出・拡散 | 大量の毒性ガス（複数のユニット）が漏洩する。大気中に拡散する。 |

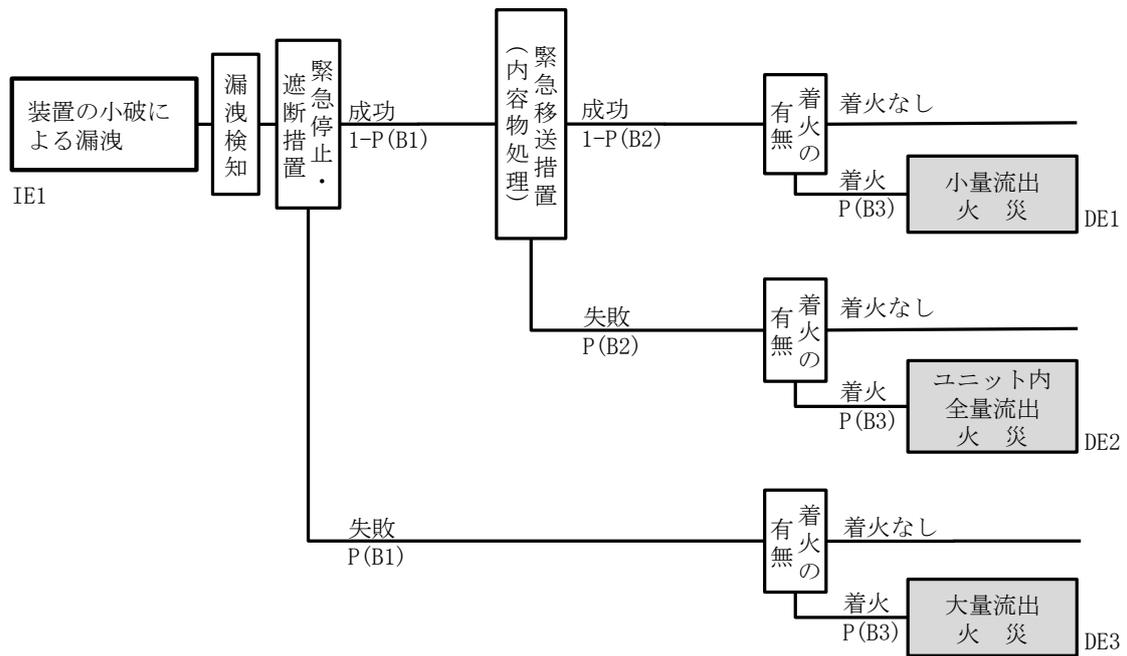


図 4. 1. 15 製造施設等（可燃性）の災害拡大 ET（装置の小破による漏洩）

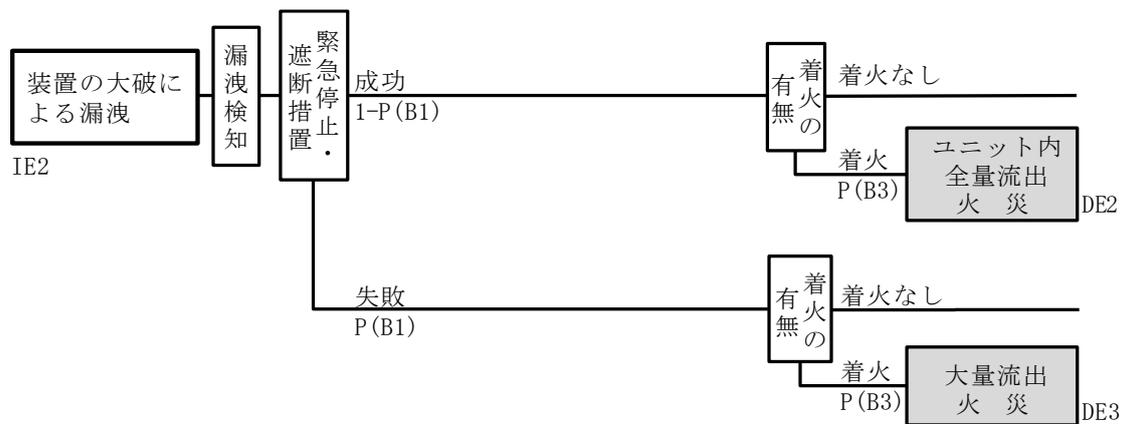


図 4. 1. 16 製造施設等（可燃性）の災害拡大 ET（装置の大破による漏洩）

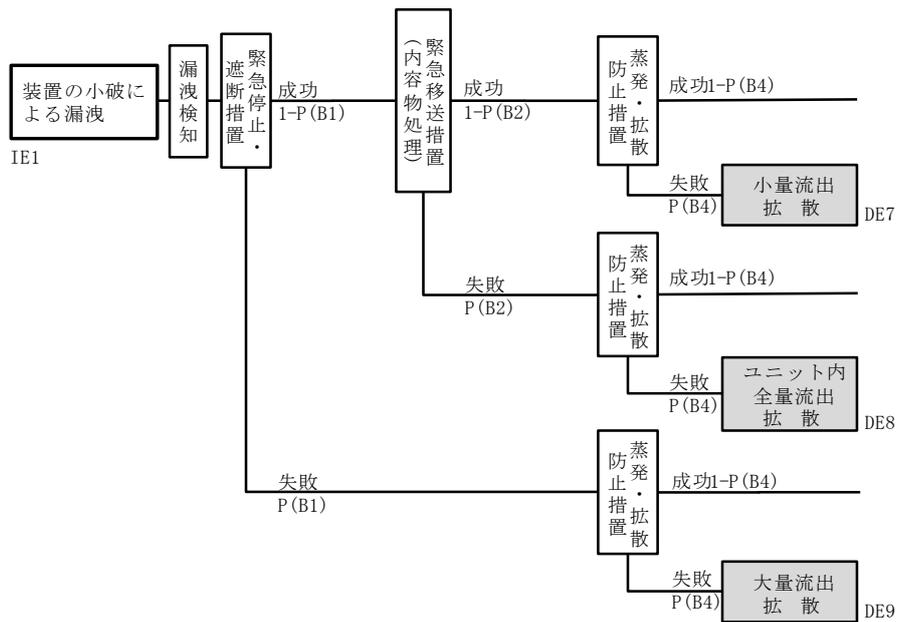


図 4.1.17 製造施設等（毒性）の災害拡大 ET（装置の小破による漏洩）

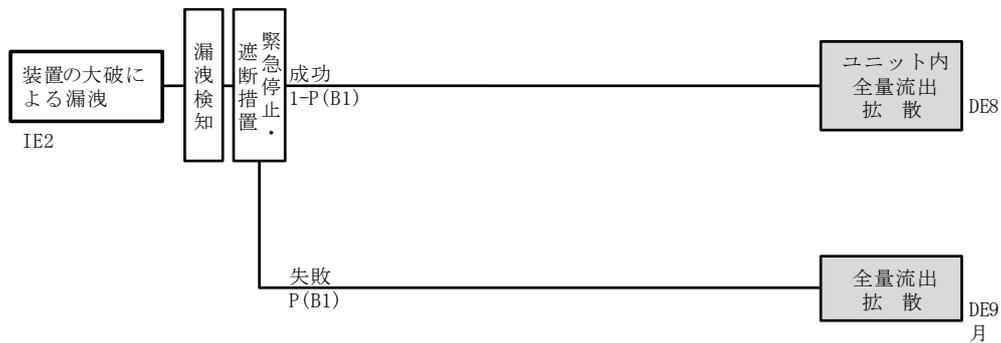


図 4.1.18 製造施設等（毒性）の災害拡大 ET（装置の大破による漏洩）

(2) 発電施設

1) 初期事象・事象分岐

発電施設について、初期事象は装置の破損による内容物の漏洩とした。事象分岐の設定を表 4.1.11 に示す。装置の破損による内容物の漏洩の様相については、1 通り (IE1) として設定した。定量的な分岐確率が設定可能であり、災害の拡大様相にも大きく影響を与えるような事象分岐として、3 通り (B1~B3) を設定した。

表 4.1.11 発電施設における事象分岐の設定 (内容物の漏洩)

| 事象分岐 | IE1：装置の破損による漏洩 |
|-------------------|----------------|
| B1：緊急停止・遮断措置 | ○ |
| B2：緊急移送措置 (内容物処理) | ○ |
| B3：着火の有無 | ○ |

2) 災害事象の設定と ET の展開

調査対象となる四日市臨海地区の製造施設で取扱がある危険物の流出火災および可燃性ガスの爆発火災を設定した。各災害事象の設定を表 4.1.12 に示す。また、流出火災の ET を図 4.1.19 に示す。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急停止・遮断措置 (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 4.1.12 発電施設の災害事象の設定

| 種別 | 災害事象 | 様相 |
|------|--------------------|---|
| 流出火災 | DE1：小量流出・火災 | 危険物が漏洩し、プラントの周辺で火災が発生する。漏洩は短時間で停止する。 |
| | DE2：ユニット内全量流出・火災 | 危険物が漏洩し、プラントの周辺で火災が発生する。漏洩停止が遅れ、火災はしばらく継続する。 |
| | DE3：大量流出・火災 | 危険物が漏洩し、プラントの周辺で火災が発生する。漏洩停止ができず、火災は長時間継続する。 |
| 爆発火災 | DE4：小量流出・爆発火災 | 可燃性ガスが漏洩し、プラントの周辺で爆発または火災が発生する。漏洩は短時間で停止する。 |
| | DE5：ユニット内全量流出・爆発火災 | 可燃性ガスが漏洩し、プラントの周辺で爆発または火災が発生する。漏洩停止が遅れ、火災はしばらく継続する。 |
| | DE6：大量流出・爆発火災 | 可燃性ガスが漏洩し、プラントの周辺で爆発または火災が発生する。漏洩停止ができず、火災は長時間継続する。 |

4.1.5. 海上入出荷施設

(1) 初期事象・事象分岐

初期事象は内容物の漏洩とした。事象分岐の設定を表 4.1.13 に示す。定量的な分岐確率が設定可能であり、災害の拡大様相にも大きく影響を与えるような事象分岐として、3通り (B1～B3) を設定した。

表 4.1.13 海上入出荷施設における事象分岐の設定 (内容物の漏洩)

| 事象分岐 | IE1：配管等の破損による漏洩 |
|--------------|-----------------|
| B1：緊急停止・遮断措置 | ○ |
| B2：着火の有無 | ○ |
| B3：蒸発・拡散防止措置 | ○ |

注) 緊急停止・遮断措置 (B1) は、遠隔操作による設備の緊急停止または緊急遮断弁の閉止を意味する。

(2) 災害事象の設定と ET の展開

危険物の場合は流出火災を、可燃性ガスの場合は爆発火災を、毒性物質の場合は毒性ガス拡散をそれぞれ設定した。各災害事象の設定を表 4.1.14 に示す。また、流出火災の ET を図 4.1.20 に、爆発火災の ET を図 4.1.21、毒性ガス拡散の ET を図 4.1.22 にそれぞれ示す。

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 (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 4.1.14 海上入出荷施設の災害事象の設定

| 種別 | 災害事象 | 様相 |
|--------|---------------|--|
| 流出火災 | DE1：小量流出・火災 | 危険物が漏洩し、周辺で火災が発生する。漏洩は短時間で停止する。 |
| | DE2：大量流出・火災 | 危険物が漏洩し、周辺で火災が発生する。漏洩停止ができず、漏洩は長時間継続する。 |
| 爆発火災 | DE3：小量流出・爆発火災 | 可燃性ガスが漏洩し、周辺で火災または爆発が発生する。漏洩は短時間で停止する。 |
| | DE4：大量流出・爆発火災 | 可燃性ガスが漏洩し、周辺で火災または爆発が発生する。漏洩停止ができず、漏洩は長時間継続する。 |
| 毒性ガス拡散 | DE5：小量流出・拡散 | 毒性ガスが漏洩し、大気中に拡散する。漏洩は短時間で停止する。 |
| | DE6：大量流出・拡散 | 毒性ガスが漏洩し、大気中に拡散する。漏洩停止ができず、漏洩は長時間継続する。 |

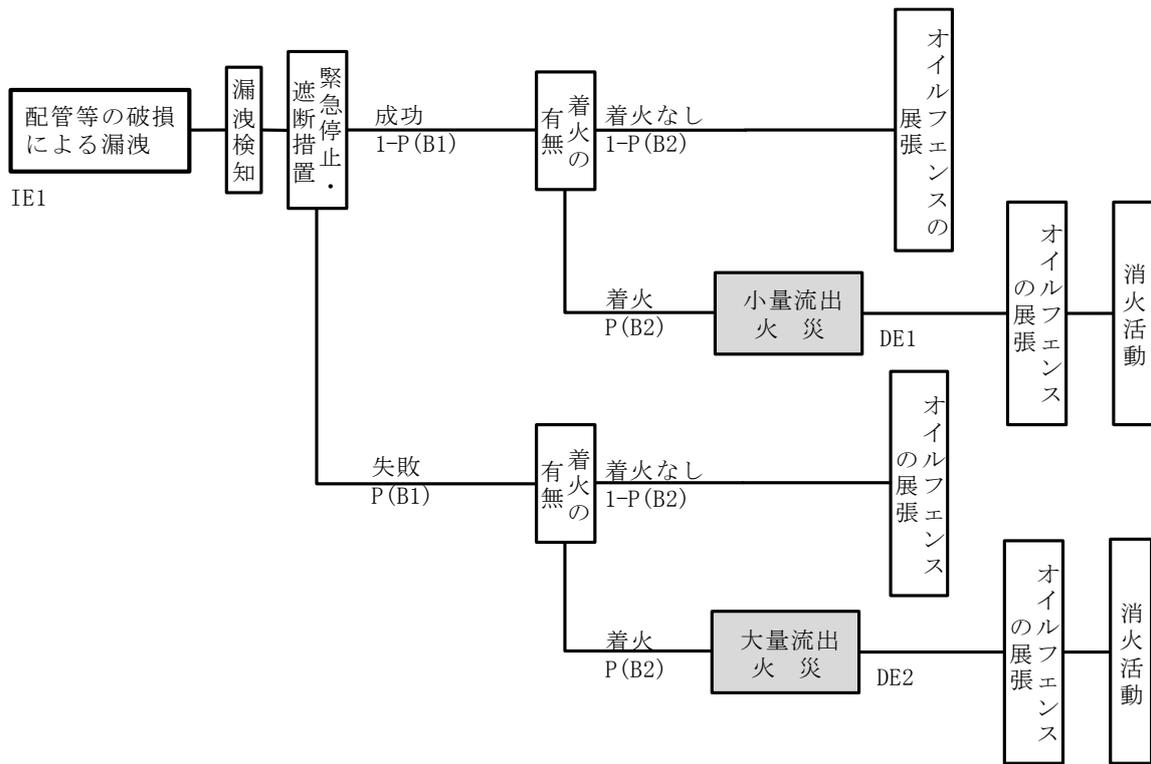


図 4.1.20 海上入出荷施設（危険物）の災害拡大 ET

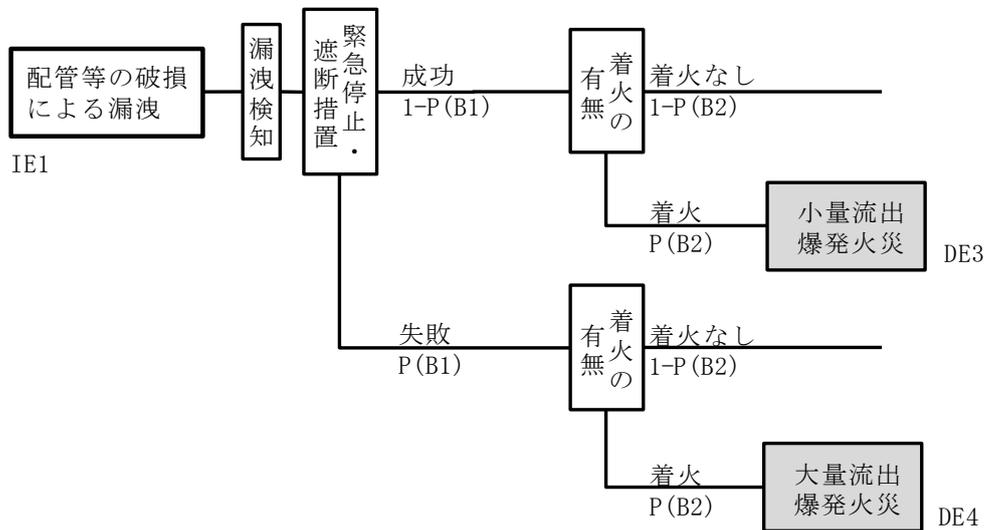


図 4.1.21 海上入出荷施設（可燃性ガス）の災害拡大 ET

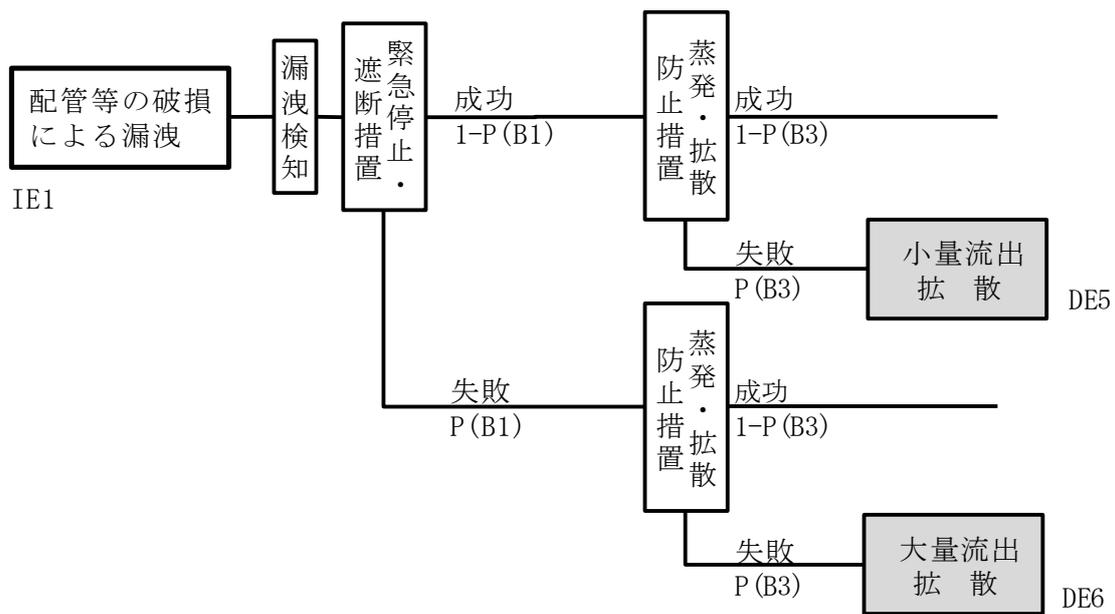


図 4. 1. 22 海上入出荷施設（毒性ガス）の災害拡大 ET

4.1.6. パイプライン

(1) 初期事象・事象分岐

初期事象は内容物の漏洩とした。事象分岐の設定を表 4.1.15 に示す。定量的な分岐確率が設定可能であり、災害の拡大様相にも大きく影響を与えるような事象分岐として、5通り (B1～B5) を設定した。

表 4.1.15 パイプラインにおける事象分岐の設定 (内容物の漏洩)

| 事象分岐 | IE1：配管の破損による漏洩 |
|--------------|----------------|
| B1：緊急停止・遮断措置 | ○ |
| B2：バルブ手動閉止 | ○ |
| B3：地上流出の有無 | ○ |
| B4：着火の有無 | ○ |
| B5：蒸発・拡散防止措置 | ○ |

注1) 緊急遮断措置 (B1) は、遠隔操作による緊急遮断弁の閉止を意味する。

注2) 地上流出の有無 (B3) は、地下パイプラインのみ分岐を設定し、地上パイプラインでは必ず地上流出するものとする。

(2) 災害事象の設定と ET の展開

危険物の場合は流出火災を、可燃性ガスの場合は爆発火災を、毒性物質の場合は毒性ガス拡散をそれぞれ設定した。各災害事象の設定を表 4.1.16 に示す。また、ET を図 4.1.23 に示す。

なお、危険物タンク同様、実際には、「漏洩検知」から「緊急停止・遮断措置 (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 4.1.16 パイプラインの災害事象の設定

| 種別 | 災害事象 | 様相 |
|--------|---------------|--|
| 流出火災 | DE1：小量流出・火災 | 危険物が漏洩し、周辺で火災が発生する。漏洩は短時間で停止する。 |
| | DE2：中量流出・火災 | 危険物が漏洩し、周辺で火災が発生する。漏洩停止が遅れ、漏洩はしばらく継続する。 |
| | DE3：大量流出・火災 | 危険物が漏洩し、周辺で火災が発生する。漏洩停止ができず、漏洩は長時間継続する。 |
| 爆発火災 | DE4：小量流出・爆発火災 | 可燃性ガスが漏洩し、周辺で火災または爆発が発生する。漏洩は短時間で停止する。 |
| | DE5：中量流出・爆発火災 | 可燃性ガスが漏洩し、周辺で火災または爆発が発生する。漏洩停止が遅れ、漏洩はしばらく継続する。 |
| | DE6：大量流出・爆発火災 | 可燃性ガスが漏洩し、周辺で火災または爆発が発生する。漏洩停止ができず、漏洩は長時間継続する。 |
| 毒性ガス拡散 | DE7：小量流出・拡散 | 毒性ガスが漏洩し、大気中に拡散する。漏洩は短時間で停止する。 |
| | DE8：中量流出・拡散 | 毒性ガスが漏洩し、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。 |
| | DE9：大量流出・拡散 | 毒性ガスが漏洩し、大気中に拡散する。漏洩停止ができず、漏洩は長時間継続する。 |

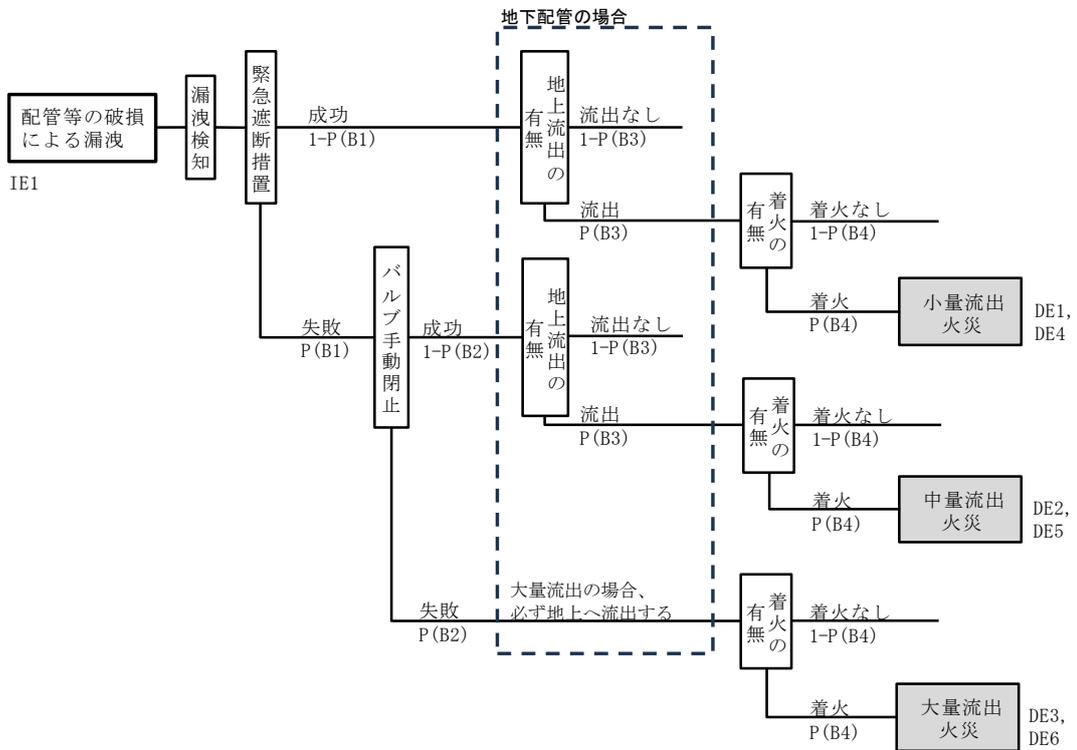


図 4.1.23 パイプライン（可燃性）の災害拡大 ET

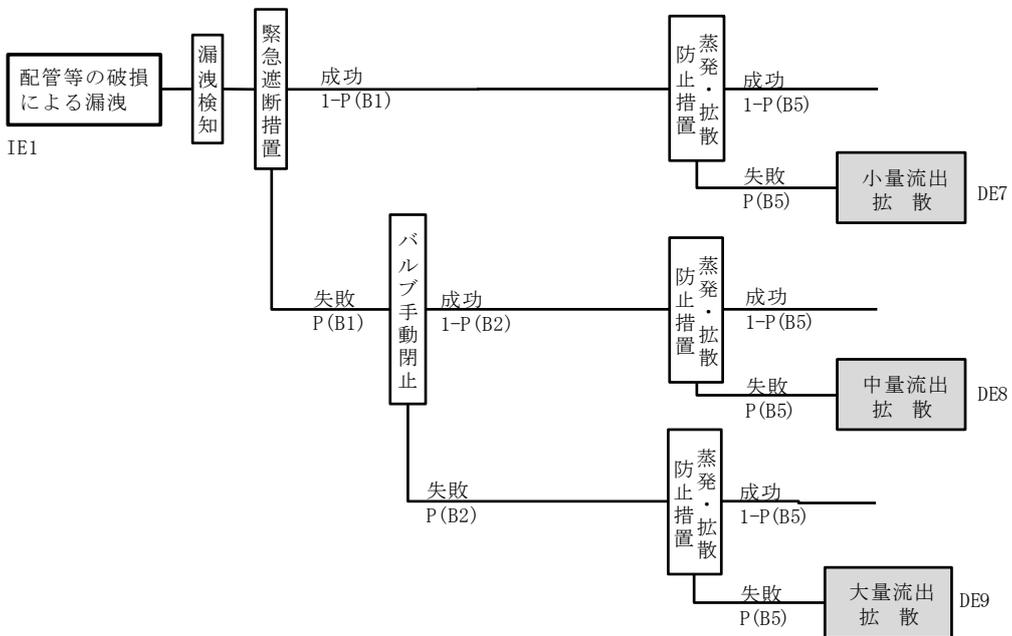


図 4.1.24 パイプライン（毒性）の災害拡大 ET

4.2. 災害の発生危険度（頻度）の推定

4.1 で作成した 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、末端に現れる各種災害事象の発生頻度の算出を行う。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等に基づき推定し、事象の分岐確率は、機器の信頼性データ等に基づき推定した。

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表 4.2.1 のようにランク付けし、これを基に評価を行う。

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 [／年・施設] |
|-----|---|
| AAn | 10 ⁻³ 程度 (5×10 ⁻⁴ 以上) |
| An | 10 ⁻⁴ 程度 (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 施設当たりでみると 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。

4.2.1. 危険物タンク

(1) 初期事象の発生頻度

初期事象の発生頻度は表4.2.2のように設定した。

表 4.2.2 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 [/年・施設] | | |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 準特定 | 特定 | |
| IE1：配管の小破による漏洩 | 7.0×10 ⁻⁴ | | |
| IE2：配管の大破による漏洩 | 3.6×10 ⁻⁶ | | |
| IE3：タンク本体の小破による漏洩 | 4.0×10 ⁻⁴ | 4.0×10 ⁻⁵ | |
| IE4：タンク本体の大破による漏洩 | 1.8×10 ⁻⁶ | 1.8×10 ⁻⁷ | |
| IE5：浮き屋根シール部での出火 (浮き屋根式タンク) | 第1石油類・ アルコール類 | 6.6×10 ⁻⁵ | 6.6×10 ⁻⁶ |
| IE6：タンク屋根での出火 (固定屋根式タンク) | その他の第4類 | 6.6×10 ⁻⁶ | 6.6×10 ⁻⁷ |

注) 準特定タンクは容量500kL以上1,000kL未満、特定タンクは容量1,000kL以上

以下、初期事象発生頻度の設定根拠について述べる。

危険物タンク（屋外タンク貯蔵所）における、最近10年間（平成27～令和6）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（平成27～令和6年）^{a, b, c}

| | 施設数 | 漏洩事故 | | 火災事故 | | 計 | |
|-------|--------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
| | | 件数 [/10年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/10年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/10年] | 発生頻度 [/年・施設] |
| 特定事業所 | 17,478 | 380 | (2.2×10 ⁻³) | 38 | (2.2×10 ⁻⁴) | 418 | (2.4×10 ⁻³) |
| 全国 | 56,312 | 766 | (1.4×10 ⁻³) | 46 | (8.1×10 ⁻⁵) | 812 | (1.4×10 ⁻³) |

注1) 施設数は令和6年3月31日（全国）及び令和6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) 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おけ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、平成元年～14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（参考資料1図1.1参照）^d。

^a 危険物に係る事故事例，消防庁

^b 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

^c 石油コンビナート等防災体制の現況，消防庁特殊災害室，平成28年～令和7年

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

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、埋設管からの漏洩については火災危険性が低いことを考慮し、非埋設管の発生頻度を基に、配管の小破による漏洩の発生頻度を 7.0×10^{-4} [年・施設]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 4.0×10^{-4} [年・施設]を適用した。

大破漏洩について、漏洩規模を整理した統計資料は存在しないため、配管については全国で5年に1件程度、タンク本体については10年に1件程度発生すると考え、それぞれ 3.6×10^{-6} (=1/56,312/5) [年・施設]及び 1.8×10^{-6} (=1/56,312/10) [年・施設]とした。

表 4.2.4 危険物タンクの発生場所別漏洩事故発生状況（平成元年～14年）^{a, b}

| 配管 | | | | タンク本体 | | | |
|------|-----|-------|----------------------|-------|-----|-------|----------------------|
| 区分 | 件数 | 比率 | 発生頻度 [年・施設] | 区分 | 件数 | 比率 | 発生頻度 [年・施設] |
| 非埋設管 | 144 | 32.1% | 7.0×10^{-4} | 屋根以外 | 83 | 18.5% | 4.0×10^{-4} |
| 埋設管 | 114 | 25.4% | 5.5×10^{-4} | 屋根 | 61 | 13.6% | 3.0×10^{-4} |
| 計 | 258 | 57.6% | 1.3×10^{-3} | 計 | 144 | 32.1% | 7.0×10^{-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（ 2.2×10^{-3} ）に、発生箇所の比率を掛け合わせた推定値である。

火災事故については、危険物保安技術協会^cによると昭和54年～平成14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、全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（ 2.2×10^{-4} ）から、 6.6×10^{-5} [年・施設]とした（第1石油類・アルコール類）。第1石油類・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は、火災事故の発生頻度は相対的に低いと考えられるため、第1石油類・アルコール類の1/10とした。

ここで、タンク本体に係る事故については、タンク技術基準を特定タンクと準特定タンク

^a Safety & Tomorrow, 危険物保安技術協会, No. 97, 2004. 9

^b 危険物に係る事故事例, 消防庁

^c Safety & Tomorrow, 危険物保安技術協会, No. 98, 2004. 11

に分けて考えている。特定タンクは準特定タンクよりも強度が高いと考えられるため、事故発生頻度を準特定タンクの1/10とした。

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.5 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 (FT) で現れる末端事象の故障確率は、消防庁指針においても紹介されている文献^{a, b}によった。

表 4.2.5 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：緊急遮断措置 (自動) | 電気駆動 | 5.8×10^{-3} |
| | エア駆動 | 5.2×10^{-3} |
| | 設備なし | 1.0 |
| B2：バルブ手動閉止 | 第1石油類・ アルコール類 | 10^{-2} |
| | その他の第4類 | 10^{-3} |
| B3：一時的な流出拡大防止措置 | | 10^{-1} |
| B4：緊急移送措置 | 設備あり | 10^{-1} |
| | 設備なし | 1.0 |
| B5：仕切堤による漏洩拡大防止 | 設備あり | 10^{-2} |
| | 設備なし | 1.0 |
| B6：防油堤による漏洩拡大防止 | | 10^{-3} |
| B7：着火の有無 | 第1石油類・ アルコール類 | 10^{-1} |
| | その他の第4類 | 10^{-2} |
| B8：消火設備・消火活動 | | 10^{-1} |
| B9：浮き屋根沈降の有無 (浮き屋根式タンクのみ) | | 10^{-1} |
| B10：ボイルオーバーの有無 (原油・重油タンクのみ) | 固定屋根式 | 10^{-2} |
| | 浮き屋根式 | 10^{-1} |

B1：緊急遮断措置

緊急遮断設備には電気駆動とエア駆動等があり、これらの設備の作動失敗を想定した。FTは図 4.2.1 及び図 4.2.2 に示すとおりである。なお、遮断設備がない場合は失敗確率を1とした。

^a CCPS: Guidelines for Process Equipment Reliability Data Table, Center for Chemical Process Safety of the American Institute Chemical Engineers, 1989

^b WASH: Reactor Safety Study, An Assessment of Accident in U.S. Commercial Nuclear Power Plants, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1975

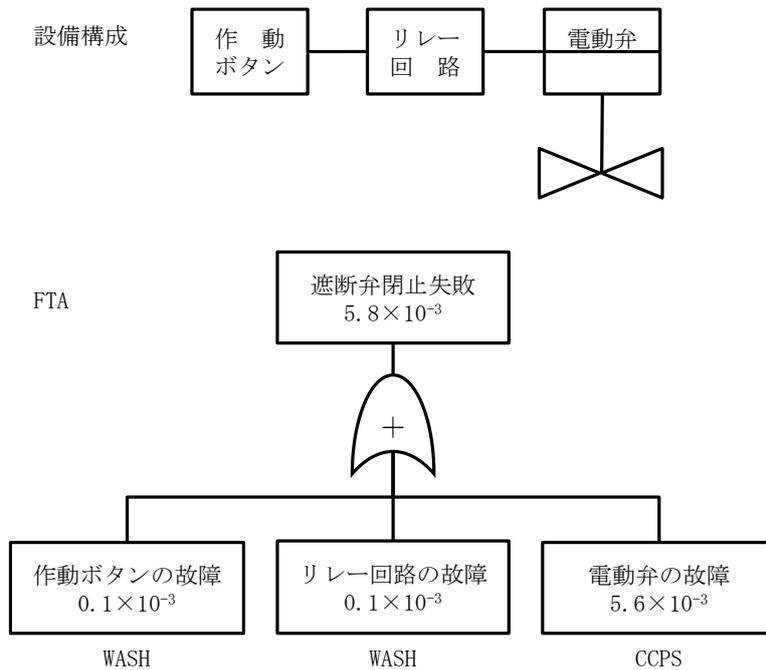


図 4.2.1 遮断設備（電気駆動）の作動失敗に関する FT（平常時）

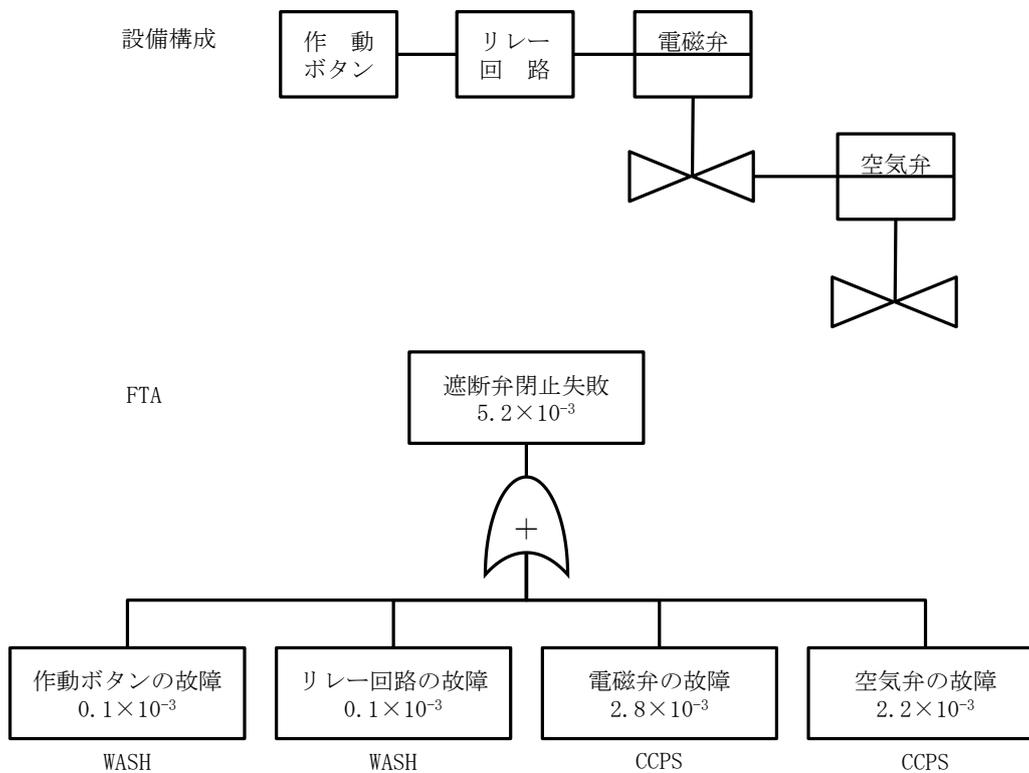


図 4.2.2 遮断設備（エア駆動）の作動失敗に関する FT（平常時）

B2：バルブ手動閉止

CCPS^aによる手動バルブの閉止失敗確率は 2.9×10^{-4} (VALVES-MANUAL) となっているが、着火危険性が高い場合にはタンクに近づけないことを考慮し、油種別に、第1石油類及びアルコール類で 10^{-2} 、その他の第4類は 10^{-3} とした。

B3：一時的な流出拡大防止措置

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、土嚢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：緊急移送措置

緊急移送は、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われる。CCPS によるバルブ開閉の失敗確率（電動 (VALVES-OPERATED-MOTOR: 5.58×10^{-3}) 及び手動 (VALVES-MANUAL: 2.9×10^{-4}) 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}) を適用できる。

ただし、内容物の移送を実施できるのは空タンクがあり、安全上問題のない場合に限られることから、失敗確率は一時的な流出拡大防止の失敗確率と同程度の 10^{-1} とした。なお、移送設備がない場合は失敗確率を1とした。

B5、B6：仕切堤、防油堤による漏洩拡大防止

タンクヤードには漏洩拡大防止のため防油堤（高さ0.5m以上）及び仕切堤（10,000kL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可能性は低く、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、漏油の勢い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} とした。

B7：着火の有無

漏洩した危険物の着火は様々な要因によるものであり、特定の防止措置による着火防止確率を設定することは困難であることから、実際の漏洩事故が火災事故に発展する確率を分岐確率として設定する。

平成4～8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20%弱、第2・3・4石油類ではその1/10以下となっている（表4.2.6）。従って、漏油の着火確率は第1石油類及びアルコール類

^a CCPS: Guidelines for Process Equipment Reliability Data with Data Table (Center for Chemical Process Safety of the American Institute Chemical Engineers, 1989)

で 10^{-1} 、その他は 10^{-2} とした。

表 4.2.6 危険物タンクの油種別事故発生状況（平成4～8年）^a

| 油種 | 漏洩件数 | 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 |

B8：消火設備・消火活動

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（及びこれらをつなぐ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 FT 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、ここでは消防活動による初期消火も含めて考え、消火に失敗する確率をこの2倍程度の 10^{-1} とした。

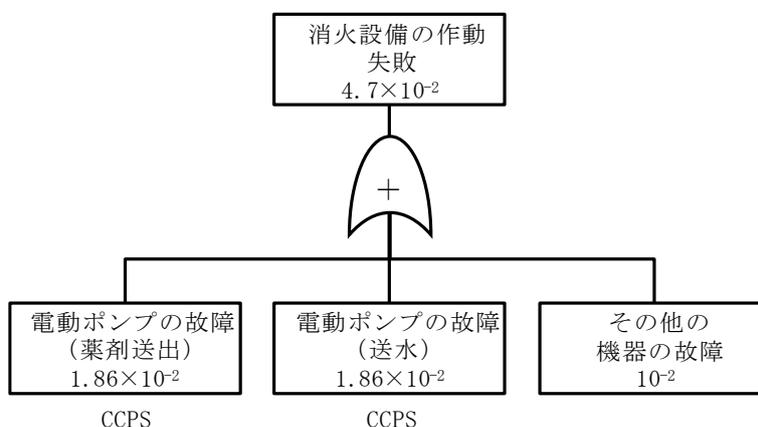


図 4.2.3 消火設備の作動失敗に関する FT（平常時）

B9：浮き屋根沈降の有無

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} とした。

^a 千葉県石油コンビナート等防災アセスメント調査報告書，千葉県石油コンビナート等防災本部，平成28年2月

B10：ボイルオーバーの有無

海外を含む過去の事例から、ボイルオーバーを起こす油種は、原油及び重油が圧倒的に多いとされている^a。ここでは、原油及び重油タンクを対象とし、ボイルオーバーに至る確率は、固定屋根式については 10^{-2} 、浮き屋根式タンクについては 10^{-1} とした^b。

(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危険物タンクのET(図4.1.2～図4.1.6)に当てはめ、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、例えば緊急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、あるいは緊急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(内部浮き蓋式を含む)タンクではリング火災(DE7)が該当しない。また、原油・重油以外のタンクではタンク全面・防油堤火災(DE9)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、災害種別毎に、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。

$$\begin{aligned}CF(DE1) &= F(DE1) + F(DE2) + F(DE3) + F(DE4) + F(DE5) \\CF(DE2) &= F(DE2) + F(DE3) + F(DE4) + F(DE5) \\CF(DE3) &= F(DE3) + F(DE4) + F(DE5) \\CF(DE4) &= F(DE4) + F(DE5) \\CF(DE5) &= F(DE5)\end{aligned}$$

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、発生危険度別のタンク基数を求める。結果については4.4に掲載する。

^a 古積博, 岩田雄策, Gilles Dussere : ボイルオーバーの事例と最近の研究, 消防研究所報告第117号, 2014年9月

^b ET上、ここで設定する確率は、固定屋根式タンクについては、消火設備・消火活動(B8)の失敗後にボイルオーバーに至る確率であり、浮き屋根式タンクについては、消火設備・消火活動(B8)の失敗から浮き屋根沈降(B9)後にボイルオーバーに至る確率であるため、タンク全面・防油堤火災(DE9)の発生頻度が等しくなるように屋根形式に応じてボイルオーバーの発生確率に差をつけた。

4.2.2. ガスタンク

(1) 初期事象の発生頻度

初期事象の発生頻度は、表 4.2.7 のように設定した。なお、地下式タンクについては、タンク本体は地下にあることから、タンク本体の破損による漏洩は考慮しない。

表 4.2.7 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 [/年・施設] |
|-------------------|----------|----------------------|
| IE1：配管の小破による漏洩 | | 6.2×10^{-4} |
| IE2：配管の大破による漏洩 | | 1.8×10^{-6} |
| IE3：タンク本体の小破による漏洩 | 地下式タンク以外 | 1.6×10^{-5} |
| | 地下式タンク | — |
| IE4：タンク本体の大破による漏洩 | 地下式タンク以外 | 8.9×10^{-8} |
| | 地下式タンク | — |

以下、初期事象発生頻度の設定根拠について述べる。

コンビナートの製造事業所における高圧ガス貯槽及びその付属配管における、最近10年間（平成27～令和6）の漏洩及び火災事故の発生状況は、表4.2.8のとおりである。

表 4.2.8 ガスタンクの事故発生状況（平成 27～令和 6 年）^{a, b}

| 施設数 | 漏洩事故 | | 火災事故 | | 計 | |
|-------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| | 件数 [/10 年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/10 年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/10 年] | 発生頻度 [/年・施設] |
| 2,110 | 13 | (6.2×10^{-4}) | 2 | (9.5×10^{-5}) | 15 | (7.1×10^{-4}) |

注 1) 事故件数は、高圧ガス事故事例検索システム（高圧ガス保安協会）により検索した結果であり、コンビナートの製造事業所における高圧ガス貯槽及びその付属配管の事故（地震によるもの及び不活性ガスに係るものを除く）を表す。なお、高圧ガス貯槽に係る事故であるかどうかの判断は、事故概要の確認に基づいており、推定を含む。

注 2) 火災事故の 2 件は、漏洩事故にも含まれる。

注 3) 施設数は令和 6 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。

事故件数と施設数で対象施設のバウンダリーに差異があるという問題点はあるものの、表 4.2.8 より、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、 6.2×10^{-4} [/年・施設] とした。

配管の大破及びタンク本体の破損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、危険物タンク（特定タンク）の 1/2 とした。

^a 高圧ガス事故事例データベース，高圧ガス保安協会

^b 令和 6 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

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 4.2.9 のように設定した。

表 4.2.9 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：緊急遮断措置 | 電気駆動 | 5.8×10^{-3} |
| | エア駆動 | 5.2×10^{-3} |
| | 設備なし | 1.0 |
| B2：バルブ手動閉止 | | 10^{-2} |
| B3：緊急移送措置 | 設備あり | 10^{-1} |
| | 設備なし | 1.0 |
| B4：蒸発・拡散防止措置 | 設備あり | 10^{-1} |
| | 設備なし | 1.0 |
| B5：着火の有無 | | 10^{-1} |

B1：緊急遮断措置

危険物タンクと同様に失敗確率を設定した。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

危険物タンクの第 1 石油類及びアルコール類と同様に失敗確率を 10^{-2} とした。

B3：緊急移送措置

危険物タンクと同様に失敗確率を 10^{-1} とした。なお、移送設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B4：蒸発・拡散防止措置

ガスタンクには、タンク周囲の水幕設備や屋根部分に散水設備が設置されている場合があり、それにより漏洩ガスの蒸発・拡散を防止することができる。これらの設備の不作動確率は移送設備 (1.9×10^{-2}) 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これより大きめの 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。

B5：着火の有無

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・アルコール類）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(図4.1.7～図4.1.9)に当てはめ、各災害事象の発生頻度を算出した。ETからわかるように、緊急遮断設備のないタンクでは少量流出・爆発火災(DE1)が、緊急遮断設備及び移送設備のないタンクでは大量流出・爆発火災(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発生危険度別のタンク基数を求める。結果については4.4に掲載する。

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ガスタンク(LPG)と同様と考え、表4.2.10のように設定した。

表 4.2.10 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 [/年・施設] |
|--------------------|----------------------|
| IE1: 配管の小破による漏洩 | 6.2×10^{-4} |
| IE2: 配管の大破による漏洩 | 1.8×10^{-6} |
| IE3: タンク本体の小破による漏洩 | 1.6×10^{-5} |
| IE4: タンク本体の大破による漏洩 | 8.9×10^{-8} |

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表4.2.11のように設定した。

表 4.2.11 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: 緊急遮断措置(自動) | 電気駆動 | 5.8×10^{-3} |
| | エア駆動 | 5.2×10^{-3} |
| | 設備なし | 1.0 |
| B2: バルブ手動閉止 | 第1石油類・アルコール類に準ずる | 10^{-2} |
| B3: 緊急移送措置 | 設備あり | 10^{-1} |
| | 設備なし | 1.0 |
| B4: 蒸発・拡散防止措置 | 設備あり | 10^{-1} |
| | 設備なし | 1.0 |

B1: 緊急遮断措置

危険物タンクと同様に失敗確率を設定した。

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

危険物タンクの第1石油類及びアルコール類と同様に失敗確率を 10^{-2} とした。

B3：緊急移送措置

危険物タンクと同様に失敗確率を設定した。

なお、移送設備がない場合は失敗確率を1とした。

B4：蒸発・拡散防止措置

通常事故における除害設備による拡散防止の分岐確率は、旧指針で例示されている『全国のコビナートにある約50の事業所を対象にアンケート調査を実施した結果に基づく防災設備の不作動確率』では0.00となっている。軽度な異常を含む場合は 1.42×10^{-2} となっている。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これより大きめの 10^{-1} とした。なお、このような設備が設置されていない毒性液体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(図4.1.13～図4.1.14)に当てはめ、各災害事象の発生頻度を算出した。ETからわかるように、緊急遮断設備のないタンクでは少量流出・拡散(DE1)が、緊急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た。結果については4.4に掲載する。

4.2.4. プラント

(1) 製造施設等

1) 初期事象の発生頻度

初期事象の発生頻度は、表4.2.12のように設定した。

表 4.2.12 製造施設の初期事象の発生頻度(平常時)

| 初期事象 | 発生頻度 [年・施設] |
|----------------|----------------------|
| IE1：装置の小破による漏洩 | 1.6×10^{-2} |
| IE2：装置の大破による漏洩 | 1.6×10^{-3} |

以下、初期事象発生頻度の設定根拠について述べる。

危険物製造所における、最近10年間(平成27～令和6)の漏洩及び火災事故の発生状況は、表4.2.13のとおりである。

表 4.2.13 危険物製造所の事故発生状況（平成 27～令和 6）^{a, b}

| | 施設数 | 漏洩事故 | | 火災事故 | | 計 | |
|----|-------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|
| | | 件数 [/10 年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/10 年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/10 年] | 発生頻度 [/年・施設] |
| 全国 | 5,047 | 433 | (8.6×10^{-3}) | 371 | (7.4×10^{-3}) | 804 | (1.6×10^{-2}) |

注 1) 施設数は令和 6 年 3 月 31 日（全国）現在の完成検査済証交付施設数である。

注 2) 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) 漏洩事故及び火災事故の発生頻度（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おける施設数から算出した推定値である。

装置の小破による漏洩の発生頻度は、表 4.2.13 の全国の危険物製造所における全事故の発生頻度を基に、 1.6×10^{-2} [/年・施設] と設定した。ここで、製造施設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た。

装置の大破漏洩の発生頻度としては、小破漏洩の 1/10 と考え、 1.6×10^{-3} [/年・施設] とした。

2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は、表 4.2.14 のように設定した。

表 4.2.14 製造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・遮断措置 | 5.2×10^{-3} |
| B2：緊急移送措置（内容物処理） | 10^{-1} |
| B3：着火の有無 | 4.6×10^{-1} |

B1：緊急停止・遮断措置

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 FT を参照）。

B2：緊急移送措置（内容物処理）

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：着火の有無

製造施設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

^a 危険物に係る事故事例，消防庁

^b 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

くが火災や爆発に至っている。従って、表 4.2.13 の全国における全事故に占める火災事故の割合から、漏洩後に着火する確率を 4.6×10^{-1} (=371/804) 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製造施設の ET (図 4.1.15～図 4.1.16) 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発生危険度別の施設数を求める。結果については 4.4 に掲載する。

(2) 発電施設

1) 初期事象の発生頻度

初期事象の発生頻度は、表 4.2.15 のように設定した。

表 4.2.15 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 [/年・施設] |
|------------------|----------------------|
| IE1 : 装置の破損による漏洩 | 3.5×10^{-2} |

以下、初期事象発生頻度の設定根拠について述べる。

発電所における、最近 7 年間 (平成 29～令和 5) の漏洩及び火災事故の発生状況は、表 4.2.16 のとおりである。

表 4.2.16 発電施設の事故発生状況 (平成 29～令和 5) ^{a, b}

| | 施設数 | 漏洩事故 | | 火災事故 | | 計 | |
|----|-----|----------------|------------------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|
| | | 件数 [/7 年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/7 年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/7 年] | 発生頻度 [/年・施設] |
| 全国 | 490 | 77 | (2.2×10^{-2}) | 42 | (1.2×10^{-2}) | 119 | (3.5×10^{-2}) |

注 1) 施設数は令和 7 年 1 月 31 日 (全国) 現在の火力発電所施設数^cである。

注 2) 全国の事故件数は、過去 7 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 (括弧内の数値) は、7 年間の事故件数の合計と最新の統計における施設数から算出した推定値である。

^a 危険物に係る事故事例 (流出編) 及び危険物に係る事故事例 (火災編), 消防庁をもとに集計

^b 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

^c 電力調査統計, 資源エネルギー庁

2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は、表 4.2.17 のように設定した。

表 4.2.17 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・遮断措置 | 5.2×10^{-3} |
| B2：緊急移送措置（内容物処理） | 10^{-1} |
| B3：着火の有無 | 3.5×10^{-1} |

B1：緊急停止・遮断措置

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 FT を参照）。

B2：緊急移送措置（内容物処理）

製造施設と同様 10^{-1} と推定した。

B3：着火の有無

表 4.2.16 の全国における全事故に占める火災事故の割合から、漏洩後に着火する確率を 3.5×10^{-1} （=42/119）と推定した。

3) 災害事象の発生危険度

(1)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の ET（図 4.1.19）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発生危険度別の施設数を求める。結果については 4.4 に掲載する。

4.2.5. 海上入出荷施設

(1) 初期事象の発生頻度

初期事象の発生頻度は、表 4.2.18 のように設定した。

表 4.2.18 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[/年・施設] | |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| | 危険物栈橋 | 可燃性ガス栈橋 |
| IE1：配管等の破損による漏洩 | 9.1×10^{-3} | 4.6×10^{-3} |

以下、初期事象発生頻度の設定根拠について述べる。

危険物栈橋は、危険物施設の移送取扱所又は一般取扱所に該当する。最近 10 年間（平成

27～令和6)の漏洩及び火災事故の発生状況は、表4.2.19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(参考資料1表1.1参照)。

表4.2.19 危険物移送取扱所の事故発生状況(平成27～令和6年)^{a, b}

| | 施設数 | 漏洩事故 | | 火災事故 | | 計 | |
|----|-----|--------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|
| | | 件数 [/10年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/10年] | 発生頻度 [/年・施設] | 件数 [/10年] | 発生頻度 [/年・施設] |
| 全国 | 940 | 131 | (1.4×10^{-2}) | 8 | (8.5×10^{-4}) | 139 | (1.5×10^{-2}) |

注1) 施設数は令和6年3月31日(全国)現在の完成検査済証交付施設数である。

注2) 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(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おける施設数から算出した推定値である。

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～平成14年の29年間にお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(参考資料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、危険物栈橋における初期事象(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。

○施設数

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」(平成16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^cことから、移送取扱所のうち、栈橋を有する施設の割合を63.1%(=744/1,179)とし、令和6年3月31日現在の全国の移

^a 危険物に係る事故事例, 消防庁

^b 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

送取扱所の施設数から、593（=940×63.1%）施設と推定した。

○漏洩事故の件数

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38.5%（=62/161）とし、平成27～令和6の全国の移送取扱所における漏洩事故件数から、54（=139×38.5%）件と推定した。

○発生頻度

以上のことより、危険物栈橋における漏洩事故の発生頻度は、 9.1×10^{-3} （=54/593/10）[年・施設]と推定した。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みなした。

可燃性ガス栈橋の漏洩事故については、危険物栈橋と比べると、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ことから、可燃性ガス栈橋における初期事象発生頻度は、危険物栈橋の1/2の 4.6×10^{-3} [年・施設]とした。

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表4.2.20のように設定した。

表 4.2.20 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・遮断措置 | | 10^{-2} |
| B2：着火の有無 | 第1石油類・アルコール類・可燃性ガス | 10^{-1} |
| | その他の第4類 | 10^{-2} |
| B3：蒸発・拡散防止措置 | | 10^{-1} |

B1：緊急停止・遮断措置

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、緊急遮断の失敗確率（ 5.8×10^{-3} ：電気駆動）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。

B2：着火の有無

危険物タンクと同様に、第1石油類、アルコール類及び可燃性ガスで 10^{-1} 、その他は 10^{-2} とした。

B3：蒸発・拡散防止措置

毒性物質が漏洩して周辺に溜まった場合、泡シール等の応急措置が取られる。このような措置に失敗して毒性物質が蒸発、大気への拡散に至る確率は 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海上入出荷施設の ET (図 4.1.20) 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発生危険度別の施設数を求める。結果については 4.4 に掲載する。

4.2.6. パイプライン

(1) 初期事象の発生頻度

初期事象の発生頻度は、表 4.2.21 のように設定した。

表 4.2.21 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[/年・施設] | |
|----------------|----------------------|----------------------|
| | 危険物配管 | 可燃性ガス配管 |
| IE1：配管の破損による漏洩 | 7.0×10^{-4} | 3.5×10^{-4} |

以下、初期事象発生頻度の設定根拠について述べる。

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。

危険物配管は、危険物施設の移送取扱所に該当する。最近 10 年間 (平成 27～令和 6) における危険物移送取扱所の事故発生状況を表 4.2.19 に示す。

危険物配管での事故発生状況は下記 (参考) に示すとおりである。危険物配管は腐食等の劣化によるものが漏洩事故の発生原因の大半を占める。一方で本アセスメントの対象となる四日市臨海特別防災区域においては、パイプラインは通常の配管以上に劣化損傷が管理されており、危険物タンクの付属配管と同様の状態が保たれているとみなすことができる。

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、危険物タンクの配管の小破の発生頻度 (7.0×10^{-4}) を適用することとした。

また、可燃性ガス配管における事故は、近年腐食劣化によるものなどが数件発生している

が^a、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、棧橋と同様に危険物配管の1/2とした。

○危険物配管での事故発生状況（参考）

4.2.5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～平成14年の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26%）であった（参考資料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。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、雨水等による腐食可能性が高いことが指摘されている。

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表4.2.22のように設定した。

表 4.2.22 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・遮断措置 | | 10^{-2} |
| B2：バルブ手動閉止 | | 10^{-2} |
| B3：地上流出の有無 | 危険物 | 中量流出以下の場合 大量流出以上の場合 |
| | 高圧ガス | 1 |
| B4：着火の有無 | 第1石油類・アルコール類・可燃性ガス | 10^{-1} |
| | その他の第4類 | 10^{-2} |
| B5：蒸発・拡散防止措置 | | 10^{-1} |

B1：緊急停止・遮断措置

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、緊急遮断の失敗確率（ 5.8×10^{-3} ：電気駆動）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。

B2：バルブ手動閉止

危険物タンクの第1石油類及びアルコール類と同様に失敗確率を 10^{-2} とした。

^a 事故事例データベース，高圧ガス保安協会

B3：地上流出の有無

地下配管で漏洩が発生した場合、影響が地上へ及ぶ確率を危険物の中量流出以下では 10^{-1} 、危険物の大量流出以上および高压ガスでは1とした。

B4：着火の有無

危険物タンクと同様に、第1石油類、アルコール類及び可燃性ガスで 10^{-1} 、その他は 10^{-2} とした。

B5：蒸発・拡散防止措置

海上入出荷施設と同様に失敗確率を 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パイプラインのET(図4.1.23)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発生危険度別の施設数を求める。結果については4.4に掲載する。

4.3. 災害の影響度の推定

ETAにより抽出された各災害事象について、災害が発生したときに影響が及ぶ距離を算定し、次のようにランク付けすることにより災害の影響度とした。

表 4.3.1 災害影響度の区分

| 区分 | 影響距離 |
|-----|---------------|
| 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 |

災害の影響度は、消防庁指針で示されている手法を用いて算定を行う（手法の詳細については参考資料2を参照）。ここで示す影響距離は、以下に述べる影響距離の算定条件の下で算定するものであり、実際に事故が発生した場合の影響距離を示すものではないことに注意を要する。また、ETの中に現れる災害の規模には、影響距離の大小だけでなく災害の継続時間といった要素もある。ここでは、災害の継続時間は考慮していないため、災害の規模が大きくなっても影響度が変わらない場合もある。さらに、実際には影響度の大きさは距離だけに依らず、施設の立地状況や周囲の環境によっても異なる。

4.3.1. 算定条件

(1) 影響度の基準値

影響度の基準値は消防庁指針に従って表4.3.2のように設定し、災害の影響距離は影響の大きさが基準値以上となる距離とした。

表 4.3.2(1) 影響度の基準値（火災、爆発）

| 現象 | 基準値 | 設定理由 |
|------------------|-----------------------|--|
| 火災の放射熱 | 2.3 kW/m ² | 1分間以内で痛みを感じる強度で、旧指針（平成13年）で示されている液面火災の基準値 |
| 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）とされる爆風圧で、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 | ガスの引火・燃焼が起こり得る下限値（ガス拡散モデルで求められる濃度は時間平均濃度であるため、変動幅を考慮） |

表 4.3.2(2) 影響度の基準値（毒性物質）^a

| 毒性物質 | IDLH(ppm) |
|----------|-----------|
| アクリロニトリル | 85 |
| アンモニア | 300 |
| 塩素 | 10 |
| フッ化水素 | 30 |

(2) 漏洩口の想定

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。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が、想定災害の規模の大小は漏洩口の大きさに強く影響されるため、典型的な災害事象の影響度の推定は漏洩口の大きさ等によって次のように設定した。

表 4.3.3 漏洩口等の想定

| 災害の規模 | 危険物・可燃性ガス ^注 | 毒性液体 |
|-------------------|--|-----------------------------------|
| 小量流出 | 配管フランジ部のボルト 1 本が損傷して幅 0.1cm の隙間が開くことを想定 (図 4.3.1) ※下限:0.75cm ² ※溶接配管の場合は 1cm×0.1cm の亀裂を想定 | 防液堤 1 辺の溝 (幅 20cm とする) に溜まった場合を想定 |
| 中量流出 ユニット内全量流出 | 配管とタンク本体の接続部に配管断面積の 1/100 の大きさの漏洩口が開くことを想定 ※下限:0.75cm ² 、上限:12.6cm ² (上限は直径 40cm 配管の 1/100 の面積に相当) | 防液堤 2 辺の溝 (幅 20cm とする) に溜まった場合を想定 |
| 大量流出 全量流出 | 同上 | 防液堤 4 辺の溝 (幅 20cm とする) に溜まった場合を想定 |

注 1) 可燃性ガスの爆発については、小量流出及び中量流出で 5 分間、大量流出及び全量流出で 10 分間の漏洩を想定している。

注 2) 毒性ガス配管は溶接配管や二重配管が用いられることが多いことから、毒性ガスの小量流出、中量流出、ユニット内全量流出、大量流出及び全量流出については、長さ 1cm、幅 0.1cm の亀裂 (断面積 0.1cm²) を想定した。

^a Documentation for Immediately Dangerous To Life or Health Concentrations (IDLHs), 米国保健福祉省, 1994

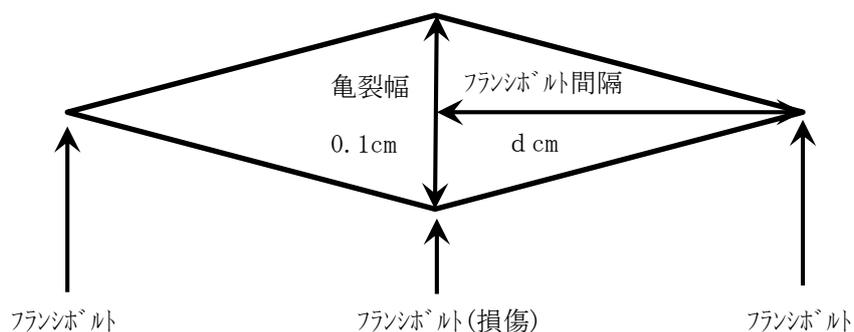


図 4.3.1 フランジボルト破損による漏洩口の概念図

(3) 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当たり、気象条件は出現頻度までは考慮せず、確定的に扱った。

本調査で用いる気象条件を以下に示す（詳細については参考資料3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（四日市特別地域気象観測所）における、過去10年間（平成28年4月～令和7年3月）の平均風速（10m換算値）である1.7m/sとした。

3) 大気安定度

中立とした。

4.3.2. 危険物タンク

(1) 災害事象の詳細条件

危険物タンクについては、流出火災及びタンク火災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、仕切堤内、防油堤内及び防油堤外に分けて考える。ただし、防油堤外流出（DE5、DE14）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 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（ただし漏洩口面積の下限を 0.75cm^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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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が影響範囲となる（図4.3.2）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 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炎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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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が影響範囲となる（図4.3.2）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 式11, 12, 14, 15） |

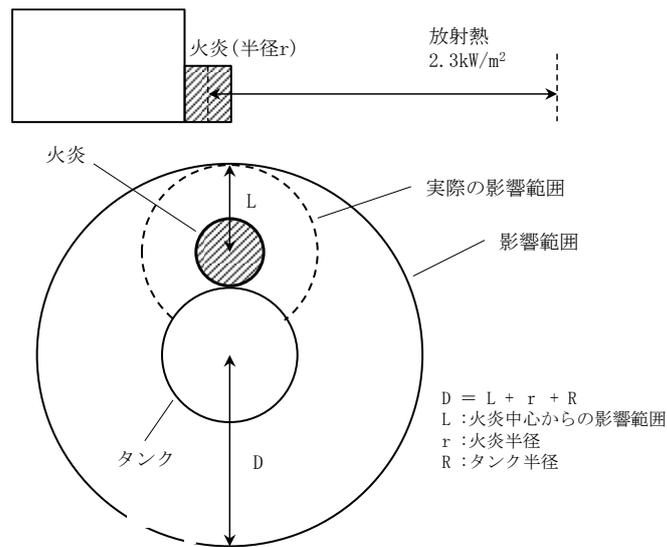


図 4.3.2 小量・中量流出・火災の影響範囲

(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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 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、底面積については、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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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が影響範囲となる（図4.3.3）。 | |
| 使用した式 | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 式11, 12, 15） |

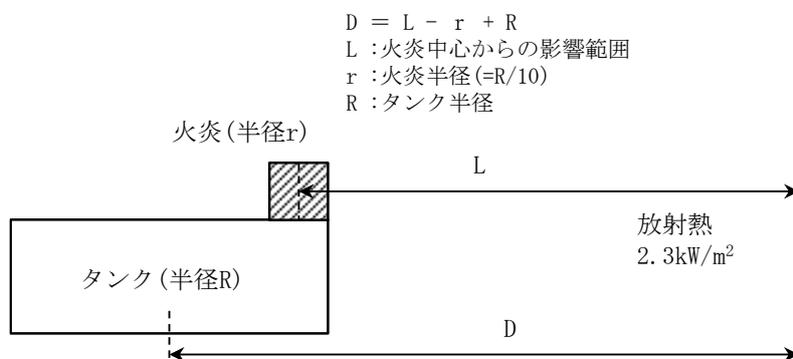


図 4.3.3 タンク小火災の影響範囲

(DE7) リング火災

| | | |
|-------|--|--------------------------|
| 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。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。（図4.3.4）。 | |
| 使用した式 | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 式11, 13, 15） |

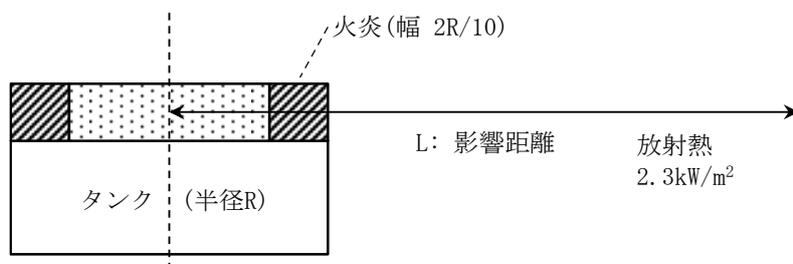


図 4.3.4 リング火災の影響範囲

(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。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル (参考資料2 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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル (参考資料2 式11, 12, 15) |

③ 毒性ガス拡散

(DE10) 少量流出拡散

| | | |
|-------|---|------------------|
| 様相 | 仕切堤・防油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 | 仕切堤・防油堤1辺の溝(幅20cmとする)に溜まった場合を想定した。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる(図4.3.6)。 | |
| 使用した式 | 液面面積の算出 | 仕切堤・防油堤1辺×溝の幅×辺数 |
| | 拡散ガス量の算出 | 蒸発モデル(参考資料2 式5) |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式(参考資料2 式6) |

(DE11) 中量流出拡散

| | | |
|-------|---|--------------------|
| 様相 | 仕切堤・防油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 | 仕切堤・防油堤 2 辺の溝（幅20cmとする）に溜まった場合を想定した。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.6）。 | |
| 使用した式 | 液面面積の算出 | 仕切堤・防油堤 1 辺×溝の幅×辺数 |
| | 拡散ガス量の算出 | 蒸発モデル（参考資料 2 式5） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料 2 式6） |

(DE12、13) 仕切堤内・防油堤内流出拡散

| | | |
|-------|---|--------------------|
| 様相 | 仕切堤・防油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、仕切堤・防油堤全面には拡がらない。 | |
| 液面面積 | 仕切堤・防油堤 4 辺の溝（幅20cmとする）に溜まった場合を想定した。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.6）。 | |
| 使用した式 | 液面面積の算出 | 仕切堤・防油堤 1 辺×溝の幅×辺数 |
| | 拡散ガス量の算出 | 蒸発モデル（参考資料 2 式5） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料 2 式6） |

(DE14) 防油堤外流出拡散

算定は行わずに影響度は最大の「I」とした。

(2) 災害事象の影響度

(1)の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表4.3.1の区分でランク付けして影響度別のタンク基数を求める。結果については4.4に掲載する。

4.3.3. ガスタンク

(1) 災害事象の詳細条件

ガスタンクについては、ガス爆発、フラッシュ火災及び毒性ガス拡散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、大量及び全量に分けて考える。

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（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² とした） | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

(DE2) 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）。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

(DE3、DE4) 大量流出及び全量流出・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。なお、全量流出（長時間）の場合、爆発が繰り返し起こる可能性がある。 | |
| 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）。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

② フラッシュ火災

(DE1) 小量流出・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（ただし漏洩口面積の下限を 0.75cm^2 とした） | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.5）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(DE2、DE3、DE4) 中量流出、大量流出及び全量流出・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。災害規模に応じて危険性が継続する。 | |
| 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）。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.5）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

③ 毒性ガス拡散

(DE5) 小量流出拡散

| | | |
|-------|---|---------------------|
| 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する。 | |
| 漏洩口 | フランジボルト破損（ただし漏洩口面積の下限を 0.75cm^2 とした） | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.5）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(DE6、DE7、DE8) 中量流出、大量流出及び全量流出拡散

| | | |
|-------|--|----------------------|
| 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する。災害規模に応じて危険性が継続する。 | |
| 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)。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる (図4.3.5)。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル (参考資料2 式1) |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式 (参考資料2 式7) |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式 (参考資料2 式6) |

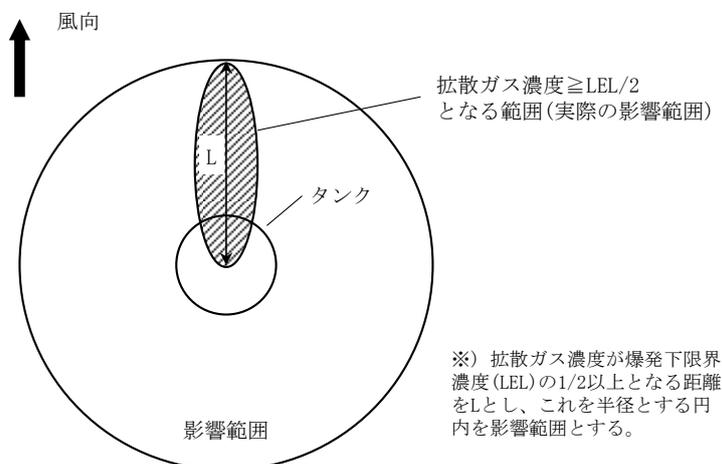


図 4.3.5 フラッシュ火災 (ガス拡散) の影響範囲

(2) 災害の影響度

(1)の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表4.3.1の区分でランク付けして影響度別のタンク基数を求める。結果については4.4に掲載する。

4.3.4. 毒性液体タンク

(1) 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、大量及び全量に分けて考える。

(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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.6）。 | |
| 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（参考資料 2 式5） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料 2 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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.6）。 | |
| 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（参考資料 2 式5） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料 2 式6） |

(DE3、DE4) 大量流出及び全量流出・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。 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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.6）。 | |
| 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（参考資料 2 式5） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料 2 式6） |

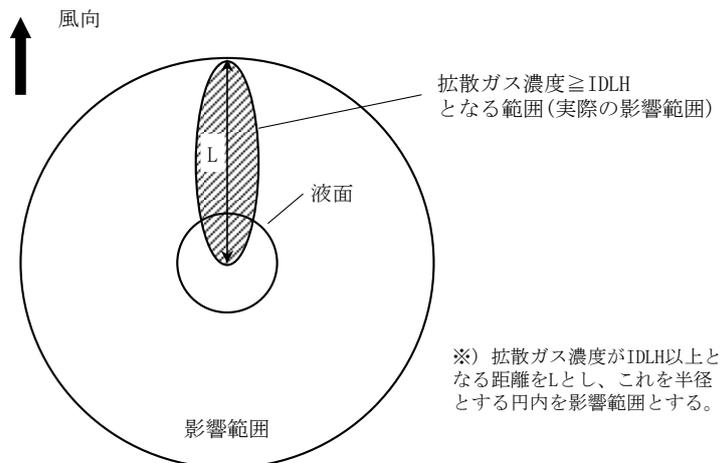


図 4.3.6 毒性ガス拡散の影響範囲

(2) 災害の影響度

(1)の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表4.2.1の区分でランク付けして分布を求める。結果については4.4に掲載する。

4.3.5. プラント

(1) 製造施設等

1) 災害事象の詳細条件

製造施設では、危険物が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う。

製造施設で想定される災害事象は取扱う物質によって異なり、危険物の場合は流出火災、可燃性ガスの場合は爆発及びフラッシュ火災による影響、毒性物質の場合は毒性ガス拡散が問題となるが、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、ユニット内全量及び大量に分けて考えた。

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（ただし漏洩口面積の下限を 0.75cm^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。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 式11, 12, 14, 15） |

(DE2、DE3) ユニット内全量流出及び大量流出・火災

| | | |
|-------|---|------------------------------|
| 様相 | 流出直後に着火して周辺で液面火災となる。大量流出の場合、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。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 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（ただし漏洩口面積の下限を 0.75cm^2 とした） | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

(DE5) ユニット内全量流出・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）。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

(DE6) 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。なお、全量流出（長時間）の場合、爆発が繰り返し起こる可能性がある。 | |
| 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）。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

③フラッシュ火災

(DE4) 小量流出・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（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² とした） | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.5）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(DE5、DE6) ユニット内全量流出及び大量流出・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。災害規模に応じて危険性が継続する。 | |
| 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）。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.5）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

④ 毒性ガス拡散

(DE7) 小量流出拡散

| | | |
|-------|---|---------------------|
| 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する。 | |
| 漏洩口 | フランジボルト破損（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² とした） | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.5）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(DE8、DE9) ユニット内全量流出及び大量流出拡散

| | | |
|-------|---|---------------------|
| 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する。災害規模に応じて危険性が継続する。 | |
| 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）。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.5）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

2) 災害の影響度

(1)の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表4.3.1の区分でランク付けして影響度別の施設数を求める。結果については4.4に掲載する。

(2) 発電施設

1) 災害事象の詳細条件

発電施設では、危険物が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う。

発電施設で想定される災害事象は取扱う物質によって異なり、危険物の場合は流出火災による影響、可燃性ガスの場合は爆発及びフラッシュ火災が問題となるが、影響度の算定方法はこれまでと同様である。漏洩規模は小量、ユニット内全量及び大量に分けて考えた。

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（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm 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。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 式11, 12, 14, 15） |

(DE2、DE3) ユニット内全量流出及び大量流出・火災

| | | |
|-------|---|------------------------------|
| 様相 | 流出直後に着火して周辺で液面火災となる。大量流出の場合、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。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 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（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² とした） | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

(DE5) ユニット内全量流出・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）。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

(DE6) 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。なお、全量流出（長時間）の場合、爆発が繰り返し起こる可能性がある。 | |
| 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）。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

③フラッシュ火災

(DE4) 小量流出・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（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² とした） | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.5）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(DE5、DE6) ユニット内全量流出及び大量流出・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。災害規模に応じて危険性が継続する。 | |
| 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）。 | |
| 影響距離 | 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。なお、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なる（図4.3.5）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式1） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

2) 災害の影響度

(1)の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表4.3.1の区分でランク付けして影響度別の施設数を求める。結果については4.4に掲載する。

4.3.6. 海上入出荷施設

(1) 災害事象の詳細条件

海上入出荷施設の災害事象は、危険物の場合は流出火災、可燃性ガスの場合は爆発及びフラッシュ火災、毒性物質の場合は毒性ガス拡散が問題となる。漏洩規模は小量及び大量に分けて考えた。

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（ただし漏洩口面積の下限を 0.75cm^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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 式11, 12, 14, 15） |

(DE2) 大量流出・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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 式11, 12, 14, 15） |

② ガス爆発

(DE3) 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（ただし漏洩口面積の下限を 0.75cm^2 とした） | |
| 影響距離 | 爆風圧が許容値となる配管からの距離を影響距離とした。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

(DE4) 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）。 | |
| 影響距離 | 爆風圧が許容値となる配管からの距離を影響距離とした。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

③ フラッシュ火災

(DE3) 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（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² とした） | |
| 影響距離 | 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た。なお、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なる | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(DE4) 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）。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、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なる | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

④ 毒性ガス拡散

(DE5) 小量流出拡散

| | | |
|-------|---|---------------------|
| 様相 | 大気中にガスが拡散する。 | |
| 漏洩口 | フランジボルト破損（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² とした） | |
| 影響距離 | 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た。なお、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なる | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(DE6) 大量流出拡散

| | | |
|-------|---|---------------------|
| 様相 | 大気中にガスが拡散する。 | |
| 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）。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、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なる | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(2) 災害の影響度

4.3.7(1)の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表4.2.1の区分でランク付けして分布を求める。結果については4.4に掲載する。

4.3.7. パイプライン

(1) 災害事象の詳細条件

パイプラインの災害事象は、危険物の場合は流出火災、可燃性ガスの場合は爆発及びフラッシュ火災、毒性物質の場合は毒性ガス拡散が問題となる。漏洩規模は小量、中量及び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得るため、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（ただし漏洩口面積の下限を 0.75cm^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想定する。火炎高さは火炎底面半径の3倍とした。 | |
| 影響距離 | 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（発生位置は特定しない）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 式11, 12, 14, 15） |

(DE2、DE3) 中量流出及び大量流出・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。大量流出の場合、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。 | |
| 影響距離 | 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（発生位置は特定しない）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 火炎の放射熱の算出 | 火災モデル（参考資料2 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 | |
| 影響距離 | 爆風圧が許容値となる配管からの距離を影響距離とした（発生位置は特定しない）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

(DE5) 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）。 | |
| 影響距離 | 爆風圧が許容値となる配管からの距離を影響距離とした（発生位置は特定しない）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

(DE6) 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）。 | |
| 影響距離 | 爆風圧が許容値となる配管からの距離を影響距離とした（発生位置は特定しない）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 爆発中心からの距離の算出 | 爆発モデル（参考資料2 式17） |

③ フラッシュ火災

(DE4) 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 | |
| 影響距離 | 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た（発生位置及び風向は特定しない）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(DE5、DE6) 中量流出及び大量流出・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。大量流出の場合、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）。 | |
| 影響距離 | 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た（発生位置及び風向は特定しない）。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

④ 毒性ガス拡散

(DE4) 小量流出拡散

| | | |
|-------|--|---------------------|
| 様相 | 大気中にガスが拡散する。 | |
| 漏洩口 | フランジボルト破損（ただし漏洩口面積の下限を0.75cm ² とした） | |
| 影響距離 | 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た。なお、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なる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(DE5、DE6) 中量流出及び大量流出拡散

| | | |
|-------|---|---------------------|
| 様相 | 大気中にガスが拡散する。 | |
| 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）。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、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なる。 | |
| 使用した式 | 流出率の算出 | 液体流出モデル（参考資料2 式2） |
| | 拡散ガス量の算出 | 拡散ガス量の算出式（参考資料2 式7） |
| | ガス濃度の算出 | 連続点源の式（参考資料2 式6） |

(2) 災害の影響度

(1)の想定に基づき求めた各災害事象の影響の大きさを、表4.3.1の区分でランク付けして影響度別の施設数を求める。結果については4.4に掲載する。

4.4. 総合的な災害危険性の評価

災害の想定については、消防庁指針の中で発生頻度が 10^{-6} /年（安全水準）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ですが、影響が大きくなると考えられる災害
「8. 大規模災害を対象とした評価」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An及びBn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Cn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。なお、ここでは稼働中の施設の結果のみ示す。

低頻度大規模災害

平常時に発生することは考えにくいですが、影響が大きくなると考えられる災害

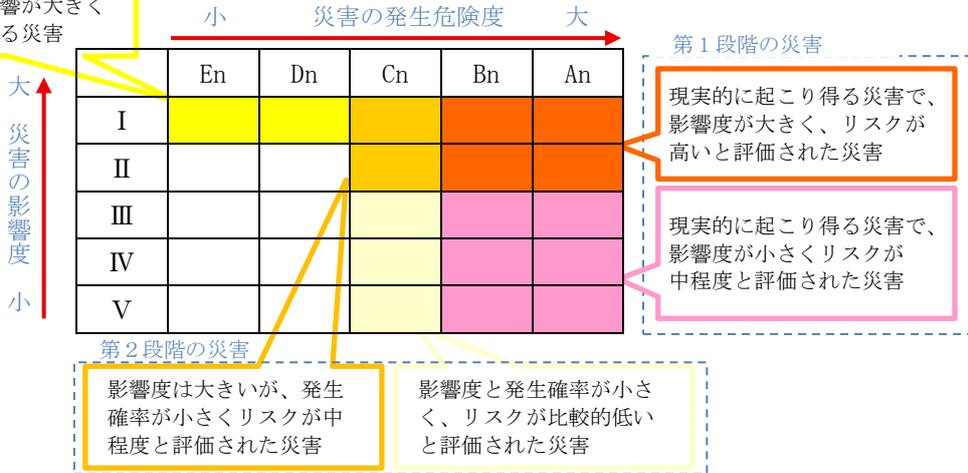


図 4.4.1 リスクマトリックス

表 4.4.1 平常時の災害発生危険度区分及び影響度区分

○平常時の災害発生危険度区分

| 区分 | 災害発生危険度 [／年] |
|------|---|
| AAAn | 10 ⁻³ 程度 (5×10 ⁻⁴ 以上) 注 |
| An | 10 ⁻⁴ 程度 (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) |

○災害の影響度区分

| 区分 | 影響距離 |
|-----|---------------|
| 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) 該当する災害事象のみ表示

4.4.1. 想定災害

平常時に想定される災害を表4.4.2にまとめる。

第1段階の災害について、毒性ガス拡散および可燃性ガスの爆発火災では影響度が最大でIレベル(200m以上)となり、流出火災では影響度が最大でIII(100m未満)となる。

第2段階の災害について、毒性ガス拡散、可燃性ガスの爆発火災、流出火災のいずれも影響度が最大でIレベル(200m以上)となる。

表 4.4.2 平常時の想定災害（稼働中の施設のみ）

| 対象施設 | 災害種別 | 第1段階（AA・A・Bレベル） | | 第2段階（Cレベル） | |
|---------|---------|--|--------|--|-------|
| | | 該当する災害事象 | 影響度 | 該当する災害事象 | 影響度 |
| 危険物タンク | 流出火災 | 小量流出・火災(371) 中量流出・火災(122) | IV～V | 中量流出・火災(113) 仕切堤内流出・火災(52) 防油堤内流出・火災(77) | I～V |
| | タンク火災 | タンク小火災(179) タンク全面火災(16) | IV～V | リング小火災(192) リング火災(84) タンク全面火災(157) | II～V |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(3) 中量流出・拡散(3) 仕切堤内流出・拡散(3) 防油堤内流出・拡散(2) | I～II | 防油堤内流出・拡散(1) | I |
| ガスタンク | 爆発 | 小量流出・爆発火災(166) | II～V | 中量流出・爆発火災(100) | I～IV |
| | フラッシュ火災 | 中量流出・爆発火災(5) | II～V | 大量流出・爆発火災(103) 全量流出・爆発火災(18) | I～IV |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(16) | I | 中量流出・拡散(15) 大量流出・拡散(15) 全量(長時間)流出・拡散(7) | I |
| 毒性液体タンク | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(8) 中量流出・拡散(8) | IV～V | 大量流出・拡散(8) 全量流出・拡散(8) | IV |
| 製造施設 | 流出火災 | 小量流出・火災(85) ユニット内全量流出・火災(85) 大量流出・火災(85) | III～V | | |
| | 爆発 | 小量流出・爆発火災(62) | I～V | | |
| | フラッシュ火災 | ユニット内全量流出・爆発火災(62) 大量流出・爆発火災(62) | I～V | | |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(7) ユニット内全量流出・拡散(7) 大量流出・拡散(7) | I | | |
| 海上入出荷施設 | 流出火災 | 小量流出・火災(166) 大量流出・火災(53) | IV～V | 大量流出・火災(113) | IV～V |
| | 爆発 | 小量流出・爆発火災(21) | II～IV | 大量流出・爆発火災(21) | I～III |
| | フラッシュ火災 | | III～IV | | I～III |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(1) | I | 大量流出・拡散(1) | I |
| パイプライン | 流出火災 | 小量流出・火災(26) | V | 小量流出・火災(8) 中量流出・火災(11) | IV～V |
| | 爆発 | 小量流出・爆発火災(8) | II～IV | | |
| | フラッシュ火災 | | II～IV | | |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(1) | I | 中量流出・拡散(1) | I |

注1) 災害事象の括弧内の数値は、第1段階では災害発生危険度がAA・A・Bレベルと評価された合計施設数、第2段階では災害発生危険度がCレベルと評価された施設数である。

注2) 影響度の凡例は表4.4.1のとおり。

4.4.2. リスクマトリックス

個々の災害事象のリスクマトリックスを以下に示す。なお、表中の数値は施設数である。

(1) 危険物タンク（稼働中のタンクのみ）

<流出火災>

DE1: 小量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|-----|-----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | 235 | 136 | 371 |
| 計 | | | | 235 | 136 | 371 |

DE2: 中量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | 97 | 95 | 30 | 15 | 237 |
| V | | 39 | 18 | 57 | 20 | 134 |
| 計 | | 136 | 113 | 87 | 35 | 371 |

DE3: 仕切堤内流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | | | 2 | | | 2 |
| II | | 22 | 19 | | | 41 |
| III | | 64 | 26 | | | 90 |
| IV | | 36 | 5 | | | 41 |
| V | | | | | | |
| 計 | | 122 | 52 | | | 174 |

DE4: 防油堤内流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | 17 | 44 | 22 | | | 83 |
| II | 33 | 64 | 39 | | | 136 |
| III | 27 | 81 | 16 | | | 124 |
| IV | 19 | 9 | | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 96 | 198 | 77 | | | 371 |

DE5: 防油堤内流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | 371 | | | | | 371 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 371 | | | | | 371 |

<タンク火災>

DE6: タンク小火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|-----|-----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | 1 | 31 | | 32 |
| V | | | 191 | 132 | 16 | 339 |
| 計 | | | 192 | 163 | 16 | 371 |

DE7: リング火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | 2 | 39 | | | 41 |
| IV | | 5 | 39 | | | 44 |
| V | | | 6 | | | 6 |
| 計 | | 7 | 84 | | | 91 |

DE8: タンク全面火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | 4 | 30 | | | 34 |
| III | | 42 | 17 | | | 59 |
| IV | | 141 | 99 | 14 | | 254 |
| V | | 11 | 11 | 2 | | 24 |
| 計 | | 198 | 157 | 16 | | 371 |

DE9: タンク全面・防油堤火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | 83 | | | | | 83 |
| II | 135 | 1 | | | | 136 |
| III | 124 | | | | | 124 |
| IV | 28 | | | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 370 | 1 | | | | 371 |

<毒性ガス拡散>

DE10: 小量流出・拡散

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

DE11: 中量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | 1 | 2 | 3 |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | 1 | 2 | 3 |

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 | | | 1 | 2 | | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 1 | 2 | | 3 |

DE14: 防油堤外流出・拡散

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

(2) ガスタンク

<爆発>

DE1: 小量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | 1 | 2 | | 18 | 82 | 103 |
| IV | | | | 39 | 26 | 65 |
| V | | | | | 1 | 1 |
| 計 | 1 | 2 | | 57 | 109 | 169 |

DE2: 中量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | | 16 | | | 16 |
| II | 2 | 14 | 37 | | 3 | 56 |
| III | 2 | 24 | 46 | 2 | | 74 |
| IV | 1 | 21 | 1 | | | 23 |
| V | | | | | | |
| 計 | 5 | 59 | 100 | 2 | 3 | 169 |

DE3: 大量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | 1 | 22 | | | 23 |
| II | 9 | 17 | 57 | | | 83 |
| III | 2 | 37 | 24 | | | 63 |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 11 | 55 | 103 | | | 169 |

DE4: 全量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | | 23 | | | | 23 |
| II | 16 | 61 | 6 | | | 83 |
| III | 18 | 33 | 12 | | | 63 |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 34 | 117 | 18 | | | 169 |

<フラッシュ火災>

DE1: 小量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | 10 | 60 | 70 |
| IV | 1 | | | 45 | 48 | 94 |
| V | | 2 | | 2 | 1 | 5 |
| 計 | 1 | 2 | | 57 | 109 | 169 |

DE2: 中量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | 1 | 25 | | | 26 |
| II | | 18 | 31 | | 3 | 52 |
| III | 4 | 18 | 41 | | | 63 |
| IV | 1 | 22 | 3 | 2 | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 5 | 59 | 100 | 2 | 3 | 169 |

DE3: 大量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | 1 | 25 | | | 26 |
| II | 1 | 17 | 34 | | | 52 |
| III | 8 | 14 | 41 | | | 63 |
| IV | 2 | 23 | 3 | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 11 | 55 | 103 | | | 169 |

DE4: 全量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | | 26 | | | | 26 |
| II | 11 | 37 | 4 | | | 52 |
| III | 14 | 38 | 11 | | | 63 |
| IV | 9 | 16 | 3 | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 34 | 117 | 18 | | | 169 |

<毒性ガス拡散>

DE5：小量流出・拡散

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

DE6：中量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | 1 | 15 | | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | 1 | 15 | | | 16 |

DE7：大量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | 1 | | 15 | | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 1 | | 15 | | | 16 |

DE8：全量流出（長時間）・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | 1 | 8 | 7 | | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 1 | 8 | 7 | | | 16 |

(3) 毒性液体タンク

<毒性ガス拡散>

DE1：小量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | 8 | | 8 |
| 計 | | | | 8 | | 8 |

DE2：中量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | 6 | | 6 |
| V | | | | 2 | | 2 |
| 計 | | | | 8 | | 8 |

DE3：大量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | 8 | | | 8 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 8 | | | 8 |

DE4：全量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | 8 | | | 8 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 8 | | | 8 |

(4) プラント（稼働中の施設のみ）

(4-1) 製造施設

<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 | | | | | | 72 | 72 |
| 計 | | | | | | 78 | 78 |

DE2：ユニット内全量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | 3 | 3 |
| IV | | | | | | 41 | 41 |
| V | | | | | | 34 | 34 |
| 計 | | | | | | 78 | 78 |

DE3：大量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | 5 | | | 5 |
| IV | | | | 42 | | | 42 |
| V | | | | 31 | | | 31 |
| 計 | | | | 78 | | | 78 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | 12 | 12 |
| III | | | | | | 27 | 27 |
| IV | | | | | | 17 | 17 |
| V | | | | | | 1 | 1 |
| 計 | | | | | | 57 | 57 |

DE5：ユニット内全量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | | | | 35 | 35 |
| II | | | | | | 19 | 19 |
| III | | | | | | 2 | 2 |
| IV | | | | | | 1 | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | | 57 | 57 |

DE6：大量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | | 35 | | | 35 |
| II | | | | 19 | | | 19 |
| III | | | | 2 | | | 2 |
| IV | | | | 1 | | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 57 | | | 57 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | 1 | 1 |
| III | | | | | | 22 | 22 |
| IV | | | | | | 24 | 24 |
| V | | | | | | 10 | 10 |
| 計 | | | | | | 57 | 57 |

DE5：ユニット内全量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | 15 | 15 |
| II | | | | | | 15 | 15 |
| III | | | | | | 19 | 19 |
| IV | | | | | | 6 | 6 |
| V | | | | | | 2 | 2 |
| 計 | | | | | | 57 | 57 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | 15 | | | 15 |
| II | | | | 15 | | | 15 |
| III | | | | 19 | | | 19 |
| IV | | | | 6 | | | 6 |
| V | | | | 2 | | | 2 |
| 計 | | | | 57 | | | 57 |

<毒性ガス拡散>

DE7：小量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | 7 | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | | 7 | 7 |

DE8：ユニット内全量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | 7 | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | | 7 | 7 |

DE9：大量流出・拡散

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | 7 | | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 7 | | | 7 |

(4-2) 発電施設

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | 7 | 7 |
| 計 | | | | | | 7 | 7 |

DE2：ユニット内全量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | 1 | 1 |
| V | | | | | | 6 | 6 |
| 計 | | | | | | 7 | 7 |

DE3：大量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | 1 | | | 1 |
| V | | | | 6 | | | 6 |
| 計 | | | | 7 | | | 7 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | 5 | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | | 5 | 5 |

DE5：ユニット内全量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | 1 | 1 |
| IV | | | | | | 4 | 4 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | | 5 | 5 |

DE6：大量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | 1 | | | 1 |
| IV | | | | 4 | | | 4 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 5 | | | 5 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | 2 | 2 |
| V | | | | | | 3 | 3 |
| 計 | | | | | | 5 | 5 |

DE5：ユニット内全量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | 2 | 2 |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | 1 | 1 |
| V | | | | | | 2 | 2 |
| 計 | | | | | | 5 | 5 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | 2 | | | 2 |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | 1 | | | 1 |
| V | | | | 2 | | | 2 |
| 計 | | | | 5 | | | 5 |

(5) 海上入出荷施設（稼働中の施設のみ）

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|-----|------|-----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | 113 | 53 | 166 |
| 計 | | | | | 113 | 53 | 166 |

DE2：大量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|------|-----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | 103 | 52 | | | 155 |
| V | | | 10 | 1 | | | 11 |
| 計 | | | 113 | 53 | | | 166 |

<爆発>

DE3：小量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | 1 | | 1 |
| III | | | | | 19 | | 19 |
| IV | | | | | 1 | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 21 | | 21 |

DE4：大量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | 9 | | | | 9 |
| II | | | 11 | | | | 11 |
| III | | | 1 | | | | 1 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 21 | | | | 21 |

<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 | | | | | 16 | | 16 |
| IV | | | | | 5 | | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 21 | | 21 |

DE4：大量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | 2 | | | | 2 |
| II | | | 18 | | | | 18 |
| III | | | 1 | | | | 1 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 21 | | | | 21 |

<毒性ガス拡散>

DE5：小量流出・拡散

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

DE6：大量流出・拡散

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

(6) パイプライン

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | 8 | 15 | 11 | | 34 |
| 計 | | | 8 | 15 | 11 | | 34 |

DE2：中量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 7 | 7 | 5 | | | | 19 |
| V | 1 | 8 | 6 | | | | 15 |
| 計 | 8 | 15 | 11 | | | | 34 |

DE3：大量流出・火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 19 | | | | | | 19 |
| V | 15 | | | | | | 15 |
| 計 | 34 | | | | | | 34 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | 1 | | | 1 |
| III | | | | 4 | | | 4 |
| IV | | | | 3 | | | 3 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 8 | | | 8 |

DE5：中量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|---|
| I | | | | | | | |
| II | | 3 | | | | | 3 |
| III | | 5 | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 8 | | | | | 8 |

DE6：大量流出・爆発

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | 5 | | | | | | 5 |
| III | 2 | | | | | | 2 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | 1 | | | 1 |
| III | | | | 2 | | | 2 |
| IV | | | | 5 | | | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 8 | | | 8 |

DE5：中量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|---|
| I | | | | | | | |
| II | | 3 | | | | | 3 |
| III | | 5 | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 8 | | | | | 8 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | En | Dn | Cn | Bn | An | AAAn | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|------|---|
| I | | | | | | | |
| II | 3 | | | | | | 3 |
| III | 5 | | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

< 毒性ガス拡散 >

DE7 : 小量流出・拡散

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

DE8 : 中量流出・拡散

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

DE9 : 大量流出・拡散

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

4.5. (参考) 災害事象の発生件数の期待値

各施設における災害事象の発生確率を四日市臨海地区内の全施設について合計することで、特別防災区域内で1年間に概ね何件の災害が生じるかの期待値を得ることができる。

ただし、このような期待値については、以下のような理由で参考としての値となる。

- ・ 発生確率の評価については「2.3 評価のレベル (評価の細かさ)」に記載した通り、行政が行うべき防災対策の重点事項を洗い出すための基礎的な評価であり、1年間に何件の災害が生じるかといった絶対的な指標ととしてではなく、想定される災害のうちどの災害が他のものより発生しやすいかといった相対的な指標として解釈すべきもの^aである。
- ・ 平常時の事故の発生確率を求めるためにイベントツリー解析を行ったため、設定したイベントツリーで想定されていないような災害は件数に含まれない。
- ・ 個々の施設に対する評価を独立に行ったため、他施設の災害によって誘発される複合災害(防油堤内火災による他タンクへの延焼、可燃性ガスの爆発による近隣施設の損壊等)の影響は件数に含まれない。

危険物タンク

(災害発生件数/年)

| 災害事象 | 災害件数 |
|---------------------|-------------|
| DE1 小量流出・火災 | 0.013 |
| DE2 中量流出・火災 | 0.0049 |
| DE3 仕切堤内流出・火災 | 0.00021 |
| DE4 防油堤内流出・火災 | 0.00016 |
| DE5 防油堤外流出・火災 | 0.000000024 |
| DE6 タンク小火災 | 0.0026 |
| DE7 リング火災(浮き屋根式タンク) | 0.00040 |
| DE8 タンク全面火災 | 0.00035 |
| DE9 タンク全面・防油堤火災 | 0.00000090 |
| DE10 小量流出・拡散 | 0.0026 |
| DE11 中量流出・拡散 | 0.0019 |
| DE12 仕切堤内流出・拡散 | 0.000062 |
| DE13 防油堤内流出・拡散 | 0.000059 |
| DE14 防油堤外流出・拡散 | 0.000000009 |

^a 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(総務省消防庁、平成25年3月)「2.4 評価にあたっての留意点」

ガスタンク

(災害発生件数/年)

| 災害事象 | | 災害件数 |
|------|-----------|----------|
| DE1 | 小量流出・爆発火災 | 0.0074 |
| DE2 | 中量流出・爆発火災 | 0.00047 |
| DE3 | 大量流出・爆発火災 | 0.00023 |
| DE4 | 全量流出・爆発火災 | 0.000056 |
| DE5 | 小量流出・拡散 | 0.0015 |
| DE6 | 中量流出・拡散 | 0.000089 |
| DE7 | 大量流出・拡散 | 0.000081 |
| DE8 | 全量流出・拡散 | 0.000027 |

毒性液体タンク

(災害発生件数/年)

| 災害事象 | | 災害件数 |
|------|---------|----------|
| DE1 | 小量流出・拡散 | 0.00036 |
| DE2 | 中量流出・拡散 | 0.00036 |
| DE3 | 大量流出・拡散 | 0.000030 |
| DE4 | 全量流出・拡散 | 0.000015 |

プラント(製造施設等)

(災害発生件数/年)

| 災害事象 | | 災害件数 |
|------|----------------|----------|
| DE1 | 小量流出・火災 | 0.88 |
| DE2 | ユニット内全量流出・火災 | 0.16 |
| DE3 | 大量流出・火災 | 0.0046 |
| DE4 | 小量流出・爆発火災 | 0.88 |
| DE5 | ユニット内全量流出・爆発火災 | 0.16 |
| DE6 | 大量流出・爆発火災 | 0.0046 |
| DE7 | 小量流出・拡散 | 0.012 |
| DE8 | ユニット内全量流出・拡散 | 0.0023 |
| DE9 | 大量流出・拡散 | 0.000064 |

プラント(発電施設)

(災害発生件数/年)

| 災害事象 | | 災害件数 |
|------|----------------|---------|
| DE1 | 小量流出・火災 | 0.057 |
| DE2 | ユニット内全量流出・火災 | 0.011 |
| DE3 | 大量流出・火災 | 0.00029 |
| DE4 | 小量流出・爆発火災 | 0.040 |
| DE5 | ユニット内全量流出・爆発火災 | 0.0075 |
| DE6 | 大量流出・爆発火災 | 0.00021 |

海上入出荷施設

(災害発生件数/年)

| 災害事象 | | 災害件数 |
|------|-----------|----------|
| DE1 | 小量流出・火災 | 0.043 |
| DE2 | 大量流出・火災 | 0.00043 |
| DE3 | 小量流出・爆発火災 | 0.029 |
| DE4 | 大量流出・爆発火災 | 0.00029 |
| DE5 | 小量流出・拡散 | 0.0050 |
| DE6 | 大量流出・拡散 | 0.000050 |

パイプライン

(災害発生件数/年)

| 災害事象 | | 災害件数 |
|------|-----------|------------|
| DE1 | 小量流出・火災 | 0.0017 |
| DE2 | 中量流出・火災 | 0.000017 |
| DE3 | 大量流出・火災 | 0.00000024 |
| DE4 | 小量流出・爆発火災 | 0.0024 |
| DE5 | 中量流出・爆発火災 | 0.000024 |
| DE6 | 大量流出・爆発火災 | 0.00000024 |
| DE7 | 小量流出・拡散 | 0.0017 |
| DE8 | 中量流出・拡散 | 0.000017 |
| DE9 | 大量流出・拡散 | 0.00000017 |

5. 短周期地震動による被害を対象とした評価

本章では、消防庁指針に記載されている手法を用いて、短周期地震動による被害を対象とした評価を実施した。

具体的には、各対象施設について、短周期地震動による被害の発生危険度（発生確率）及び影響度（影響距離）を計算し、その結果を基に、総合的な災害危険性評価（リスクマトリックスによる評価）を行った。

5.1. 前提となる地震の想定

5.1.1. 地震被害想定調査における地震の想定

防災アセスメント調査における地震時の評価にあたっては、はじめに前提となる地震動の強さや液状化危険度を想定する必要がある。

本県では、国が実施した南海トラフ巨大地震の被害想定を踏まえ、南海トラフ地震被害想定の方針に取り組み、地震・津波対策をハード・ソフト両面から進めるうえでの基本となる「過去最大クラス」、津波避難対策の基本となる「理論上最大クラス」、時間差発生に伴う影響の評価を行う「半割れケース」及び「一部割れケース」の想定^aを行っている。また、陸域の活断層を震源とする地震については、養老-桑名-四日市断層帯、布引山地東縁断層帯（東部）、頓宮断層を対象とした想定^bを行っている。

想定の対象とした2つのレベルの地震・津波の考え方と想定地震の一覧を表 5.1.1 及び表 5.1.2 にそれぞれ示す。また、それぞれの震度分布を図 5.1.1 に示す。

表 5.1.1 三重県地震被害想定（南海トラフ地震）が対象とした地震

| 区分 | 内容 |
|----------|---|
| 過去最大クラス | 過去概ね100年から150年間隔でこの地域を襲い、揺れと津波により本県に甚大な被害をもたらしてきた、歴史的にこの地域で起こり得ることが実証されている、三重県の地震・津波対策をハード・ソフト両面から進めるうえでの基本となる想定地震。 |
| 理論上最大クラス | 内閣府が設置する「南海トラフ巨大地震モデル・被害想定手法検討会」津波避難対策の基本となる想定地震で議論されている、あらゆる可能性を科学的見地から考慮し、発生する確率は極めて低いものの理論上は起こり得るとされる津波避難対策の基本となる最大クラスの想定地震。 |
| 半割れケース | 「過去最大クラスのモデル」及び「理論上最大クラスのモデル」を潮岬沖で分割した、時間差発生に伴う被害増加や社会の混乱や臨時情報等を受けた対策が被害軽減につながる可能性の評価を行う想定地震。 |
| 一部割れケース | M7クラスの地震の後にM9クラスの最大地震が生じる、半割れケースと同様時間差発生に伴う評価を行う想定地震。 |

^a 令和6年度から実施している三重県南海トラフ地震被害想定調査，三重県

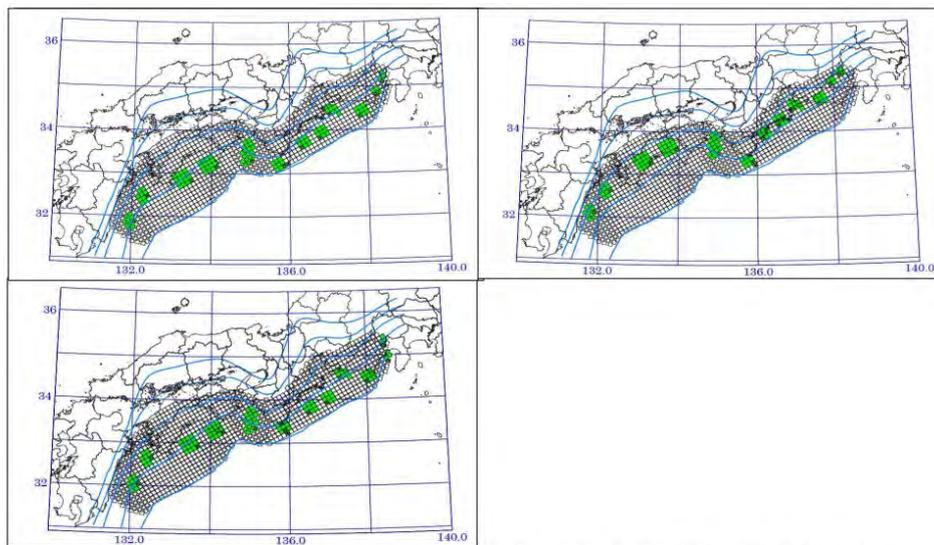
^b 三重県地震被害想定調査の概要，三重県，平成26年3月31日

表 5.1.2 三重県地震被害想定の対象とした地震^{a,b}

| 想定地震名 | | 発生確率 | 震源断層の概要 ^{出典} |
|----------------|----------------|---|---|
| 南海トラフ地震 | 過去最大クラス | 30年以内に60%~90%程度以上(発生履歴と隆起量データに基づく確率) 30年以内に20%~50%(発生履歴に基づく確率) | 過去の南海トラフ地震における県内の震度分布を概ね再現すると考えられる強震断層モデル ^a |
| | 理論上最大クラス | 最大クラスの地震の発生頻度は100~200年間隔の大地震と比べて一桁以上低い | 内閣府(2012)のモデル(Mw9.0) ^a 陸側ケース |
| | 半割れケース、一部割れケース | 南海トラフ沿いにおける「半割れケース」を含む大規模地震の発生頻度は100~150年程度に一度 | 理論上最大クラスの断層が時間差において部分的に破壊 |
| 陸域の活断層を震源とする地震 | 養老-桑名-四日市断層帯 | 30年以内にほぼ0%~0.8% | 岐阜県垂井町から三重県桑名市を経て四日市市まで延びる長さ約60kmの断層帯 ^b |
| | 布引山地東縁断層帯(東部) | 30年以内に0.001% | 三重県鈴鹿市から、津市、松阪市などを経て多気町に至る長さ約48kmの西側隆起の逆断層 ^b |
| | 頓宮断層 | 30年以内に1%以下 | 滋賀県南部から三重県西部に分布する長さ約31kmの東側隆起の逆断層 ^b |

注1) 発生確率については地震調査研究推進本部による「活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧(2025年1月1日での算定)」、「南海トラフの地震活動の長期評価(第二版一部改訂)について(令和7年9月26日公表)」に基づく評価を示す。

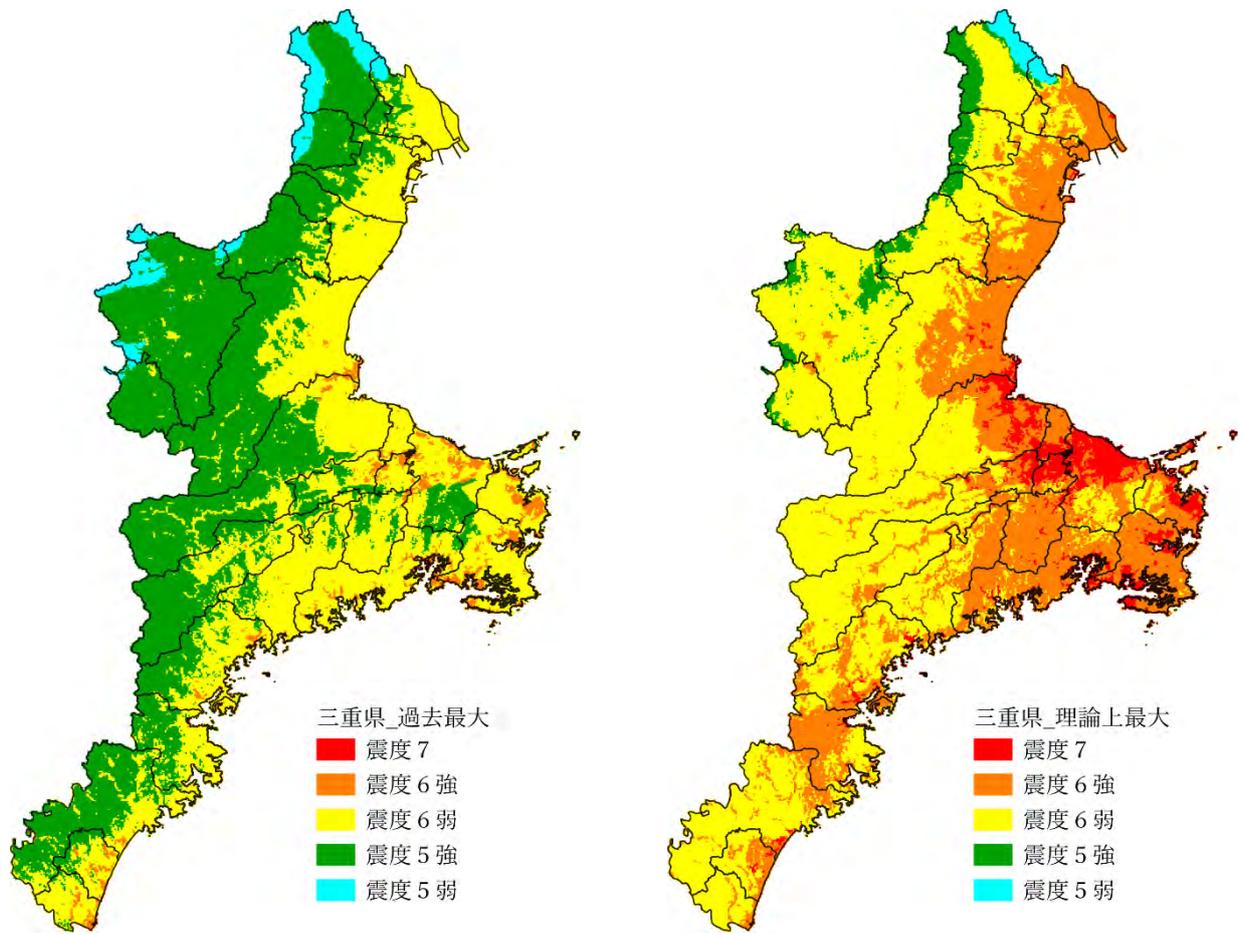
注2) 内閣府(2012)の強震断層モデルのケースは下図のとおり。



図Ⅱ-1.2 内閣府(2012)の南海トラフ巨大地震の強震断層モデル(左上:基本ケース、右上:陸側ケース、左下:東側ケース)
緑色の部分が強震動生成域

^a 令和6年度から実施している三重県南海トラフ地震被害想定調査, 三重県

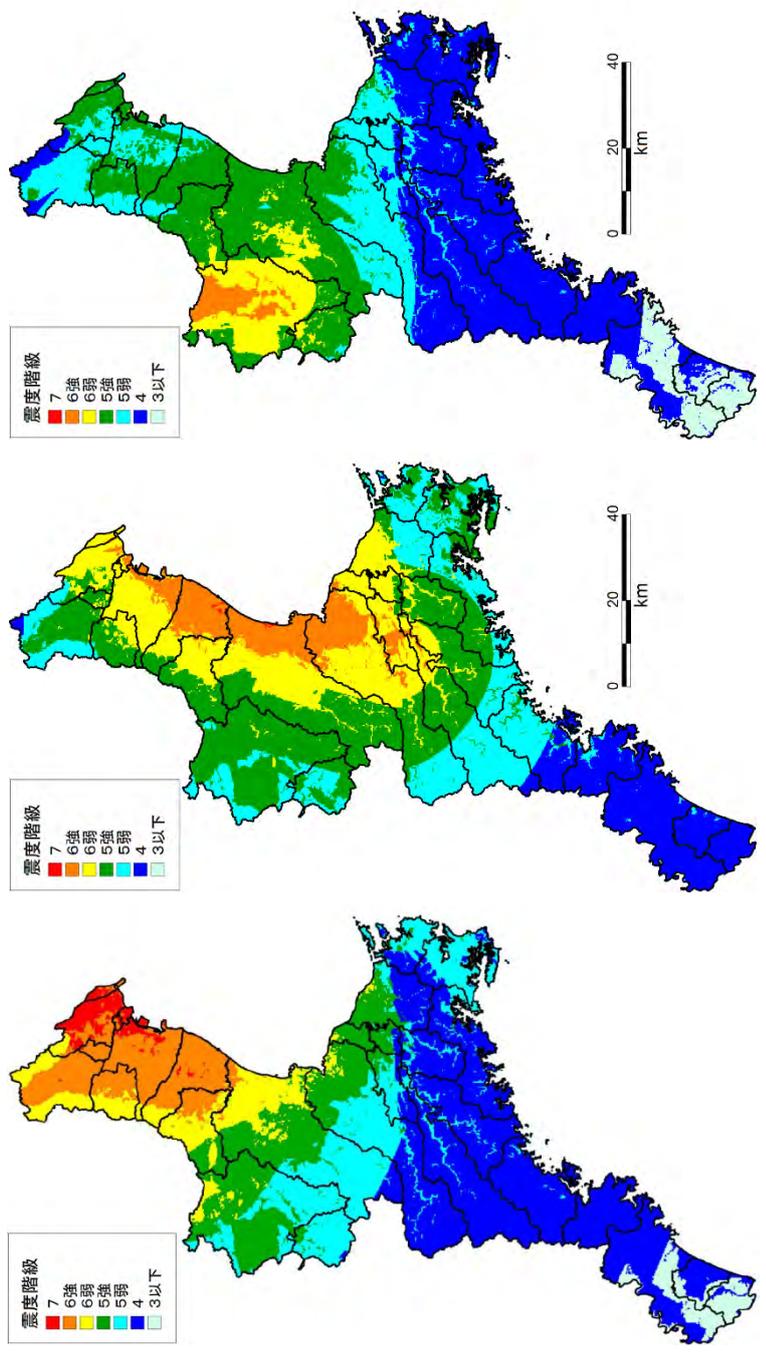
^b 活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧(2025年1月1日での算定), 地震本部, 令和7年1月15日



南海トラフ巨大地震（過去最大クラス）

南海トラフ巨大地震（理論上最大クラス）

図 5.1.1(1) 三重県地震被害想定の対象とした地震の震度分布
(南海トラフ地震)



頓宮断層

布引山地東縁断層帯 (東部)

養老-桑名-四日市断層地震

図 5.1.1(2) 三重県地震被害想定の対象とした地震の震度分布
 (陸域の活断層を震源とする地震)

5.1.2. 防災アセスメント調査における地震の想定

三重県地震被害想定では半割れケース及び一部割れケースで時間差発生が引き起こす被害の様相について検討が行われ、防災アセスメント調査においても同様に複数の地震が発生することによる損傷の蓄積を評価することが望ましいが、特にコンビナート施設に対しては一般的な手法が確立されているとは言えず、全ての施設に対して累積的な損傷の評価を行うことは難しい。

そのため、防災アセスメント調査においては、5.1.1に示した三重県地震被害想定の対象とした地震のそれぞれにおいて、本県の特別防災区域（四日市臨海地区）において最大の影響を及ぼすおそれのある地震（評価対象施設における計測震度が最大となる地震）として、以下に示す地震を選定し、前震や余震を考慮せず本震のみを対象として評価を行った。

○南海トラフ地震

- ・過去最大クラス（以下、L1地震）
- ・理論上最大クラス（以下、L2地震）

○陸域の活断層を震源とする地震

- ・養老-桑名-四日市断層地震（以下、陸域断層地震）

上記3地震の四日市臨海地区における震度分布及び液状化危険度分布を図5.1.2に示す。L1地震では、震度は概ね6弱で最大6強、液状化危険度は概ね大（ $PL^a > 15$ ）となっている。L2地震では、震度は6強から7、液状化危険度は概ね大（ $PL > 15$ ）となっている。陸域断層地震では、震度は6強から7、液状化危険度は概ね大（ $PL > 15$ ）となっている。

なお、本アセスメント調査で用いる地震動等のデータは4分の1地域メッシュ（約250m四方）ごとに計算されたものだが、実際の地震動はより小さい範囲内で差が生じる場合があることに注意が必要である。

^a PL値は地下20mまでの地盤の強度と地震の揺れの大きさから求められる液状化可能性指数。
 $PL > 15$ で液状化の可能性が大、 $5 < PL \leq 15$ で液状化の可能性が中と評価される。

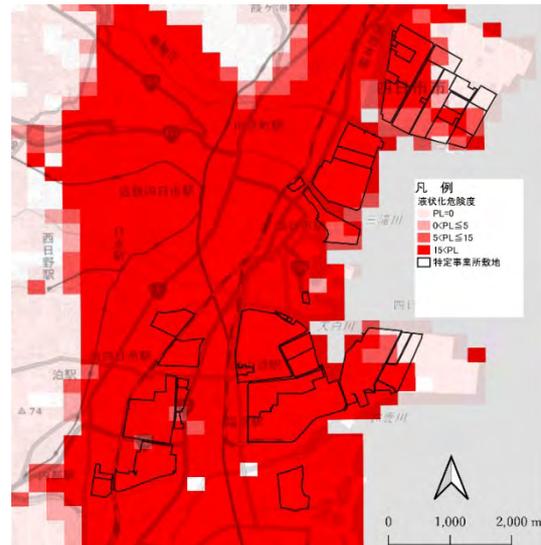
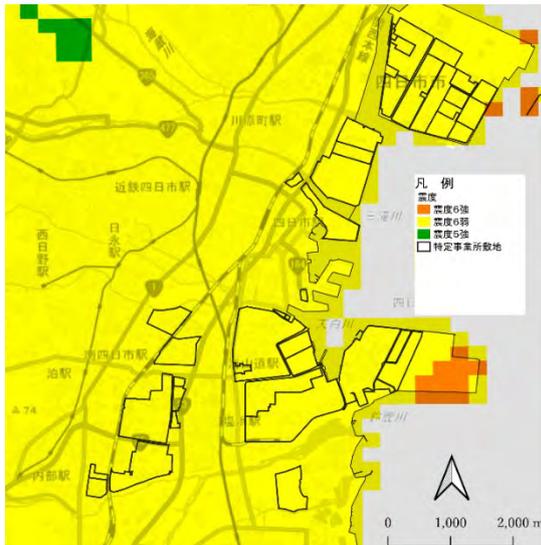


図 5.1.2(1) 【L1】南海トラフ地震（過去最大クラス）の震度分布・液状化危険度分布

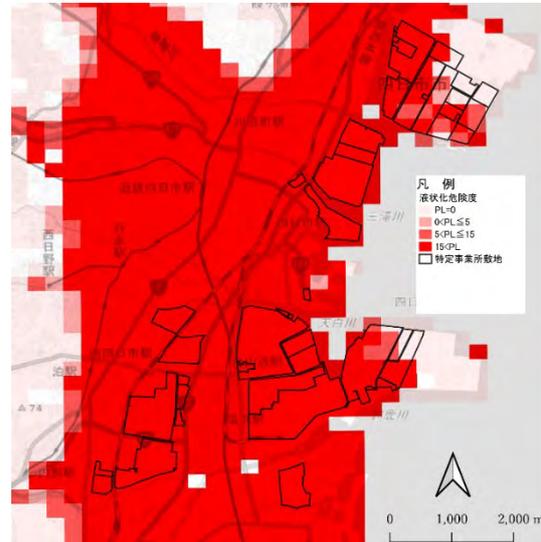
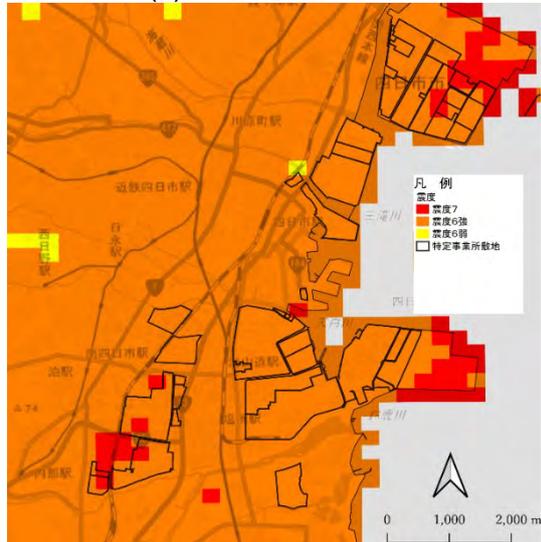


図 5.1.2(2) 【L2】南海トラフ地震（理論上最大クラス）の震度分布・液状化危険度分布

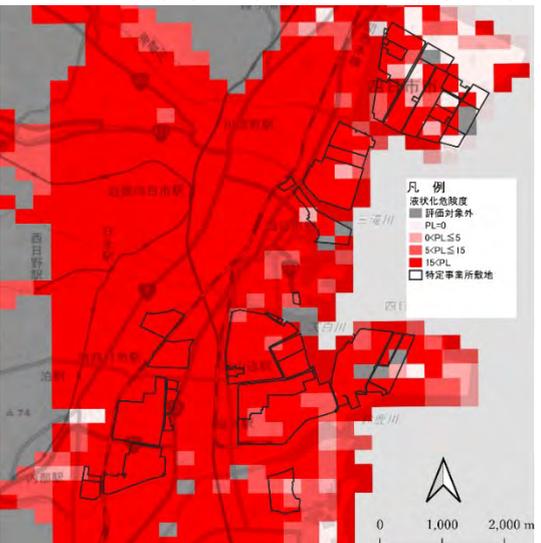
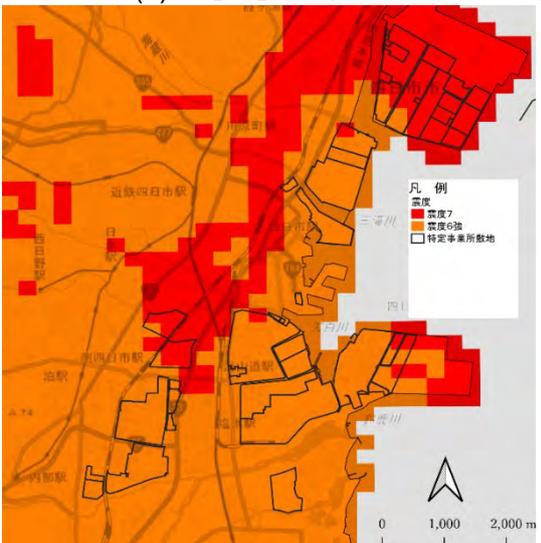


図 5.1.2(3) 【陸域断層】養老-桑名-四日市断層地震の震度分布・液状化危険度分布

地理院地図（淡色地図）に震度分布及び液状化危険度分布を追記して掲載

5.2. 災害の拡大シナリオの展開

地震時の短周期地震動による災害の発生・拡大シナリオは、初期事象の発生要因は異なるものの、発生後の拡大の様相（シナリオ）は、平常時と同じと考えられる。

ただし、危険物タンクの「浮き屋根シール部での出火（浮き屋根式）」と「タンク屋根での出火（固定式屋根式）」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、「6. 長周期地震動による被害を対象とした評価」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、昭和 39 年の新潟地震、平成 15 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^a。

5.3. 災害の発生危険度（確率）の推定

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、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、地震動の強さに応じた施設被害率（フラジリティ曲線）を仮定し、これを基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得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、想定地震毎に表 5.3.2 に示す区分でランク付けし、これを基に評価を行った。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であり、安全水準については、地震の発生確率と地震時の被災確率を掛け合わ

^a 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

せることにより、平常時と同じ 10^{-6} / (年・施設) となるようなレベルを想定するとされている (下式)。

$$\text{地震の発生頻度 (/年)} \times \text{地震時の被災確率 (/施設)} = 10^{-6} \text{ (/年・施設)} \text{ (平常時の安全水準)}$$

⇒上式が成立するように、地震の 30 年以内発生確率、発生頻度及び安全水準における地震時の被災確率の関係を以下のように定める。

表 5.3.1 地震の 30 年以内発生確率と安全水準の関係

| 30 年以内 発生確率 (%) | 発生頻度 (/年) | 安全水準における 被災確率 (/施設) | 該当する想定地震 |
|--------------------|--------------|------------------------|----------|
| 80%以上 | 10^{-1} | 10^{-5} | L1 地震 |
| 20%以上 80%未満 | 10^{-2} | 10^{-4} | - |
| 2%以上 20%未満 | 10^{-3} | 10^{-3} | L2 地震 |
| 2%未満 | 10^{-4} | 10^{-2} | 陸域断層地震 |

○ 【L1】 南海トラフ地震 (過去最大クラス)

南海トラフ全域で発生する M8~M9 クラスの地震の発生確率は、隆起量データと地震発生履歴を用いた分析で今後 30 年間に 60~90%程度以上、地震発生履歴を用いた分析で 20~50%という 2つの結果が示されている。同時に、確率の具体的な値を示す必要があるときにおいては「疑わしいときは行動せよ」等の考え方に基づいて「60~90%程度以上」を念頭に対応することが望ましいとされていることから、本アセスメントにおいては最も発生確率が高い 90%の値を採用し、1 年あたりの発生頻度は 7.4×10^{-2} /年^a (10^{-1} /年程度) となり、これを基に地震時の被災確率が概ね 10^{-5} (/施設)程度以上の災害を想定することとした。すなわち、地震時の被災確率が概ね 10^{-5} (/施設)程度 (C レベル) を安全水準における災害発生危険度とした。

○ 【L2】 南海トラフ地震 (理論上最大クラス)

最大クラスの地震の発生頻度は 100~200 年間隔の大地震と比べて一桁以上低いと考えられていることから、1 年あたりの発生頻度は 10^{-3} /年程度となり、これを基に地震時の被災確率が概ね 10^{-3} (/施設)程度以上の災害を想定することとした。すなわち、地震時の被災確率が概ね 10^{-3} (/施設)程度 (C レベル) を安全水準における災害発生危険度とした。

○ 【陸域断層】 養老-桑名-四日市断層地震

30 年以内の発生確率がほぼ 0%~0.8%とされていることから、1 年あたりの発生頻度は 10^{-4} /年程度となり、これをもとに地震時の被災確率が概ね 10^{-2} (/施設)程度以上の

^a 消防庁指針 p. 60 の対応表 (30 年間発生確率 90%の場合) より。

災害を想定することとした。すなわち、地震時の被災確率が概ね 10^{-2} (/施設) 程度 (C レベル) を安全水準における災害発生危険度とした。

表 5.3.2(1) 地震時の災害発生危険度区分
 (【L1】南海トラフ地震 (過去最大クラス))

| 区分 | 地震時の被災確率 (/施設) |
|------------------|---|
| AAe ₁ | 10^{-2} 程度 (5×10^{-3} 以上) |
| Ae ₁ | 10^{-3} 程度 (5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満) |
| Be ₁ | 10^{-4} 程度 (5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満) |
| Ce ₁ | 10^{-5} 程度 (5×10^{-6} 以上 5×10^{-5} 未満) |
| De ₁ | 10^{-6} 程度 (5×10^{-7} 以上 5×10^{-6} 未満) |
| Ee ₁ | 10^{-7} 程度 (5×10^{-7} 未満) |

注 1) 添字の e₁ は地震時 (L1 地震) を表す。

注 2) Ae₁ は地震が発生した時、1000 施設のうち、1 施設で被害が生じる程度の危険性を表す。

表 5.3.2(2) 地震時の災害発生危険度区分
 (【L2】南海トラフ地震 (理論上最大クラス))

| 区分 | 地震時の被災確率 (/施設) |
|-----------------|---|
| Ae ₂ | 10^{-1} 程度 (5×10^{-2} 以上) |
| Be ₂ | 10^{-2} 程度 (5×10^{-3} 以上 5×10^{-2} 未満) |
| Ce ₂ | 10^{-3} 程度 (5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満) |
| De ₂ | 10^{-4} 程度 (5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満) |
| Ee ₂ | 10^{-5} 程度 (5×10^{-5} 未満) |

注 1) 添字の e₂ は地震時 (L2 地震) を表す。

注 2) Ae₂ は地震が発生した時、10 施設のうち、1 施設で被害が生じる程度の危険性を表す。

表 5.3.2(3) 地震時の災害発生危険度区分
 (【陸域断層】養老-桑名-四日市断層地震)

| 区分 | 地震時の被災確率 (/施設) |
|-----------------|---|
| Ae ₃ | 10^0 程度 (5×10^{-1} 以上) |
| Be ₃ | 10^{-1} 程度 (5×10^{-2} 以上 5×10^{-1} 未満) |
| Ce ₃ | 10^{-2} 程度 (5×10^{-3} 以上 5×10^{-2} 未満) |
| De ₃ | 10^{-3} 程度 (5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満) |
| Ee ₃ | 10^{-4} 程度 (5×10^{-4} 未満) |

注 1) 添字の e₃ は地震時 (陸域断層地震) を表す。

注 2) Ae₃ は地震が発生した時、過半数の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

(1) 初期事象の発生確率

消防庁指針には、東日本大震災の地震動による危険物タンクの被害状況が震度別に整理されているが、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。

一方、図 5.3.1は、阪神・淡路大震災の際に、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^aを基に作成したフラジリティ曲線であり、横軸はタンクの座屈に作用する加速度、縦軸は満液時を想定した場合の座屈の発生率である。なお、これらのフラジリティ曲線は背が高く(H/D>2)、鉛直方向の軸圧縮力が座屈の原因となるタンクを対象とした解析であり、円周方向の引っ張り応力が働く大型のタンクでは座屈のメカニズムが異なることに注意が必要である。

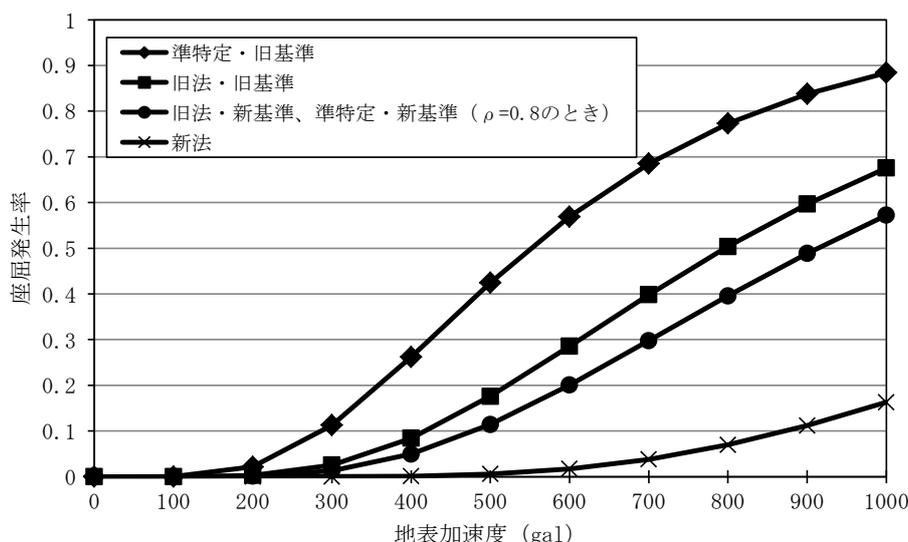


図 5.3.1 危険物タンクの座屈発生率と地表加速度との関係

※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況によって異なる。

図 5.3.1のフラジリティ曲線は、累積対数正規分布と呼ばれ、平均 (μ) と分散 (σ) の2つのパラメータにより決まる曲線である。これらのパラメータは、タンクの技術基準に応じて次の値を取る。

- 準特定・旧基準 : $\mu = 6.31$ 、 $\sigma = 0.5$
- 旧法・旧基準 : $\mu = 6.68$ 、 $\sigma = 0.5$

^a 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

○新法 : $\mu=7.35$ 、 $\sigma=0.45$

以上のフラジリティ曲線は神戸市における当時のタンク技術基準に基づいているため、次のように新法タンクのフラジリティ曲線の補正と、旧法・新基準及び準特定・新基準タンクのフラジリティ曲線の作成がなされている^a。

○新法（補正） : $\mu=7.35+\ln(v_1/1)$ 、 $\sigma=0.45$

○旧法・新基準、準特定・新基準 : $\mu=7.35+\ln(\rho/1 \cdot 1.1/1.5 \cdot v_1/1)$ 、 $\sigma=0.5$

ρ : 貯蔵物の実液比重

v_1 : 地域別補正係数 (=1.0)

なお、四日市臨海地区の場合、地域別補正係数 v_1 は 1 であるため、補正後の新法のフラジリティ曲線は補正前と同じである。また、旧法・新基準、準特定・新基準については、貯蔵物の実液比重 ρ の値によっては、旧法・旧基準タンクの座屈発生率を上回る可能性があることから、旧法・旧基準タンクの座屈発生率を上限とした。

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 (C_r) を掛け、タンク本体からの漏洩の発生確率とした。 C_r は、阪神・淡路大震災の被害状況調査^b を基に算出すると 0.1 程度となるが、事例が少ないことから安全率を見込んで 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。

【タンク本体からの漏洩発生率】

$$R = C_r \cdot f_i(x)$$

C_r : 座屈から漏洩に至る比率

・タンク本体の小破による漏洩 : $C_r=0.2$

・タンク本体の大破による漏洩 : $C_r=0.02$

$f_i(x)$: 図 5.3.1 のフラジリティ曲線

($i=1$: 新法、 $i=2$: 旧法・新基準、準特定・新基準、 $i=3$: 旧法・旧基準、 $i=4$: 準特定・旧基準)

x : 地表加速度 [gal]

地表加速度については、気象庁の計測震度の算出式 (次式) により、各メッシュの計測震度から逆算して用いた。

$$I = 2 \cdot \log(x) + 0.94$$

I : 計測震度

x : 地表加速度 [gal]

^a 平野亜希子，座間信作：石油コンビナートにおける災害想定と防災対策，第 14 回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.2982-2991，2014、および論文著者へのヒアリングに基づく

^b 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

一方、配管については同様のフラジリティ曲線が示されていないことから、図 5.3.1のフラジリティ曲線を適用した。なお、配管についてはタンク本体と破損のメカニズムが異なるが、 C_r をタンク本体と同じと仮定した。また、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 (C_0) を乗じた。ここで、当該地盤の液状化対策が実施されている場合は、液状化係数はやや小さい値とした。

【配管の破損による漏洩発生率】

$$R = C_r \cdot C_0 \cdot f_i(x)$$

C_r : 座屈から漏洩に至る比率

C_0 : 液状化係数 (括弧内は液状化対策が実施されている場合)

・ PL=0 : $C_0=1.0$ (1.0)

・ $0 < PL \leq 5$: $C_0=1.2$ (1.0)

・ $5 < PL \leq 15$: $C_0=1.5$ (1.0)

・ $PL > 15$: $C_0=3.0$ (1.5)

$f_i(x)$: 図 5.3.1のフラジリティ曲線 ※新法タンクでも旧法の曲線を適用

x : 加速度 [gal]

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 5.3.3のようになる。

表 5.3.3 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 | $0.2 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |
| | 準特定・新基準 準特定・旧基準 | $0.2 \cdot f_4(x) \cdot C_0(PL)$ |
| IE2: 配管の大破による漏洩 | 新法 旧法・新基準 | $0.02 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |
| | 準特定・新基準 準特定・旧基準 | $0.02 \cdot f_4(x) \cdot C_0(PL)$ |
| IE3: タンク本体の小破による漏洩 | 新法 | $0.2 \cdot f_1(x)$ |
| | 旧法・新基準 準特定・新基準 | $0.2 \cdot f_2(x)$ |
| | 準特定・旧基準 | $0.2 \cdot f_4(x)$ |
| IE4: タンク本体の大破による漏洩 | 新法 | $0.02 \cdot f_1(x)$ |
| | 旧法・新基準 準特定・新基準 | $0.02 \cdot f_2(x)$ |
| | 準特定・旧基準 | $0.02 \cdot f_4(x)$ |

注) 表中の記号は以下のとおり。

$f_i(x)$: フラジリティ曲線 (i=1:新法、i=2:旧法・新基準、準特定・新基準、i=3:旧法・旧基準、i=4:準特定・旧基準) x : 地表加速度

$C_0(PL)$: 液状化係数 (=1.0、1.2、1.5、3.0) PL : PL値 ※液状化対策考慮

(2) 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 5.3.4 のように設定した。

表 5.3.4 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：緊急遮断措置 | 電気駆動 | 停電時可動 | 1.1×10^{-2} | 2.7×10^{-2} | 5.4×10^{-2} |
| | | 停電時不働 | 9.6×10^{-2} | 4.2×10^{-1} | 1.0 |
| | エア駆動 | 停電時自動閉止 | 6.2×10^{-3} | | |
| | | 停電時可動 | 7.0×10^{-3} | 1.2×10^{-2} | 1.9×10^{-2} |
| | | 停電時不働 | 1.0×10^{-1} | 4.2×10^{-1} | 1.0 |
| 設備なし | | 1.0 | | | |
| B2：バルブ手動 閉止 | 第 1 石油類・アルコール類 | | 5.0×10^{-2} | | |
| | その他の第 4 類 | | 5.0×10^{-3} | | |
| B3：一時的な流出拡大防止措置 | | | 10^{-1} | | |
| B4：緊急移送措置 | 停電時可動 | | 1.1×10^{-1} | 1.3×10^{-1} | 1.5×10^{-1} |
| | 停電時不働 | | 1.8×10^{-1} | 4.8×10^{-1} | 1.0 |
| | 設備なし | | 1.0 | | |
| B5：仕切堤による 漏洩拡大防止 | 特定タンク | | 10^{-2} | | |
| | 準特定タンク | | 10^{-1} | | |
| | 設備なし | | 1.0 | | |
| B6：防油堤による 漏洩拡大防止 | 特定 タンク | 防油堤基準適合 | 10^{-3} | | |
| | | 防油堤基準不適合 | 10^{-3} | 10^{-2} | |
| | 準特定 タンク | 防油堤基準適合 | 10^{-2} | | |
| | | 防油堤基準不適合 | 10^{-2} | 10^{-1} | |
| B7：着火の有無 | 第 1 石油類・アルコール類 | | 10^{-1} | | |
| | その他の第 4 類 | | 10^{-2} | | |

B1：緊急遮断措置

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 FT を図 5.3.2 及び図 5.3.3 に示す。また、エア駆動の遮断設備のうち、停電時に自動閉止するものについては、図 5.3.4 を適用した。FT 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^aを参考に次のように設定した。当該地区の緊急遮断設備には電気駆動とエア駆動等があり、それぞれの失敗確率を適用した。なお、遮断設備がない場合は失敗確率を1とした。

○設備損傷

地震により弁が直接損傷する確率は小さく、空気弁・電動弁ともに震度に依らず 10^{-3} と設定した。

○送電停止

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。

○自家発電停止

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。

○非常用電源の損傷

電気駆動の遮断設備では非常用電源としてディーゼル発電機を想定し、震度に依らず 3.0×10^{-2} と設定した。エア駆動の遮断設備では非常用電源としてバッテリーを想定し、地震による損傷は殆どないと考えられるため、損傷確率は0とした。

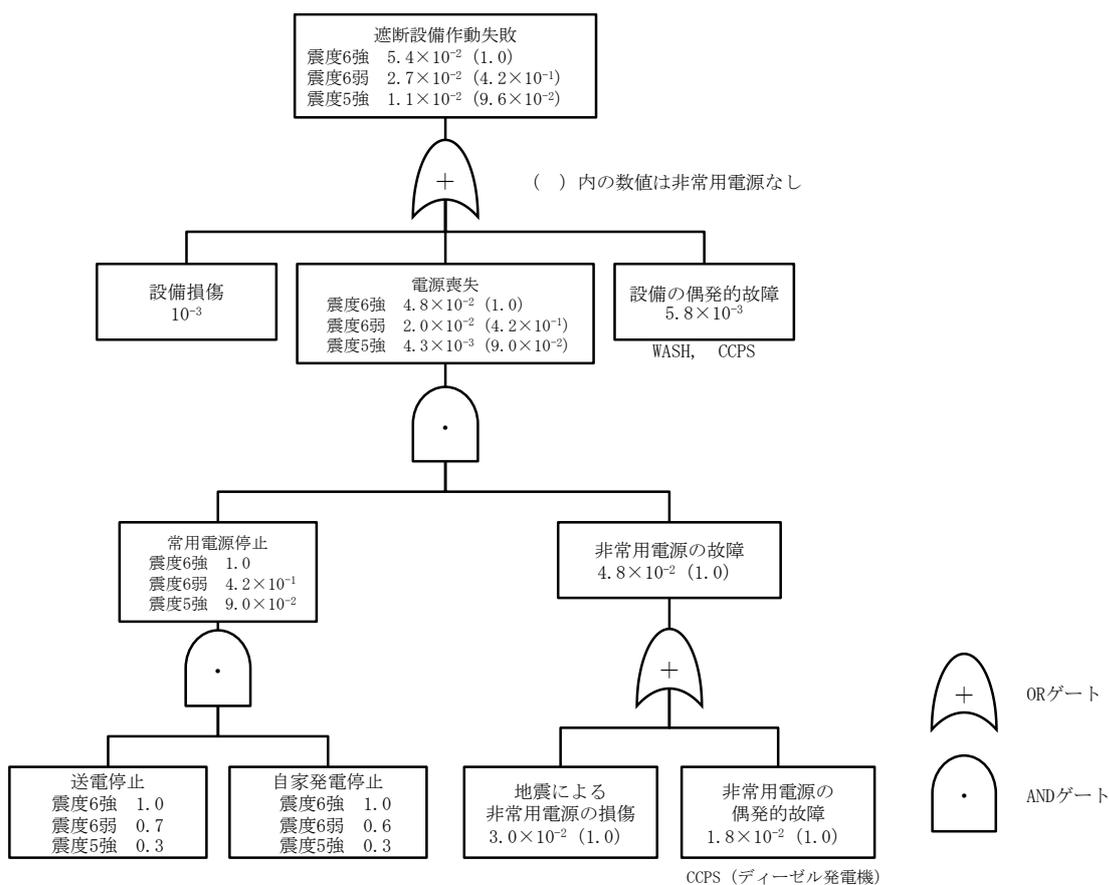


図 5.3.2 遮断設備（電気駆動）の作動失敗に関する FT（地震時）

^a 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

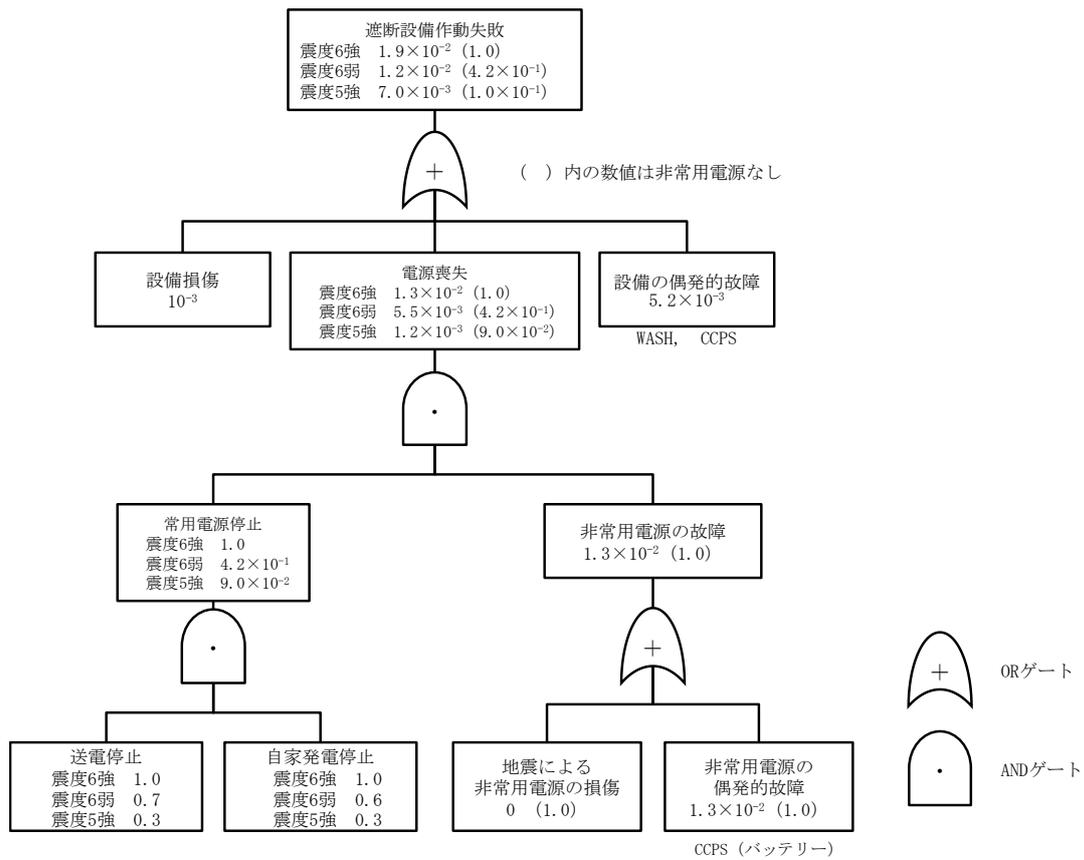


図 5.3.3 遮断設備（エア駆動）の作動失敗に関する FT（地震時）

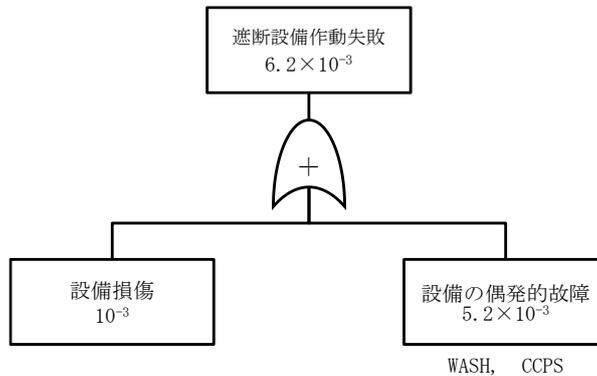


図 5.3.4 遮断設備（エア駆動・停電時自動閉止）の作動失敗に関する FT（地震時）

B2：バルブ手動閉止

地震による活動障害等を考慮して、平常時の失敗確率の5倍とし、第1石油類及びアルコール類で 5.0×10^{-2} 、その他の第4類は 5.0×10^{-3} とした。

B3：一時的な流出拡大防止措置

平常時と同じ値 (10^{-1}) とした。

B4：緊急移送措置

緊急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 5.3.5 の FT により失敗確率を推定した。FT 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^aを参考に次のように設定した。なお、移送設備がない場合は失敗確率 1 とした。

○設備損傷

震度 5 強以下で 10^{-3} 、6 弱以上で 10^{-2} と設定した。

○送電停止、自家発電停止、非常用電源の損傷

遮断設備（電気駆動）と同様とした。

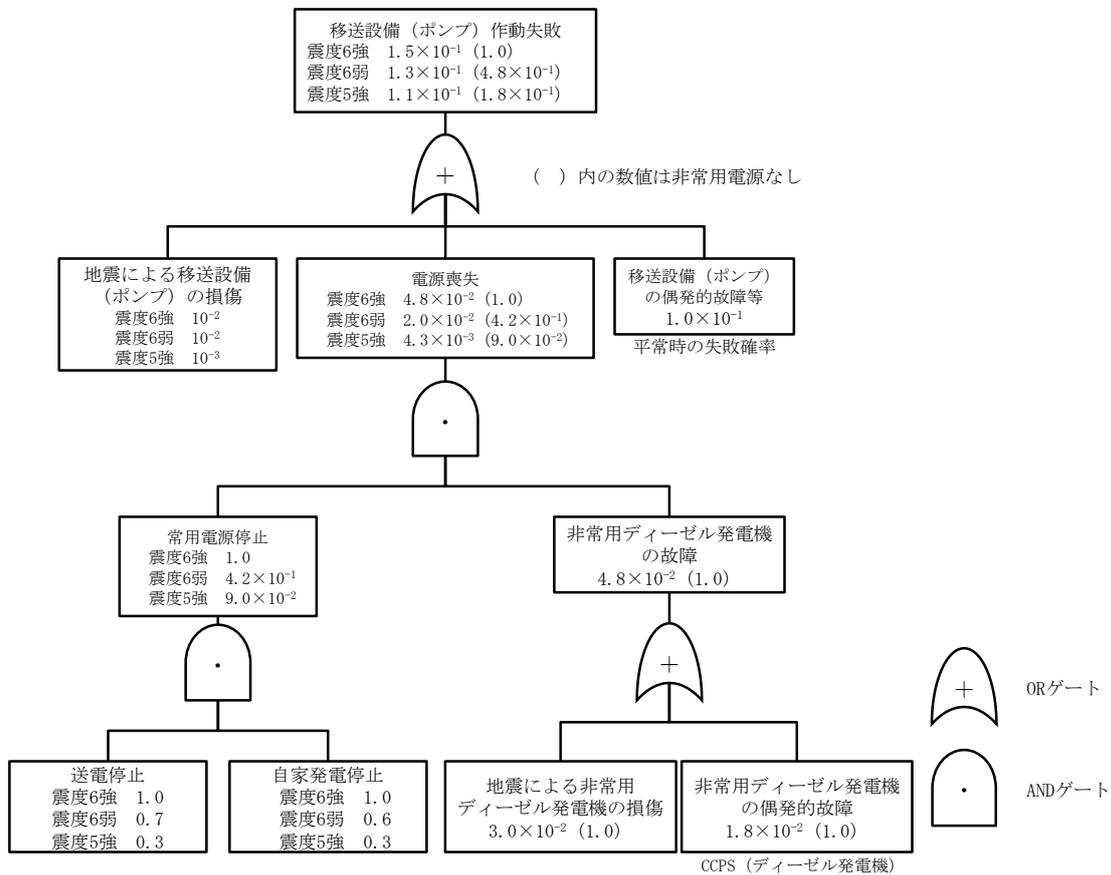


図 5.3.5 移送設備の作動失敗に関する FT（地震時）

B5、B6：仕切堤、防油堤による漏洩拡大防止

仕切堤・防油堤による漏洩拡大防止の失敗確率は、東日本大震災における被害状況の調

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

査結果^aを参考に表 5.3.5 のとおり設定した（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 5.3.5 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/ 仕切堤 | 防油堤 耐震基準 | 震度 | |
|--------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| | | | 5 強以下 | 6 弱以上 |
| 準特定タンク | 防油堤 | 適合 | 10^{-2} | 10^{-2} |
| | | 不適合 | 10^{-2} | 10^{-1} |
| | 仕切堤 | — | 10^{-1} | |
| 特定タンク | 防油堤 | 適合 | 10^{-3} | 10^{-3} |
| | | 不適合 | 10^{-3} | 10^{-2} |
| | 仕切堤 | — | 10^{-2} | |

B7：着火の有無

平常時と同様に、着火確率は第 1 石油類・アルコール類で 10^{-1} 、その他は 10^{-2} 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確率と事象の分岐確率を危険物タンクの ET に当てはめ、各災害事象の発生確率を算出した。

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、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、緊急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、あるいは緊急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 5.3.2 の区分でランク付けして発生危険度別のタンク基数を求めた。結果については 5.5 に掲載した。

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

5.3.2. ガスタンク

(1) 初期事象の発生確率

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曲線は報告されていない。ガスタンクの強度は比較的高いと思われるため、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。なお、地下式タンクについては、タンク本体は地下にあることから、タンク本体の破損による漏洩は考慮しない。また、危険物タンクと同様に、当該地盤の液状化対策が実施されている場合は、対策が実施されていない場合よりも液状化係数は小さい値を設定した。

表 5.3.6 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 | | $0.2 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |
| IE2：配管の大破による漏洩 | | $0.02 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |
| IE3：タンク本体の小破による漏洩 | 地下式タンク以外 | $0.2 \cdot f_1(x)$ |
| | 地下式タンク | — |
| IE4：タンク本体の大破による漏洩 | 地下式タンク以外 | $0.02 \cdot f_1(x)$ |
| | 地下式タンク | — |

注) 表中の記号は以下のとおり。

$f_i(x)$ ：フラジリティ曲線 (i=1:新法、i=3:旧法・旧基準) x：地表加速度

$C_0(PL)$ ：液状化係数 (=1.0、1.2、1.5、3.0) PL：PL 値 ※液状化対策考慮

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 5.3.7 のように設定した。

表 5.3.7 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：緊急遮断措置 | 電気 駆動 | 停電時可動 | 1.1×10^{-2} | 2.7×10^{-2} | 5.4×10^{-2} |
| | | 停電時不働 | 9.6×10^{-2} | 4.2×10^{-1} | 1.0 |
| | エア 駆動 | 停電時可動 | 7.0×10^{-3} | 1.2×10^{-2} | 1.9×10^{-2} |
| | | 停電時不働 | 1.0×10^{-1} | 4.2×10^{-1} | 1.0 |
| | 設備なし | | 1.0 | | |
| B2：バルブ手動閉止 | | | 5.0×10^{-2} | | |
| B3：緊急移送措置 | 停電時可動 | | 1.1×10^{-1} | 1.3×10^{-1} | 1.5×10^{-1} |
| | 停電時不働 | | 1.8×10^{-1} | 4.8×10^{-1} | 1.0 |
| | 設備なし | | 1.0 | | |
| B4：蒸発・拡散 防止措置 | 設備あり | | 10^{-1} | 2.0×10^{-1} | |
| | 設備なし | | 1.0 | | |
| B5：着火の有無 | | | 10^{-1} | | |

B1：緊急遮断措置

危険物タンクと同様に失敗確率を設定した。これらの設備の作動失敗を想定した FT は図 5.3.3 に示すとおりである。なお、移送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

危険物タンクの第 1 石油類及びアルコール類と同様に 5.0×10^{-2} とした。

B3：緊急移送措置

移送ポンプ作動の失敗確率（図 5.3.5）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・拡散防止措置

ガスタンクには、タンク周囲の水幕設備や屋根部分に散水設備が設置されている場合があり、それにより漏洩ガスの蒸発・拡散を防止することができる。消防庁指針によると、地震時における散水・水幕設備の作動不能率は $10^{-2} \sim 10^{-1}$ 程度の値を設定することが妥当とされている。ここでは、震度 5 強以下では平常時と同程度 (10^{-1})、震度 6 弱以上ではその 2 倍程度 (2.0×10^{-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。

B5：着火の有無

平常時と同様 (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確率と事象の分岐確率を可燃性ガスタンクのETに当てはめ、各災害事象の発生確率を算出した。

ETからわかるように、緊急遮断設備のないタンクでは少量流出・爆発・火災 (DE1)、少量流出・拡散 (DE6) が、緊急遮断設備及び移送設備のないタンクでは大量流出・爆発・火災 (DE3)、大量流出・拡散 (DE8) が該当しない。得られた災害事象の発生確率を累積し、表 5.3.2 の区分でランク付けして発生危険度別のタンク基数を求めた。結果については 5.5 に掲載した。

5.3.3. 毒性液体タンク

(1) 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危険物・新法タンクと同様と考え、以下のように設定した。また、危険物タンクと同様に、当該地盤の液状化対策が実施されている場合は、対策が実施されていない場合よりも液状化係数は小さい値を設定した。

表 5.3.8 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 | $0.2 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |
| IE2：配管の大破による漏洩 | $0.02 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |
| 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 | $0.02 \cdot f_1(x)$ |

注) 表中の記号は以下のとおり。

$f_i(x)$: フラジリティ曲線 (i=1:新法、i=3:旧法・旧基準) x : 地表加速度
 $C_0(PL)$: 液状化係数 (=1.0、1.2、1.5、3.0) PL : PL 値 ※液状化対策考慮

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 5.3.9 のように設定した。

表 5.3.9 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：緊急遮断措置 | 電気駆動 | 停電時可動 | 1.1×10^{-2} | 2.7×10^{-2} | 5.4×10^{-2} |
| | | 停電時不動 | 9.6×10^{-2} | 4.2×10^{-1} | 1.0 |
| | エア駆動 | 停電時自動閉止 | 6.2×10^{-3} | | |
| | | 停電時可動 | 7.0×10^{-3} | 1.2×10^{-2} | 1.9×10^{-2} |
| | | 停電時不動 | 1.0×10^{-1} | 4.2×10^{-1} | 1.0 |
| 設備なし | | | 1.0 | | |
| B2：バルブ手動閉止 | | | 5.0×10^{-2} | | |
| B3：緊急移送措置 | 停電時可動 | | 1.1×10^{-1} | 1.3×10^{-1} | 1.5×10^{-1} |
| | 停電時不動 | | 1.8×10^{-1} | 4.8×10^{-1} | 1.0 |
| | 設備なし | | | 1.0 | |
| B4：蒸発・拡散防止措置 | 設備あり | | 10^{-1} | 2.0×10^{-1} | |
| | 設備なし | | | 1.0 | |

B1：緊急遮断措置

危険物タンクと同様に失敗確率を設定した。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

危険物タンクの第 1 石油類及びアルコール類と同様に 5.0×10^{-2} とした。

B3：緊急移送措置

危険物タンクと同様に失敗確率を設定した。なお、移送設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

B4：蒸発・拡散防止措置

危険物タンクと同様に失敗確率を設定した。なお、設備がない場合は失敗確率を 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、各災害事象の発生確率を算出した。

ET からわかるように、緊急遮断設備のないタンクでは少量流出・拡散 (DE1) が、緊急遮

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 5.3.2 の区分でランク付けして危険度分布を求めた。結果については 5.5 に掲載した。

5.3.4. プラント

製造施設等

(1) 初期事象の発生確率

製造施設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た。プラントの配管強度は危険物タンクや可燃性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・新法タンクの配管の小破・大破と同様とした。また、危険物タンクと同様に、当該地盤の液状化対策が実施されている場合は、対策が実施されていない場合よりも液状化係数は小さい値を設定した。

表 5.3.10 製造施設の初期事象の発生確率（地震時）

| 初期事象 | 発生確率 |
|----------------|-----------------------------------|
| IE1：装置の小破による漏洩 | $0.2 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |
| IE2：装置の大破による漏洩 | $0.02 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |

注) 表中の記号は以下のとおり。

$f_i(x)$ ： fragility 曲線 (i=3: 旧法・旧基準) x： 地表加速度

$C_0(PL)$ ： 液状化係数 (=1.0、1.2、1.5、3.0) PL： PL 値 ※液状化対策考慮

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は、表 5.3.11 のように設定した。

表 5.3.11 製造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：緊急停止・遮断措置 | 7.0×10^{-3} | 1.2×10^{-2} | 1.9×10^{-2} |
| B2：緊急移送措置（内容物処理） | 10^{-1} | | |
| B3：着火の有無 | 5.7×10^{-1} | | |
| B4：蒸発・拡散防止措置 | 設備あり | 10^{-1} | 2.0×10^{-1} |
| | 設備なし | 1.0 | |

B1：緊急停止・遮断措置

緊急遮断設備（エア駆動（停電時可動））の失敗確率を適用した（図 5.3.3）。

B2：緊急移送措置（内容物処理）

平常時と同様 (10^{-1}) とした。

B3：着火の有無

平常時と同様 (5.7×10^{-1}) とした。

B4：蒸発・拡散防止措置

危険物タンクと同様に失敗確率を設定した。なお、設備がない場合は失敗確率を 1 とした。

発電施設

(1) 初期事象の発生確率

発電施設の初期事象は装置の破損による漏洩であり、塔槽類及びこれらの接続配管が破損する場合を考えた。プラントの配管強度は危険物タンクや可燃性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・新法タンクの配管の小破・大破と同様とした。また、危険物タンクと同様に、当該地盤の液状化対策が実施されている場合は、対策が実施されていない場合よりも液状化係数は小さい値を設定した。

表 5.3.12 製造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 | $0.2 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |

注) 表中の記号は以下のとおり。

$f_i(x)$ ：フラジリティ曲線 (i=3:旧法・旧基準) x：地表加速度

$C_0(PL)$ ：液状化係数 (=1.0、1.2、1.5、3.0) PL：PL 値 ※液状化対策考慮

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は、表 5.3.11 のように設定した。

表 5.3.13 製造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：緊急停止・遮断措置 | 7.0×10^{-3} | 1.2×10^{-2} | 1.9×10^{-2} |
| B2：緊急移送措置 (内容物処理) | 10^{-1} | | |
| B3：着火の有無 | 4.6×10^{-1} | | |

B1：緊急停止・遮断措置

緊急遮断設備（エア駆動（停電時可動））の失敗確率を適用した（図 5.3.3）。

B2：緊急移送措置（内容物処理）
 平常時と同様（ 10^{-1} ）とした。

B3：着火の有無
 平常時と同様（ 4.6×10^{-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確率と事象の分岐確率を製造施設の 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 5.3.2 の区分でランク付けして発生危険度別の施設数を求めた。結果については 5.5 に掲載した。

5.3.5. 海上入出荷施設

(1) 初期事象の発生確率

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、設備の中にはローディングアーム等も含まれるものの、初期事象の発生確率は危険物・新法タンクの配管の小破と同様とした。

表 5.3.14 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漏洩 | $0.2 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |

注) 表中の記号は以下のとおり。

$f_i(x)$ ： fragility 曲線 (i=3:旧法・旧基準) x：地表加速度
 $C_0(PL)$ ：液状化係数 (=1.0、1.2、1.5、3.0) PL：PL 値

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 5.3.15 のように設定した。

表 5.3.15 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：緊急停止・遮断措置 | | 1.1×10^{-2} | 2.7×10^{-2} | 5.4×10^{-2} |
| B2：着火の有無 | 第 1 石油類・アルコール類 可燃性ガス | 10^{-1} | | |
| | その他の第 4 類 | 10^{-2} | | |
| B3：蒸発・拡散 防止措置 | 設備あり | 10^{-1} | 2.0×10^{-1} | |
| | 設備なし | 1.0 | | |

B1：緊急停止・遮断措置

緊急遮断設備（電気駆動（停電時可動））の失敗確率を適用した（図 5.3.2）。

B2：着火の有無

平常時と同様に、第1石油類、アルコール類及び可燃性ガスで 10^{-1} 、その他は 10^{-2} とした。

B3：蒸発・拡散防止措置

ガスタンクと同様とした。

(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した。得られた災害事象の発生確率を累積し、表 5.3.2の区分でランク付けして発生危険度別の施設数を求めた。結果については5.5に掲載した。

5.3.6. パイプライン

(1) 初期事象の発生確率

パイプラインの初期事象は、配管の破損による漏洩であり、初期事象の発生確率は危険物・新法タンクの配管の小破と同様とした。なお、フラジリティ曲線に適用する地表加速度（計測震度より換算）は、施設と交差するメッシュの中で最大の値を適用した。

表 5.3.16 パイプラインの初期事象の発生確率（地震時）

| 初期事象 | 発生確率 |
|----------------|----------------------------------|
| IE1：配管の破損による漏洩 | $0.2 \cdot f_3(x) \cdot C_0(PL)$ |

注) 表中の記号は以下のとおり。

$f_i(x)$ ：フラジリティ曲線（ $i=3$:旧法・旧基準） x ：地表加速度

$C_0(PL)$ ：液状化係数（=1.0、1.2、1.5、3.0）PL：PL値

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 5.3.17のように設定した。

表 5.3.17 パイプラインの事象の分岐確率（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：緊急停止・遮断措置 | | | 1.1×10^{-2} | 2.7×10^{-2} | 5.4×10^{-2} |
| B2：バルブ手動閉止 | | | 5.0×10^{-2} | | |
| B3：地上流出の有無 | 危険物 | 中量流出以下 | 10^{-1} | | |
| | | 大量流出以上 | 1 | | |
| | 可燃性ガス | | 1 | | |
| B4：着火の有無 | 第 1 石油類・アルコール類 可燃性ガス | | 10^{-1} | | |
| | その他の第 4 類 | | 10^{-2} | | |
| | B5：蒸発・拡散防止 措置 | 設備あり | 10^{-1} | 2.0×10^{-1} | |
| 設備なし | | 1.0 | | | |

B1：緊急停止・遮断措置

緊急遮断設備（電気駆動（停電時可動））の失敗確率を適用した（図 5.3.2）。

B2：バルブ手動閉止

危険物タンクの第 1 石油類及びアルコール類と同様に 5.0×10^{-2} とした。

B3：地上流出の有無

平常時と同様、漏洩した量が中量以下のときは液状の危険物が地上に到達する確率を 10^{-1} とした。漏洩した量が大量以上のとき及び高圧ガスが漏洩したときは到達確率を 1 とした。

B4：着火の有無

平常時と同様に、第 1 石油類、アルコール類及び可燃性ガスで 10^{-1} 、その他は 10^{-2} とした。

B5：蒸発・拡散防止措置

ガスタンクと同様とした。

(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確率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 5.3.2 の区分でランク付けして発生危険度別の施設数を求めた。結果については 5.5 に掲載した。

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、算定条件は全て平常時と同じであるため、算定結果（各災害事象の影響距離）も平常時と同じである。

5.5. 総合的な災害危険性の評価

地震時の災害発生危険度区分（表 5.3.2）と災害影響度区分をもとに、地震時においても平常時と同様に想定災害を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（地震の発生頻度を考慮した災害の発生頻度が 10^{-5} /（年・施設）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（地震の発生頻度を考慮した災害の発生頻度が 10^{-6} /（年・施設）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が、影響が大きくなると考えられる災害
「8. 大規模災害を対象とした評価」において別途検討した。

個々の施設の評価は、平常時と同様にリスクマトリックスを用いて行った。想定地震における災害の発生危険度と影響度のランク付けは表 5.5.1のとおりである。なお、ここでは稼働中の施設の結果のみ示す。

表 5.5.1(1) 地震時の災害発生危険度区分及び影響度区分
（【L1】南海トラフ地震（過去最大クラス）：地震の発生頻度 10^{-1} /年）

○災害発生危険度区分

| 区分 | 地震時の災害発生確率（/施設） |
|------------------|--|
| AAe ₁ | 10^{-2} 程度（ 5×10^{-3} 以上） |
| Ae ₁ | 10^{-3} 程度（ 5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満） |
| Be ₁ | 10^{-4} 程度（ 5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満） |
| Ce ₁ | 10^{-5} 程度（ 5×10^{-6} 以上 5×10^{-5} 未満） |
| De ₁ | 10^{-6} 程度（ 5×10^{-7} 以上 5×10^{-6} 未満） |
| Ee ₁ | 10^{-7} 程度（ 5×10^{-7} 未満） |

○災害の影響度区分

| 区分 | 影響距離 |
|-----|---------------|
| 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 |

表 5.5.1(2) 地震時の災害発生危険度区分及び影響度区分
 (【L2】南海トラフ地震(理論上最大クラス):地震の発生頻度 10^{-3} /年)

○災害発生危険度区分

| 区分 | 地震時の災害発生確率 (/施設) |
|-----------------|---|
| Ae ₂ | 10^{-1} 程度 (5×10^{-2} 以上) |
| Be ₂ | 10^{-2} 程度 (5×10^{-3} 以上 5×10^{-2} 未満) |
| Ce ₂ | 10^{-3} 程度 (5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満) |
| De ₂ | 10^{-4} 程度 (5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満) |
| Ee ₂ | 10^{-5} 程度 (5×10^{-5} 未満) |

○災害の影響度区分

| 区分 | 影響距離 |
|-----|---------------|
| 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 |

表 5.5.1(3) 地震時の災害発生危険度区分及び影響度区分
 (【陸域断層】養老—桑名—四日市断層地震:地震の発生頻度 10^{-4} /年)

○災害発生危険度区分

| 区分 | 地震時の災害発生確率 (/施設) |
|-----------------|---|
| Ae ₃ | 10^0 程度 (5×10^{-1} 以上) |
| Be ₃ | 10^{-1} 程度 (5×10^{-2} 以上 5×10^{-1} 未満) |
| Ce ₃ | 10^{-2} 程度 (5×10^{-3} 以上 5×10^{-2} 未満) |
| De ₃ | 10^{-3} 程度 (5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満) |
| Ee ₃ | 10^{-4} 程度 (5×10^{-4} 未満) |

○災害の影響度区分

| 区分 | 影響距離 |
|-----|---------------|
| 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 |

5.5.1. 想定災害（【L1】南海トラフ地震（過去最大クラス））

【L1】南海トラフ地震（過去最大クラス）時に想定される災害を表 5.5.2にまとめる。

第1段階の災害について、危険物の流出火災、可燃性ガスの爆発火災、毒性ガス拡散でいずれも影響度が最大でI（200m以上）となる。

第2段階の災害も同様に、いずれの災害でも影響度が最大でI（200m以上）となる。

表 5.5.2 【L1】南海トラフ地震（過去最大クラス）時の想定災害（稼働中の施設のみ）

| 対象施設 | 災害種別 | 第1段階（AA・A・Bレベル） | | 第2段階（Cレベル） | |
|-----------------------|---------|---|--------|--|--------|
| | | 該当する災害事象 | 影響度 | 該当する災害事象 | 影響度 |
| 危険物タンク | 流出火災 | 小量流出・火災(368) 中量流出・火災(308) 仕切堤内流出・火災(70) 防油堤内流出・火災(144) 防油堤外流出・火災(2) | I～V | 小量流出・火災(3) 中量流出・火災(61) 仕切堤内流出・火災(104) 防油堤内流出・火災(213) 防油堤外流出・火災(14) | I～V |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(3) 中量流出・拡散(3) 仕切堤内流出・拡散(3) 防油堤内流出・拡散(3) 防油堤外流出・拡散(1) | I～II | | |
| ガスタンク | 爆発 | 小量流出・爆発火災(169) 中量流出・爆発火災(167) 大量流出・爆発火災(147) 全量流出・爆発火災(11) | I～V | 中量流出・爆発火災(2) 大量流出・爆発火災(22) 全量流出・爆発火災(33) | I～III |
| | フラッシュ火災 | | I～V | | I～IV |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(16) 中量流出・拡散(16) 大量流出・拡散(16) | I | 全量流出・拡散(13) | I |
| 毒性液体タンク | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(8) 中量流出・拡散(8) 大量流出・拡散(8) 全量流出・拡散(8) | IV～V | | |
| プラント 製造施設等 発電施設 | 流出火災 | 小量流出・火災(85) ユニット内全量流出・火災(85) 大量流出・火災(68) | III～V | 大量流出・火災(10) | IV～V |
| | 爆発 | 小量流出・爆発火災(62) ユニット内全量流出・爆発火災(62) | I～V | 大量流出・爆発火災(8) | I～IV |
| | フラッシュ火災 | 大量流出・爆発火災(49) | I～V | | I～IV |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(7) ユニット内全量流出・拡散(7) | I | 大量流出・拡散(7) | I |
| 海上入出荷施設 | 流出火災 | 小量流出・火災(157) 大量流出・火災(2) | IV～V | 小量流出・火災(9) 大量流出・火災(64) | IV～V |
| | 爆発 | 小量流出・爆発火災(21) | I～IV | 大量流出・爆発火災(15) | I～III |
| | フラッシュ火災 | 大量流出・爆発火災(6) | III～IV | | I～III |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(1) | I | | |
| パイプライン | 流出火災 | 小量流出・火災(26) | V | 小量流出・火災(8) 中量流出・火災(11) | IV～V |
| | 爆発 | 小量流出・爆発火災(8) | II～IV | 中量流出・爆発火災(8) | II～III |
| | フラッシュ火災 | | II～IV | | II～III |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(1) | I | 中量流出・拡散(1) | I |

注) 該当する災害事象の括弧内の数値は、地震時の災害発生確率が第1段階で Be1（1万施設に1件程度）以上、第2段階で Ce1（10万施設に1件程度）と評価された施設の数。災害の影響度の区分は表 5.5.1 のとおり。

5.5.2. リスクマトリックス（【L1】南海トラフ地震（過去最大クラス））

個々の災害事象のリスクマトリックスを以下に示す。なお、表中の数値は施設数である。

(1) 危険物タンク（稼働中のタンクのみ）

<流出火災>

DE1: 小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|-----|-----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | 3 | 203 | 165 | 371 |
| 計 | | | 3 | 203 | 165 | 371 |

DE2: 中量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|-----|-----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | 2 | 38 | 113 | 84 | 237 |
| V | | | 23 | 74 | 37 | 134 |
| 計 | | 2 | 61 | 187 | 121 | 371 |

DE3: 仕切堤内流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | | | 2 | | 2 |
| II | | | 19 | 21 | 1 | 41 |
| III | | | 57 | 32 | 1 | 90 |
| IV | | | 28 | 12 | 1 | 41 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 104 | 67 | 3 | 174 |

DE4: 防油堤内流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|-----|----|-----|
| I | 3 | 4 | 38 | 38 | | 83 |
| II | | | 69 | 64 | 3 | 136 |
| III | 1 | 4 | 84 | 34 | 1 | 124 |
| IV | | 2 | 22 | 4 | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 4 | 10 | 213 | 140 | 4 | 371 |

DE5: 防油堤外流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | 314 | 41 | 14 | 2 | | 371 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 314 | 41 | 14 | 2 | | 371 |

<タンク火災>

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、「6. 長周期地震動による被害を対象とした評価」で評価する。

<毒性ガス拡散>

DE10: 小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | 3 | 3 |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 3 | 3 |

DE11: 中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | 3 | 3 |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 3 | 3 |

DE12: 仕切堤内流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | 3 | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 3 | 3 |

DE13: 防油堤内流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | 3 | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 3 | 3 |

DE14: 防油堤外流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | 1 | 1 | | 1 | | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 1 | 1 | | 1 | | 3 |

(2) ガスタンク

<爆発>

DE1: 小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | 20 | 83 | 103 |
| IV | | | | 39 | 26 | 65 |
| V | | | | | 1 | 1 |
| 計 | | | | 59 | 110 | 169 |

DE3: 大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|-----|----|-----|
| I | | | | 23 | | 23 |
| II | | | 16 | 67 | | 83 |
| III | | | 6 | 57 | | 63 |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 22 | 147 | | 169 |

DE2: 中量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|-----|----|-----|
| I | | | | 15 | 1 | 16 |
| II | | | 1 | 47 | 8 | 56 |
| III | | | 1 | 68 | 5 | 74 |
| IV | | | | 23 | | 23 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 2 | 153 | 14 | 169 |

DE4: 全量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | | 9 | 14 | | | 23 |
| II | 3 | 55 | 18 | 7 | | 83 |
| III | 1 | 57 | 1 | 4 | | 63 |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 4 | 121 | 33 | 11 | | 169 |

<フラッシュ火災>

DE1: 小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | 11 | 59 | 70 |
| IV | | | | 46 | 48 | 94 |
| V | | | | 2 | 3 | 5 |
| 計 | | | | 59 | 110 | 169 |

DE3: 大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|-----|----|-----|
| I | | | | 26 | | 26 |
| II | | | 1 | 51 | | 52 |
| III | | | 21 | 42 | | 63 |
| IV | | | | 28 | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 22 | 147 | | 169 |

DE2: 中量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|-----|----|-----|
| I | | | | 25 | 1 | 26 |
| II | | | 1 | 42 | 9 | 52 |
| III | | | 1 | 58 | 4 | 63 |
| IV | | | | 28 | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 2 | 153 | 14 | 169 |

DE4: 全量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | | 11 | 15 | | | 26 |
| II | 2 | 28 | 17 | 5 | | 52 |
| III | 1 | 58 | | 4 | | 63 |
| IV | 1 | 24 | 1 | 2 | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 4 | 121 | 33 | 11 | | 169 |

<毒性ガス拡散>

DE5：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | | | | 16 | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 16 | 16 |

DE6：中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | | | | 16 | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 16 | 16 |

DE7：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | | | | 16 | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 16 | 16 |

DE8：全量流出（長時間）・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | 3 | 13 | | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | 3 | 13 | | | 16 |

(3) 毒性液体タンク

<毒性ガス拡散>

DE1：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | 8 | 8 |
| 計 | | | | | 8 | 8 |

DE2：中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | 6 | 6 |
| V | | | | | 2 | 2 |
| 計 | | | | | 8 | 8 |

DE3：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | 8 | 8 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 8 | 8 |

DE4：全量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | 8 | 8 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 8 | 8 |

(4) プラント（稼働中の施設のみ）

(4-1) 製造施設等

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | 2 | 4 | 6 |
| V | | | | | 11 | 61 | 72 |
| 計 | | | | | 13 | 65 | 78 |

DE2：ユニット内全量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | 3 | | 3 |
| IV | | | | | 41 | | 41 |
| V | | | | | 34 | | 34 |
| 計 | | | | | 78 | | 78 |

DE3：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | 3 | | | 3 |
| IV | | | 4 | 37 | | | 41 |
| V | | | 6 | 28 | | | 34 |
| 計 | | | 10 | 68 | | | 78 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | 3 | 9 | 12 |
| III | | | | | 2 | 25 | 27 |
| IV | | | | | 3 | 14 | 17 |
| V | | | | | | 1 | 1 |
| 計 | | | | | 8 | 49 | 57 |

DE5：ユニット内全量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | 35 | | 35 |
| II | | | | | 19 | | 19 |
| III | | | | | 2 | | 2 |
| IV | | | | | 1 | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 57 | | 57 |

DE6：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | 5 | 30 | | | 35 |
| II | | | 1 | 18 | | | 19 |
| III | | | 1 | 1 | | | 2 |
| IV | | | 1 | | | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 8 | 49 | | | 57 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | 1 | | 1 |
| III | | | | 5 | 17 | | 22 |
| IV | | | | 1 | 23 | | 24 |
| V | | | | 2 | 8 | | 10 |
| 計 | | | | 8 | 49 | | 57 |

DE5：ユニット内全量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | 15 | | 15 |
| II | | | | | 15 | | 15 |
| III | | | | 19 | | | 19 |
| IV | | | | 6 | | | 6 |
| V | | | | 2 | | | 2 |
| 計 | | | | 57 | | | 57 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | 1 | 14 | | | 15 |
| II | | | | 15 | | | 15 |
| III | | | 6 | 13 | | | 19 |
| IV | | | 1 | 5 | | | 6 |
| V | | | | 2 | | | 2 |
| 計 | | | 8 | 49 | | | 57 |

<毒性ガス拡散>

DE7：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | 7 | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 7 | | 7 |

DE8：ユニット内全量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | 7 | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 7 | | 7 |

DE9：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | 7 | | | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 7 | | | | 7 |

(4-2) 発電施設

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | 7 | 7 |
| 計 | | | | | | 7 | 7 |

DE2：ユニット内全量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | 1 | | | 1 |
| V | | | | 6 | | | 6 |
| 計 | | | | 7 | | | 7 |

DE3：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 1 | | | | | | 1 |
| V | 5 | 1 | | | | | 6 |
| 計 | 6 | 1 | | | | | 7 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | 5 | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | | 5 | 5 |

DE5：ユニット内全量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | 1 | | | 1 |
| IV | | | | 4 | | | 4 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 5 | | | 5 |

DE6：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | 1 | | | | | | 1 |
| IV | 4 | | | | | | 4 |
| V | | | | | | | |
| 計 | 5 | | | | | | 5 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | 2 | | 2 |
| V | | | | | 3 | | 3 |
| 計 | | | | | 5 | | 5 |

DE5：ユニット内全量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | 2 | | | 2 |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | 1 | | | 1 |
| V | | | | 2 | | | 2 |
| 計 | | | | 5 | | | 5 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | 2 | | | | | | 2 |
| III | | | | | | | |
| IV | 1 | | | | | | 1 |
| V | 2 | | | | | | 2 |
| 計 | 5 | | | | | | 5 |

(5) 海上入出荷施設（稼働中の施設のみ）

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|-----|----|-----|-----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | 9 | 107 | 50 | | 166 |
| 計 | | | 9 | 107 | 50 | | 166 |

DE2：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|-----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | 91 | 62 | 2 | | | 155 |
| V | | 9 | 2 | | | | 11 |
| 計 | | 100 | 64 | 2 | | | 166 |

<爆発>

DE3：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | 1 | | 1 |
| III | | | | | 19 | | 19 |
| IV | | | | | 1 | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 21 | | 21 |

DE4：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | 7 | 2 | | | 9 |
| II | | | 7 | 4 | | | 11 |
| III | | | 1 | | | | 1 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 15 | 6 | | | 21 |

<フラッシュ火災>

DE3：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | 16 | | 16 |
| IV | | | | | 5 | | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 21 | | 21 |

DE4：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | 2 | | | | 2 |
| II | | | 12 | 6 | | | 18 |
| III | | | 1 | | | | 1 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 15 | 6 | | | 21 |

<毒性ガス拡散>

DE5：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | 1 | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 1 | | | 1 |

DE6：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | 1 | | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 1 | | | | | 1 |

(6) パイプライン

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | 8 | 15 | 11 | | 34 |
| 計 | | | 8 | 15 | 11 | | 34 |

DE2：中量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 7 | 7 | 5 | | | | 19 |
| V | 1 | 8 | 6 | | | | 15 |
| 計 | 8 | 15 | 11 | | | | 34 |

DE3：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 19 | | | | | | 19 |
| V | 15 | | | | | | 15 |
| 計 | 34 | | | | | | 34 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | 1 | | 1 |
| III | | | | | 4 | | 4 |
| IV | | | | | 3 | | 3 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 8 | | 8 |

DE5：中量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | 3 | | 3 |
| III | | | | | 5 | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 8 | | 8 |

DE6：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | 5 | | | | | | 5 |
| III | 2 | | | | | | 2 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | 1 | | 1 |
| III | | | | | 2 | | 2 |
| IV | | | | | 5 | | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 8 | | 8 |

DE5：中量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | 3 | | 3 |
| III | | | | | 5 | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 8 | | 8 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | 3 | | | | | | 3 |
| III | 5 | | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

<毒性ガス拡散>

DE7：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | 1 | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | | 1 | | 1 |

DE8：中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | 1 | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 1 | | | | 1 |

DE9：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 1 | | | | | | 1 |

5.5.3. 想定災害（【L2】南海トラフ地震（理論上最大クラス））

【L2】南海トラフ地震（理論上最大クラス）時に想定される災害を表 5.5.2にまとめる。

第1段階の災害について、毒性ガス拡散および可燃性ガスの爆発火災で影響度が最大でⅠ（200m以上）、流出火災では影響度はⅢ（100m未満）以下となる。

第2段階の災害について、流出火災、毒性ガス拡散および可燃性ガスの爆発火災で影響度が最大でⅠ（200m以上）となる。

表 5.5.3 【L2】南海トラフ地震（理論上最大クラス）時の想定災害（稼働中の施設のみ）

| 対象施設 | 災害種別 | 第1段階（AA・A・Bレベル） | | 第2段階（Cレベル） | |
|-----------------------|---------|--|-----|--|-----|
| | | 該当する災害事象 | 影響度 | 該当する災害事象 | 影響度 |
| 危険物タンク | 流出火災 | 小量流出・火災(135) 中量流出・火災(78) | Ⅳ～Ⅴ | 小量流出・火災(234) 中量流出・火災(234) 仕切堤内流出・火災(52) 防油堤内流出・火災(125) | Ⅰ～Ⅴ |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・火災(3) 中量流出・火災(3) 仕切堤内流出・火災(3) 防油堤内流出・火災(2) | Ⅰ～Ⅱ | 防油堤内流出・火災(1) | Ⅰ |
| ガスタンク | 爆発 | | Ⅰ～Ⅴ | 小量流出・爆発火災(90) 中量流出・爆発火災(141) 大量流出・爆発火災(150) 全量流出・爆発火災(19) | Ⅰ～Ⅳ |
| | フラッシュ火災 | 小量流出・爆発火災(79) 中量流出・爆発火災(17) | Ⅰ～Ⅴ | | Ⅰ～Ⅴ |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(16) 中量流出・拡散(10) 大量流出・拡散(10) | Ⅰ | 中量流出・拡散(6) 大量流出・拡散(6) 全量(長時間)流出・拡散(3) | Ⅰ |
| 毒性液体タンク | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(8) 中量流出・拡散(8) 大量流出・拡散(8) 全量流出・拡散(8) | Ⅳ～Ⅴ | | |
| プラント 製造施設等 発電施設 | 流出火災 | 小量流出・火災(85) ユニット内全量流出・火災(78) | Ⅲ～Ⅴ | ユニット内全量流出・火災(7) 大量流出・火災(77) | Ⅲ～Ⅴ |
| | 爆発 | 小量流出・爆発火災(62) | Ⅰ～Ⅴ | ユニット内全量流出・爆発火災(10) | Ⅰ～Ⅳ |
| | フラッシュ火災 | ユニット内全量流出・爆発火災(52) | Ⅰ～Ⅴ | 大量流出・爆発火災(51) | Ⅰ～Ⅴ |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(7) | Ⅰ | ユニット内全量流出・拡散(7) | Ⅰ |
| 海上入出荷施設 | 流出火災 | 小量流出・火災(53) | Ⅴ | 小量流出・火災(113) 大量流出・火災(20) | Ⅳ～Ⅴ |
| | 爆発 | | Ⅱ～Ⅳ | | Ⅰ～Ⅱ |
| | フラッシュ火災 | 小量流出・爆発火災(21) | Ⅲ～Ⅳ | 大量流出・爆発火災(9) | Ⅰ～Ⅱ |
| | 毒性ガス拡散 | | | 小量流出・拡散(1) | Ⅰ |
| パイプライン | 流出火災 | 小量流出・火災(11) | Ⅴ | 小量流出・火災(15) | Ⅴ |
| | 爆発 | | Ⅱ～Ⅳ | | |
| | フラッシュ火災 | 小量流出・爆発火災(8) | Ⅱ～Ⅳ | | |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散(1) | Ⅰ | | |

注) 該当する災害事象の括弧内の数値は、地震時の災害発生確率が第1段階で Be₂（100施設に1件程度）以上、第2段階で Ce₂（1,000施設に1件程度）と評価された施設の数。災害の影響度の区分は表 5.5.1のとおり。

5.5.4. リスクマトリックス（【L2】南海トラフ地震（理論上最大クラス））

個々の災害事象のリスクマトリックスを以下に示す。なお、表中の数値は施設数である。

(1) 危険物タンク（稼働中のタンクのみ）

<流出火災>

DE1: 小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|-----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | 2 | 234 | 135 | | 371 |
| 計 | | 2 | 234 | 135 | | 371 |

DE2: 中量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | 38 | 143 | 56 | | 237 |
| V | | 21 | 91 | 22 | | 134 |
| 計 | | 59 | 234 | 78 | | 371 |

DE3: 仕切堤内流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | | | 2 | | | 2 |
| II | 2 | 20 | 19 | | | 41 |
| III | 2 | 62 | 26 | | | 90 |
| IV | | 36 | 5 | | | 41 |
| V | | | | | | |
| 計 | 4 | 118 | 52 | | | 174 |

DE4: 防油堤内流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| I | 6 | 36 | 41 | | | 83 |
| II | 5 | 72 | 59 | | | 136 |
| III | 8 | 91 | 25 | | | 124 |
| IV | 4 | 24 | | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 23 | 223 | 125 | | | 371 |

DE5: 防油堤外流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | 361 | 10 | | | | 371 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 361 | 10 | | | | 371 |

<タンク火災>

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、「6. 長周期地震動による被害を対象とした評価」で評価する。

<毒性ガス拡散>

DE10: 少量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | 3 | 3 |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | | 3 | 3 |

DE11: 中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | 1 | 2 | 3 |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | 1 | 2 | 3 |

DE12: 仕切堤内流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | 3 | | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | 3 | | 3 |

DE13: 防油堤内流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | 1 | 2 | | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 1 | 2 | | 3 |

DE14: 防油堤外流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | 2 | 1 | | | | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 2 | 1 | | | | 3 |

(2) ガスタンク

<爆発>

DE1: 少量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | 51 | 52 | | 103 |
| IV | | | 39 | 26 | | 65 |
| V | | | | 1 | | 1 |
| 計 | | | 90 | 79 | | 169 |

DE2: 中量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | | 12 | 4 | | 16 |
| II | | 5 | 44 | 7 | | 56 |
| III | | 2 | 67 | 5 | | 74 |
| IV | | 4 | 18 | 1 | | 23 |
| V | | | | | | |
| 計 | | 11 | 141 | 17 | | 169 |

DE3: 大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | 3 | 20 | | | 23 |
| II | | 9 | 74 | | | 83 |
| III | | 7 | 56 | | | 63 |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | 19 | 150 | | | 169 |

DE4: 全量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | 7 | 12 | 4 | | | 23 |
| II | 53 | 20 | 10 | | | 83 |
| III | 43 | 15 | 5 | | | 63 |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 103 | 47 | 19 | | | 169 |

<フラッシュ火災>

DE1: 少量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | 30 | 40 | | 70 |
| IV | | | 56 | 38 | | 94 |
| V | | | 4 | 1 | | 5 |
| 計 | | | 90 | 79 | | 169 |

DE2: 中量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | 1 | 21 | 4 | | 26 |
| II | | 5 | 39 | 8 | | 52 |
| III | | 1 | 58 | 4 | | 63 |
| IV | | 4 | 23 | 1 | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | | 11 | 141 | 17 | | 169 |

DE3: 大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | 3 | 23 | | | 26 |
| II | | 9 | 43 | | | 52 |
| III | | 3 | 60 | | | 63 |
| IV | | 4 | 24 | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | | 19 | 150 | | | 169 |

DE4: 全量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | 9 | 13 | 4 | | | 26 |
| II | 25 | 19 | 8 | | | 52 |
| III | 51 | 8 | 4 | | | 63 |
| IV | 18 | 7 | 3 | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 103 | 47 | 19 | | | 169 |

<毒性ガス拡散>

DE5：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | | | 13 | 3 | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | 13 | 3 | 16 |

DE6：中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | | 6 | 10 | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 6 | 10 | | 16 |

DE7：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | | 6 | 10 | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 6 | 10 | | 16 |

DE8：全量流出（長時間）・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | 13 | 3 | | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | 13 | 3 | | | 16 |

(3) 毒性液体タンク

<毒性ガス拡散>

DE1：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | 8 | | 8 |
| 計 | | | | 8 | | 8 |

DE2：中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | 6 | | 6 |
| V | | | | 2 | | 2 |
| 計 | | | | 8 | | 8 |

DE3：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | 8 | | 8 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | 8 | | 8 |

DE4：全量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | 8 | | 8 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | 8 | | 8 |

(4) プラント（稼働中の施設のみ）

(4-1) 製造施設等

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | 2 | 4 | | 6 |
| V | | | | 10 | 62 | | 72 |
| 計 | | | | 12 | 66 | | 78 |

DE2：ユニット内全量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | 3 | | | 3 |
| IV | | | | 41 | | | 41 |
| V | | | | 34 | | | 34 |
| 計 | | | | 78 | | | 78 |

DE3：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | 3 | | | | 3 |
| IV | | | 41 | | | | 41 |
| V | | 1 | 33 | | | | 34 |
| 計 | | 1 | 77 | | | | 78 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | 3 | 9 | | 12 |
| III | | | | 7 | 20 | | 27 |
| IV | | | | | 17 | | 17 |
| V | | | | | 1 | | 1 |
| 計 | | | | 10 | 47 | | 57 |

DE5：ユニット内全量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | 35 | | | 35 |
| II | | | 5 | 14 | | | 19 |
| III | | | | 2 | | | 2 |
| IV | | | | 1 | | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 5 | 52 | | | 57 |

DE6：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | 1 | 34 | | | | 35 |
| II | | 5 | 14 | | | | 19 |
| III | | | 2 | | | | 2 |
| IV | | | 1 | | | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 6 | 51 | | | | 57 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | 1 | | 1 |
| III | | | | 4 | 18 | | 22 |
| IV | | | | 6 | 18 | | 24 |
| V | | | | | 10 | | 10 |
| 計 | | | | 10 | 47 | | 57 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | 5 | 10 | | | | 15 |
| II | | | 15 | | | | 15 |
| III | | 1 | 18 | | | | 19 |
| IV | | | 6 | | | | 6 |
| V | | | 2 | | | | 2 |
| 計 | | 6 | 51 | | | | 57 |

<毒性ガス拡散>

DE7：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | 7 | | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 7 | | | 7 |

DE9：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | 7 | | | | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 7 | | | | | 7 |

DE5：ユニット内全量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | 5 | 10 | | | 15 |
| II | | | | 15 | | | 15 |
| III | | | | 19 | | | 19 |
| IV | | | | 6 | | | 6 |
| V | | | | 2 | | | 2 |
| 計 | | | 5 | 52 | | | 57 |

DE8：ユニット内全量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | 7 | | | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 7 | | | | 7 |

(4-2) 発電施設

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | 7 | | | 7 |
| 計 | | | | 7 | | | 7 |

DE2：ユニット内全量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | 1 | | | | 1 |
| V | | | 6 | | | | 6 |
| 計 | | | 7 | | | | 7 |

DE3：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 1 | | | | | | 1 |
| V | 6 | | | | | | 6 |
| 計 | 7 | | | | | | 7 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | 5 | | | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 5 | | | 5 |

DE5：ユニット内全量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | 1 | | | | 1 |
| IV | | | 4 | | | | 4 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 5 | | | | 5 |

DE6：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | 1 | | | | | | 1 |
| IV | 4 | | | | | | 4 |
| V | | | | | | | |
| 計 | 5 | | | | | | 5 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | 2 | | | 2 |
| V | | | | 3 | | | 3 |
| 計 | | | | 5 | | | 5 |

DE5：ユニット内全量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | 2 | | | | 2 |
| III | | | | | | | |
| IV | | | 1 | | | | 1 |
| V | | | 2 | | | | 2 |
| 計 | | | 5 | | | | 5 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | 2 | | | | | | 2 |
| III | | | | | | | |
| IV | 1 | | | | | | 1 |
| V | 2 | | | | | | 2 |
| 計 | 5 | | | | | | 5 |

(5) 海上入出荷施設（稼働中の施設のみ）

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|-----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | 113 | 53 | | | 166 |
| 計 | | | 113 | 53 | | | 166 |

DE2：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 69 | 67 | 19 | | | | 155 |
| V | 2 | 8 | 1 | | | | 11 |
| 計 | 71 | 75 | 20 | | | | 166 |

<爆発>

DE3：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | 1 | | | 1 |
| III | | | | 19 | | | 19 |
| IV | | | | 1 | | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 21 | | | 21 |

DE4：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | 6 | 3 | | | | 9 |
| II | | 5 | 6 | | | | 11 |
| III | | 1 | | | | | 1 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 12 | 9 | | | | 21 |

<フラッシュ火災>

DE3：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | 16 | | | 16 |
| IV | | | | 5 | | | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 21 | | | 21 |

DE4：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | 1 | 1 | | | | 2 |
| II | | 10 | 8 | | | | 18 |
| III | | 1 | | | | | 1 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 12 | 9 | | | | 21 |

<毒性ガス拡散>

DE5：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | 1 | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 1 | | | | 1 |

DE6：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | 1 | | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 1 | | | | | 1 |

(6) パイプライン

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | 8 | 15 | 11 | | | 34 |
| 計 | | 8 | 15 | 11 | | | 34 |

DE2：中量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 14 | 5 | | | | | 19 |
| V | 9 | 6 | | | | | 15 |
| 計 | 23 | 11 | | | | | 34 |

DE3：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 14 | 5 | | | | | 19 |
| V | 9 | 6 | | | | | 15 |
| 計 | 23 | 11 | | | | | 34 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | 1 | | | 1 |
| III | | | | 4 | | | 4 |
| IV | | | | 3 | | | 3 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 8 | | | 8 |

DE5：中量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | 3 | | | | | 3 |
| III | | 5 | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 8 | | | | | 8 |

DE6：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | 5 | | | | | | 5 |
| III | 2 | | | | | | 2 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | 1 | | | 1 |
| III | | | | 2 | | | 2 |
| IV | | | | 5 | | | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 8 | | | 8 |

DE5：中量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | 3 | | | | | 3 |
| III | | 5 | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 8 | | | | | 8 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | 3 | | | | | | 3 |
| III | 5 | | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

<毒性ガス拡散>

DE7：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | 1 | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | | 1 | | | 1 |

DE8：中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | 1 | | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 1 | | | | | 1 |

DE9：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 1 | | | | | | 1 |

5.5.5. 想定災害（【陸域断層】養老—桑名—四日市断層地震）

【陸域断層】養老—桑名—四日市断層地震時に想定される災害を表 5.5.2にまとめる。

第1段階の災害について、毒性ガス拡散で影響度が最大でⅠ（200m以上）、可燃性ガスの爆発火災で影響度が最大でⅡ（100m以上）、流出火災では影響度はⅢ（100m未満）以下となる。

第2段階の災害について、毒性ガス拡散および可燃性ガスの爆発火災で影響度が最大でⅠ（200m以上）、流出火災では影響度は最大でⅡ（100m以上）となる。

表 5.5.4 【陸域断層】養老—桑名—四日市断層地震時の想定災害（稼働中の施設のみ）

| 対象施設 | 災害種別 | 第1段階（AA・A・Bレベル） | | 第2段階（Cレベル） | |
|-----------------------|---------|--------------------------|-----|---|-----|
| | | 該当する災害事象 | 影響度 | 該当する災害事象 | 影響度 |
| 危険物タンク | 流出火災 | 小量流出・火災（2） 中量流出・火災（2） | Ⅳ～Ⅴ | 小量流出・火災（123） 中量流出・火災（76） 仕切堤内流出・火災（2） 防油堤内流出・火災（2） | Ⅱ～Ⅴ |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散（3） 中量流出・拡散（2） | Ⅱ | 中量流出・拡散（1） 仕切堤内流出・拡散（3） 防油堤内流出・拡散（2） | Ⅰ～Ⅱ |
| ガスタンク | 爆発 | | | 小量流出・爆発火災（100） | Ⅰ～Ⅴ |
| | フラッシュ火災 | | | 中量流出・爆発火災（18） | Ⅰ～Ⅴ |
| | 毒性ガス拡散 | 小量流出・拡散（3） | Ⅰ | 小量流出・拡散（13） 中量流出・拡散（12） 大量流出・拡散（12） | Ⅰ |
| 毒性液体タンク | 毒性ガス拡散 | | | 小量流出・拡散（8） 中量流出・拡散（8） 大量流出・拡散（8） 全量流出・拡散（8） | Ⅳ～Ⅴ |
| プラント 製造施設等 発電施設 | 流出火災 | 小量流出・火災（50） | Ⅳ～Ⅴ | 小量流出・火災（35） ユニット内全量流出・火災（72） | Ⅲ～Ⅴ |
| | 爆発 | | Ⅱ～Ⅳ | 小量流出・爆発火災（20） | Ⅰ～Ⅳ |
| | フラッシュ火災 | 小量流出・爆発火災（42） | Ⅱ～Ⅴ | ユニット内全量流出・爆発火災（52） | Ⅰ～Ⅴ |
| | 毒性ガス拡散 | | | 小量流出・拡散（6） ユニット内全量流出・拡散（1） | Ⅰ |
| 海上入出荷施設 | 流出火災 | | | 小量流出・火災（40） | Ⅴ |
| | 爆発 | | | | Ⅱ～Ⅳ |
| | フラッシュ火災 | | | 小量流出・爆発火災（18） | Ⅲ～Ⅳ |
| | 毒性ガス拡散 | | | | |
| パイプライン | 流出火災 | | | 小量流出・火災（11） | Ⅴ |
| | 爆発 | | | | Ⅱ～Ⅳ |
| | フラッシュ火災 | | | 小量流出・爆発火災（8） | Ⅱ～Ⅳ |
| | 毒性ガス拡散 | | | 小量流出・拡散（1） | Ⅰ |

注) 該当する災害事象の括弧内の数値は、地震時の災害発生確率が第1段階で Be₃（10施設に1件程度）以上、第2段階で Ce₃（100施設に1件程度）と評価された施設の数。災害の影響度の区分は表 5.5.1 のとおり。

5.5.6. リスクマトリックス（【陸域断層】養老—桑名—四日市断層地震）

個々の災害事象のリスクマトリックスを以下に示す。なお、表中の数値は施設数である。

(1) 危険物タンク（稼働中のタンクのみ）

<流出火災>

DE1: 小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | 28 | 218 | 123 | 2 | | 371 |
| 計 | 28 | 218 | 123 | 2 | | 371 |

DE2: 中量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | 37 | 145 | 53 | 2 | | 237 |
| V | 41 | 70 | 23 | | | 134 |
| 計 | 78 | 215 | 76 | 2 | | 371 |

DE3: 仕切堤内流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | | 2 | | | | 2 |
| II | 24 | 16 | 1 | | | 41 |
| III | 67 | 22 | 1 | | | 90 |
| IV | 36 | 5 | | | | 41 |
| V | | | | | | |
| 計 | 127 | 45 | 2 | | | 174 |

DE4: 防油堤内流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|-----|-----|----|----|----|-----|
| I | 45 | 38 | | | | 83 |
| II | 79 | 55 | 2 | | | 136 |
| III | 100 | 24 | | | | 124 |
| IV | 28 | | | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 252 | 117 | 2 | | | 371 |

DE5: 防油堤外流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | 370 | 1 | | | | 371 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 370 | 1 | | | | 371 |

<タンク火災>

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、「6. 長周期地震動による被害を対象とした評価」で評価する。

<毒性ガス拡散>

DE10: 少量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | 3 | | 3 |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | | 3 | | 3 |

DE11: 中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | 1 | 2 | | 3 |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 1 | 2 | | 3 |

DE12: 仕切堤内流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | 3 | | | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 3 | | | 3 |

DE13: 防油堤内流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | 1 | 2 | | | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | 1 | 2 | | | 3 |

DE14: 防油堤外流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | 3 | | | | | 3 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 3 | | | | | 3 |

(2) ガスタンク

<爆発>

DE1: 少量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | 42 | 61 | | | 103 |
| IV | | 27 | 38 | | | 65 |
| V | | | 1 | | | 1 |
| 計 | | 69 | 100 | | | 169 |

DE2: 中量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | | 14 | 2 | | | 16 |
| II | 4 | 43 | 9 | | | 56 |
| III | 3 | 65 | 6 | | | 74 |
| IV | 2 | 20 | 1 | | | 23 |
| V | | | | | | |
| 計 | 9 | 142 | 18 | | | 169 |

DE3: 大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | 6 | 17 | | | | 23 |
| II | 19 | 64 | | | | 83 |
| III | 4 | 59 | | | | 63 |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 29 | 140 | | | | 169 |

DE4: 全量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | 21 | 2 | | | | 23 |
| II | 71 | 12 | | | | 83 |
| III | 60 | 3 | | | | 63 |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 152 | 17 | | | | 169 |

<フラッシュ火災>

DE1: 少量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|-----|----|----|-----|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | 26 | 44 | | | 70 |
| IV | | 42 | 52 | | | 94 |
| V | | 1 | 4 | | | 5 |
| 計 | | 69 | 100 | | | 169 |

DE2: 中量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | | 24 | 2 | | | 26 |
| II | 6 | 36 | 10 | | | 52 |
| III | 1 | 57 | 5 | | | 63 |
| IV | 2 | 25 | 1 | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 9 | 142 | 18 | | | 169 |

DE3: 大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|
| I | 8 | 18 | | | | 26 |
| II | 16 | 36 | | | | 52 |
| III | 1 | 62 | | | | 63 |
| IV | 4 | 24 | | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 29 | 140 | | | | 169 |

DE4: 全量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| I | 24 | 2 | | | | 26 |
| II | 42 | 10 | | | | 52 |
| III | 59 | 4 | | | | 63 |
| IV | 27 | 1 | | | | 28 |
| V | | | | | | |
| 計 | 152 | 17 | | | | 169 |

<毒性ガス拡散>

DE5：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | | 13 | 3 | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 13 | 3 | | 16 |

DE6：中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | 4 | 12 | | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | 4 | 12 | | | 16 |

DE7：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | | 4 | 12 | | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | | 4 | 12 | | | 16 |

DE8：全量流出（長時間）・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| I | 13 | 3 | | | | 16 |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | | | | |
| 計 | 13 | 3 | | | | 16 |

(3) 毒性液体タンク

<毒性ガス拡散>

DE1：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | | | | |
| V | | | 8 | | | 8 |
| 計 | | | 8 | | | 8 |

DE2：中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | 6 | | | 6 |
| V | | | 2 | | | 2 |
| 計 | | | 8 | | | 8 |

DE3：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | 8 | | | 8 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 8 | | | 8 |

DE4：全量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|---|
| I | | | | | | |
| II | | | | | | |
| III | | | | | | |
| IV | | | 8 | | | 8 |
| V | | | | | | |
| 計 | | | 8 | | | 8 |

(4) プラント（稼働中の施設のみ）

(4-1) 製造施設等

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | 1 | 5 | | | 6 |
| V | | | 28 | 44 | | | 72 |
| 計 | | | 29 | 49 | | | 78 |

DE2：ユニット内全量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | 1 | 2 | | | | 3 |
| IV | | 3 | 38 | | | | 41 |
| V | | 2 | 32 | | | | 34 |
| 計 | | 6 | 72 | | | | 78 |

DE3：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | 1 | 4 | | | | | 5 |
| IV | 3 | 39 | | | | | 42 |
| V | 2 | 29 | | | | | 31 |
| 計 | 6 | 72 | | | | | 78 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | 5 | 7 | | | 12 |
| III | | | 6 | 21 | | | 27 |
| IV | | | 3 | 14 | | | 17 |
| V | | | 1 | | | | 1 |
| 計 | | | 15 | 42 | | | 57 |

DE5：ユニット内全量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | 5 | 30 | | | | 35 |
| II | | | 19 | | | | 19 |
| III | | | 2 | | | | 2 |
| IV | | | 1 | | | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 5 | 52 | | | | 57 |

DE6：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | 5 | 30 | | | | | 35 |
| II | | 19 | | | | | 19 |
| III | | 2 | | | | | 2 |
| IV | | 1 | | | | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | 5 | 52 | | | | | 57 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | 1 | | | 1 |
| III | | | 7 | 15 | | | 22 |
| IV | | | 4 | 20 | | | 24 |
| V | | | 4 | 6 | | | 10 |
| 計 | | | 15 | 42 | | | 57 |

DE5：ユニット内全量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | 2 | 13 | | | | 15 |
| II | | | 15 | | | | 15 |
| III | | 2 | 17 | | | | 19 |
| IV | | 1 | 5 | | | | 6 |
| V | | | 2 | | | | 2 |
| 計 | | 5 | 52 | | | | 57 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | 2 | 13 | | | | | 15 |
| II | | 15 | | | | | 15 |
| III | 2 | 17 | | | | | 19 |
| IV | 1 | 5 | | | | | 6 |
| V | | 2 | | | | | 2 |
| 計 | 5 | 52 | | | | | 57 |

<毒性ガス拡散>

DE7：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | 1 | 6 | | | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 1 | 6 | | | | 7 |

DE8：ユニット内全量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | 6 | 1 | | | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 6 | 1 | | | | 7 |

DE9：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 6 | 1 | | | | | 7 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 6 | 1 | | | | | 7 |

(4-2) 発電施設

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | 6 | 1 | | | 7 |
| 計 | | | 6 | 1 | | | 7 |

DE2：ユニット内全量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | 1 | | | | | 1 |
| V | | 6 | | | | | 6 |
| 計 | | 7 | | | | | 7 |

DE3：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 1 | | | | | | 1 |
| V | 6 | | | | | | 6 |
| 計 | 7 | | | | | | 7 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | 5 | | | | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 5 | | | | 5 |

DE5：ユニット内全量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | 1 | | | | | 1 |
| IV | | 4 | | | | | 4 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | 5 | | | | | 5 |

DE6：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | 1 | | | | | | 1 |
| IV | 4 | | | | | | 4 |
| V | | | | | | | |
| 計 | 5 | | | | | | 5 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | 2 | | | | 2 |
| V | | | 3 | | | | 3 |
| 計 | | | 5 | | | | 5 |

DE5：ユニット内全量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | 2 | | | | | 2 |
| III | | | | | | | |
| IV | | 1 | | | | | 1 |
| V | | 2 | | | | | 2 |
| 計 | | 5 | | | | | 5 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | 2 | | | | | | 2 |
| III | | | | | | | |
| IV | 1 | | | | | | 1 |
| V | 2 | | | | | | 2 |
| 計 | 5 | | | | | | 5 |

(5) 海上入出荷施設（稼働中の施設のみ）

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | 27 | 99 | 40 | | | | 166 |
| 計 | 27 | 99 | 40 | | | | 166 |

DE2：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 144 | 11 | | | | | 155 |
| V | 10 | 1 | | | | | 11 |
| 計 | 154 | 12 | | | | | 166 |

<爆発>

DE3：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | 1 | | | | 1 |
| III | 2 | 1 | 16 | | | | 19 |
| IV | | | 1 | | | | 1 |
| V | | | | | | | |
| 計 | 2 | 1 | 18 | | | | 21 |

DE4：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | 7 | 2 | | | | | 9 |
| II | 9 | 2 | | | | | 11 |
| III | | 1 | | | | | 1 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 16 | 5 | | | | | 21 |

<フラッシュ火災>

DE3：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | 1 | 15 | | | | 16 |
| IV | 2 | 1 | 3 | | | | 6 |
| V | | | | | | | |
| 計 | 2 | 2 | 18 | | | | 22 |

DE4：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | 2 | | | | | | 2 |
| II | 15 | 4 | | | | | 19 |
| III | | 1 | | | | | 1 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 17 | 5 | | | | | 22 |

<毒性ガス拡散>

DE5：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 1 | | | | | | 1 |

DE6：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 1 | | | | | | 1 |

(6) パイプライン

<流出火災>

DE1：小量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | 8 | 15 | 11 | | | | 34 |
| 計 | 8 | 15 | 11 | | | | 34 |

DE2：中量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 19 | | | | | | 19 |
| V | 15 | | | | | | 15 |
| 計 | 34 | | | | | | 34 |

DE3：大量流出・火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|
| I | | | | | | | |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | 19 | | | | | | 19 |
| V | 15 | | | | | | 15 |
| 計 | 34 | | | | | | 34 |

<爆発>

DE4：小量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | 1 | | | | 1 |
| III | | | 4 | | | | 4 |
| IV | | | 3 | | | | 3 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 8 | | | | 8 |

DE5：中量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | 3 | | | | | | 3 |
| III | 5 | | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

DE6：大量流出・爆発

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | 5 | | | | | | 5 |
| III | 2 | | | | | | 2 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

<フラッシュ火災>

DE4：小量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | | | 1 | | | | 1 |
| III | | | 2 | | | | 2 |
| IV | | | 5 | | | | 5 |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 8 | | | | 8 |

DE5：中量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | 3 | | | | | | 3 |
| III | 5 | | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

DE6：大量流出・フラッシュ火災

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | | | | | |
| II | 3 | | | | | | 3 |
| III | 5 | | | | | | 5 |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 8 | | | | | | 8 |

<毒性ガス拡散>

DE7：小量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | | | 1 | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | | | 1 | | | | 1 |

DE8：中量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 1 | | | | | | 1 |

DE9：大量流出・拡散

| | Ee | De | Ce | Be | Ae | AAe | 計 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|---|
| I | 1 | | | | | | 1 |
| II | | | | | | | |
| III | | | | | | | |
| IV | | | | | | | |
| V | | | | | | | |
| 計 | 1 | | | | | | 1 |

5.5.7. 各想定地震における想定災害

| | | L1 地震 | L2 地震 | 陸域断層地震 |
|--------------------|---------|---|---|---|
| 震源 | | 南海トラフ | | 養老-桑名-四日市断層帯 |
| 特別防災区域付近における想定震度 | | 概ね6弱 | 6強から7 | 6強から7 |
| アセスメント上の想定発生頻度(/年) | | 10 ⁻¹ ※1 | 10 ⁻³ | 10 ⁻⁴ |
| 第1段階の災害の抽出基準(発生確率) | | 1万施設に1件程度以上 | 100施設に1件程度以上 | 10施設に1件程度以上 |
| 第2段階の災害の抽出基準(発生確率) | | 10万施設に1件程度 | 1,000施設に1件程度 | 100施設に1件程度 |
| 主な想定災害と影響度 ※2 | 第1段階の災害 | 危険物タンク 流出火災(I~V) 毒性ガス拡散(I~II) ガスタンク 爆発火災(I~V) 毒性ガス拡散(I) 毒性液体タンク 毒性ガス拡散(IV~V) プラント 流出火災(III~V) 爆発火災(I~V) 毒性ガス拡散(I) 海上入出荷施設 流出火災(IV~V) 爆発火災(I~IV) 毒性ガス拡散(I) パイプライン 流出火災(V) 爆発火災(II~IV) 毒性ガス拡散(I) | 危険物タンク 流出火災(IV~V) 毒性ガス拡散(I~II) ガスタンク 爆発火災(I~V) 毒性ガス拡散(I) 毒性液体タンク 毒性ガス拡散(IV~V) プラント 流出火災(III~V) 爆発火災(I~V) 毒性ガス拡散(I) 海上入出荷施設 流出火災(V) 爆発火災(II~IV) パイプライン 流出火災(V) 爆発火災(II~IV) 毒性ガス拡散(I) | 危険物タンク 流出火災(IV~V) 毒性ガス拡散(II) ガスタンク 毒性ガス拡散(I) 毒性液体タンク 想定災害なし プラント 流出火災(IV~V) 爆発火災(II~V) 海上入出荷施設 想定災害なし パイプライン 想定災害なし |
| | 第2段階の災害 | 危険物タンク 流出火災(I~V) ガスタンク 爆発火災(I~IV) 毒性ガス拡散(I) 毒性液体タンク 想定災害なし プラント 流出火災(IV~V) 爆発火災(I~IV) 毒性ガス拡散(I) 海上入出荷施設 流出火災(IV~V) 爆発火災(I~III) パイプライン 流出火災(IV~V) 爆発火災(II~III) 毒性ガス拡散(I) | 危険物タンク 流出火災(I~V) 毒性ガス拡散(I) ガスタンク 爆発火災(I~V) 毒性ガス拡散(I) 毒性液体タンク 想定災害なし プラント 流出火災(III~V) 爆発火災(I~V) 毒性ガス拡散(I) 海上入出荷施設 流出火災(IV~V) 爆発火災(I~II) 毒性ガス拡散(I) パイプライン 流出火災(V) | 危険物タンク 流出火災(II~V) 毒性ガス拡散(I~II) ガスタンク 爆発火災(I~V) 毒性ガス拡散(I) 毒性液体タンク 毒性ガス拡散(IV~V) プラント 流出火災(III~V) 爆発火災(I~V) 毒性ガス拡散(I) 海上入出荷施設 流出火災(V) 爆発火災(II~IV) パイプライン 流出火災(V) 爆発火災(II~IV) 毒性ガス拡散(I) |

※1 L1 地震の想定発生間隔は南海トラフ地震の長期評価における今後 30 年以内の発生確率 (20~50%あるいは 60~90%) から求めた値。

※2 カッコ内のローマ数字は災害発生時の影響度 (区分は表 5.5.1 のとおり)。

5.6. (参考) 地震発生時の災害事象の発生件数の期待値

地震が発生した際の各施設における災害事象の発生確率を四日市臨海地区内の全施設について合計することで、想定地震が発生したときに特別防災区域内で概ね何件の災害が生じるかの期待値を得ることができる。

ただし、このような期待値については、以下のような理由で参考としての値となる。

- ・ 発生確率の評価については「2.3 評価のレベル (評価の細かさ)」に記載した通り、行政が行うべき防災対策の重点事項を洗い出すための基礎的な評価であり、地震が発生したときに何件の災害が生じるかといった絶対的な指標ととしてではなく、想定される災害のうちどの災害が他のものより発生しやすいかといった相対的な指標として解釈すべきもの^aである。
- ・ 短周期地震動による被害の発生確率を求めるためにイベントツリー解析を行ったため、設定したイベントツリーで想定していない災害 (長周期地震動による被害、津波による被害、あるいは想定外の災害) の影響は件数に含まれない。
- ・ 個々の施設に対する評価を独立に行ったため、他施設の災害によって誘発される複合災害 (防油堤内火災による他タンクへの延焼、可燃性ガスの爆発による近隣施設の損壊等) の影響は件数に含まれない。

以上の理由により、1 地震当たりの災害発生件数の期待値が 1 より小さいと評価された災害においても、実際の地震時には複数の施設で同時発災する可能性が十分に考えられることに留意が必要である。

危険物タンク

(災害発生件数/1 地震)

| 災害事象 | | L1 | L2 | 陸域断層 |
|-------------|-----------|---------------------|---------|---------|
| DE1 | 小量流出・火災 | 0.31 | 2.2 | 2.2 |
| DE2 | 中量流出・火災 | 0.20 | 1.6 | 1.7 |
| DE3 | 仕切堤内流出・火災 | 0.017 | 0.10 | 0.11 |
| DE4 | 防油堤内流出・火災 | 0.026 | 0.22 | 0.24 |
| DE5 | 防油堤外流出・火災 | 0.00041 | 0.0023 | 0.0030 |
| DE6~ DE9 | タンク屋根の火災 | (6. 長周期地震動による被害で評価) | | |
| DE10 | 小量流出・拡散 | 0.12 | 0.46 | 0.36 |
| DE11 | 中量流出・拡散 | 0.11 | 0.41 | 0.32 |
| DE12 | 仕切堤内流出・拡散 | 0.013 | 0.050 | 0.038 |
| DE13 | 防油堤内流出・拡散 | 0.012 | 0.045 | 0.034 |
| DE14 | 防油堤外流出・拡散 | 0.000086 | 0.00028 | 0.00023 |

^a 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(総務省消防庁、平成 25 年 3 月)「2.4 評価にあたっての留意点」

ガスタンク

(災害発生件数/1地震)

| 災害事象 | | L1 | L2 | 陸域断層 |
|------|-----------|---------|--------|-------|
| DE1 | 小量流出・爆発火災 | 0.10 | 1.0 | 1.4 |
| DE2 | 中量流出・爆発火災 | 0.029 | 0.45 | 0.53 |
| DE3 | 大量流出・爆発火災 | 0.014 | 0.16 | 0.25 |
| DE4 | 全量流出・爆発火災 | 0.0018 | 0.038 | 0.045 |
| DE5 | 小量流出・拡散 | 0.067 | 0.66 | 1.0 |
| DE6 | 中量流出・拡散 | 0.023 | 0.23 | 0.37 |
| DE7 | 大量流出・拡散 | 0.022 | 0.23 | 0.36 |
| DE8 | 全量流出・拡散 | 0.00024 | 0.0065 | 0.017 |

毒性液体タンク

(災害発生件数/1地震)

| 災害事象 | | L1 | L2 | 陸域断層 |
|------|---------|-------|-------|-------|
| DE1 | 小量流出・拡散 | 0.020 | 0.11 | 0.085 |
| DE2 | 中量流出・拡散 | 0.020 | 0.11 | 0.085 |
| DE3 | 大量流出・拡散 | 0.010 | 0.059 | 0.043 |
| DE4 | 全量流出・拡散 | 0.010 | 0.058 | 0.042 |

プラント(製造施設等)

(災害発生件数/1地震)

| 災害事象 | | L1 | L2 | 陸域断層 |
|------|----------------|---------|--------|--------|
| DE1 | 小量流出・火災 | 0.56 | 5.0 | 5.9 |
| DE2 | ユニット内全量流出・火災 | 0.11 | 1.0 | 1.2 |
| DE3 | 大量流出・火災 | 0.0067 | 0.096 | 0.11 |
| DE4 | 小量流出・爆発火災 | 0.42 | 3.8 | 5.0 |
| DE5 | ユニット内全量流出・爆発火災 | 0.081 | 0.74 | 0.98 |
| DE6 | 大量流出・爆発火災 | 0.0050 | 0.071 | 0.095 |
| DE7 | 小量流出・拡散 | 0.011 | 0.12 | 0.12 |
| DE8 | ユニット内全量流出・拡散 | 0.0020 | 0.024 | 0.023 |
| DE9 | 大量流出・拡散 | 0.00013 | 0.0023 | 0.0022 |

プラント(発電施設)

(災害発生件数/1地震)

| 災害事象 | | L1 | L2 | 陸域断層 |
|------|----------------|-----------|----------|----------|
| DE1 | 小量流出・火災 | 0.050 | 0.31 | 0.32 |
| DE2 | ユニット内全量流出・火災 | 0.00061 | 0.0059 | 0.0061 |
| DE3 | 大量流出・火災 | 0.0000059 | 0.000069 | 0.000093 |
| DE4 | 小量流出・爆発火災 | 0.040 | 0.23 | 0.20 |
| DE5 | ユニット内全量流出・爆発火災 | 0.00048 | 0.0043 | 0.0038 |
| DE6 | 大量流出・爆発火災 | 0.0000024 | 0.000022 | 0.000019 |

海上入出荷施設

(災害発生件数/1地震)

| 災害事象 | | L1 | L2 | 陸域断層 |
|------|-----------|-----------|----------|----------|
| DE1 | 小量流出・火災 | 0.080 | 0.60 | 0.47 |
| DE2 | 大量流出・火災 | 0.0022 | 0.032 | 0.025 |
| DE3 | 小量流出・爆発火災 | 0.036 | 0.22 | 0.16 |
| DE4 | 大量流出・爆発火災 | 0.0012 | 0.012 | 0.009 |
| DE5 | 小量流出・拡散 | 0.00018 | 0.0010 | 0.0004 |
| DE6 | 大量流出・拡散 | 0.0000049 | 0.000056 | 0.000023 |

パイプライン

(災害発生件数/1地震)

| 災害事象 | | L1 | L2 | 陸域断層 |
|------|-----------|------------|-----------|-----------|
| DE1 | 小量流出・火災 | 0.024 | 0.21 | 0.28 |
| DE2 | 中量流出・火災 | 0.00024 | 0.0021 | 0.0028 |
| DE3 | 大量流出・火災 | 0.0000033 | 0.000030 | 0.000038 |
| DE4 | 小量流出・爆発火災 | 0.016 | 0.14 | 0.25 |
| DE5 | 中量流出・爆発火災 | 0.00016 | 0.0014 | 0.0025 |
| DE6 | 大量流出・爆発火災 | 0.0000016 | 0.000014 | 0.000025 |
| DE7 | 小量流出・拡散 | 0.0020 | 0.018 | 0.029 |
| DE8 | 中量流出・拡散 | 0.000020 | 0.00018 | 0.00029 |
| DE9 | 大量流出・拡散 | 0.00000020 | 0.0000018 | 0.0000029 |

6. 長周期地震動による被害を対象とした評価

消防庁指針に記載されている手法を用いて、長周期地震動による被害を対象とした評価を実施する。

具体的には、個々の危険物タンクでのスロッシング最大波高及び溢流量を求め、その大小から各災害事象の可能性を判定し、災害規模に応じた影響を算定する。

6.1. 危険物タンクのスロッシングによる被害の評価方法

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可能性があり、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。

個々の危険物タンクのスロッシング波高の算定において、速度応答スペクトル法がよく用いられ、観測値と整合性がよいことが確認されている。ここでは、溢流が生じるようなスロッシングに対応するために、非線形性の影響による波高増分を考慮した次式に従い、スロッシング最大波高を推定する。なお、この式は平成15年十勝沖地震での事例から適用性が確認されている。最大波高を基にした溢流量の算定方法については、参考資料4に示す。

$$\eta^+ = \eta + \Delta\eta \dots\dots\dots (1)$$

$$\eta = 0.837 \left(\frac{D}{2g} \right) \left(\frac{2\pi}{T_s} \right) S_v(T_s) \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta\eta = 0.91 \cdot R \cdot \left(\frac{\eta}{R} \right)^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$T_s = 2\pi \sqrt{\left(\frac{D}{3.682g} \right) \coth\left(\frac{3.682H}{D} \right)} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、

- η^+ : 非線形性を考慮したスロッシング最大波高 (m)
- η : スロッシング最大波高 (線形解: m)
- $\Delta\eta$: 非線形液面増分 (直径 7.6m の模型タンクによる振動実験に基づく) (m)
- D : タンク内径 (m)
- R : タンク半径 (=D/2) (m)
- H : 液面高さ (m)

- g : 重力加速度 (9.8m/s²)
Ts : 危険物タンクのスロッシング基本固有周期 (s)
Sv(Ts) : 周期 Ts における擬似速度応答スペクトル (m/s)

$$\coth(X) = \frac{e^X + e^{-X}}{e^X - e^{-X}}$$

上記の式より、タンクのスロッシング基本固有周期 Ts はタンク内径と液面高さから求められ、四日市臨海地区における容量 500k1 以上の危険物タンクでは約 3~12 秒である。非線形性を考慮したスロッシング最大波高は、想定地震による長周期地震動特性（擬似速度応答スペクトル）が得られれば計算することができる。地震動の想定については 6.5 に示す。

6.2. 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 6.2.1 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。一方、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。

表 6.2.1 危険物タンクの災害事象の設定^a

| 調査対象地域 | 自治体 | 被害状況 |
|--------|------------------|---|
| 日本海側 | 山形県酒田市 | アルミ製の内部浮き蓋がスロッシングにより破断。 |
| | 新潟県新発田市 | 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。 |
| | 新潟県新潟市 | 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 | 茨城県鹿嶋市 茨城県神栖市 | 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、ルーフドレンを通じて防油堤内に流出。 |
| | 福島県いわき市 | 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ドレン配管を通じて外部へ流出。 |
| 東京湾側 | 神奈川県川崎市 | 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。 |

6.3. 消防法におけるスロッシング対策

6.3.1. 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 1,000k1 以上の特定屋外タンクについて、スロッシングが発生しても内容物の溢流が生じないように、スロッシングによる最大波高を想定した液面管理（危険物タンク上部に余裕空間を確保する）が定められている（式(5)～(8)を参照）。

最大波高の推定にあたって前提とする地震動（擬似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（ $v_{T=1}$ の場合において約 113cm/s^b）。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、平成 17 年 1 月に消防法告示の改正（総務省告示第 30 号）が行われ、危険物タンク側板の最上端までの空間高さ（Hc）を求める算定式に長周期地震動の地域特性に応じた補正係数（ v_5 ）が導入され、危険物タンクのスロッシング基本固有周期に応じて

^a 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の被害及び消防活動に関する調査報告書（第 1 報），消防研究技術資料第 82 号，消防庁 消防研究センター，平成 23 年 12 月

^b 式(2)と式(5)より、 $\eta = Hc$ として求めた値

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。

$$Hc = 0.45 D Kh_2 \dots\dots\dots (5)$$

$$Kh_2 = 0.15 \nu_1 \nu_4 \nu_5 \dots\dots\dots (6)$$

$$\nu_4 = 4.5 / T_s \dots\dots\dots (7)$$

$$T_s = 2\pi \sqrt{(D/3.68g) \cdot \coth(3.68H/D)} \dots\dots\dots (8)$$

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
- ν₁ : 地域別補正係数 (=1.0)
- ν₄ : 液面揺動の一次固有周期を考慮した応答倍率
- ν₅ : 長周期地震動に係る地域特性に応じた補正係数 (図 6.3.1)

四日市臨海地区の場合は、地域別補正係数はν₁=1.0である。長周期地震動に係る地域特性に応じた補正係数ν₅に関しては図 6.3.1 のとおりであり、固有周期3秒～6秒のタンクについてはν₅=2、6秒～8秒のタンクについてはν₅=1～2、8秒～15秒のタンクについてはν₅=1となる。

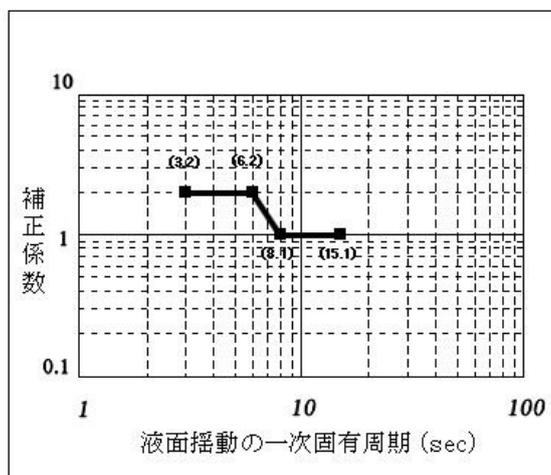


図 6.3.1 長周期地震動に係る地域特性に応じた補正係数 (ν₅: 地域ハ)

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ついては、図 6.3.1 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。

6.3.2. 浮き屋根の技術基準の策定

平成 17 年 1 月の改正告示では、長周期地震動に係る地域特性に応じた補正係数（ $\nu 5$ ）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のうち、容量 2 万 k1 以上のタンクと、容量 2 万 k1 未満で $H_c \geq 2$ m の危険物タンクである。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洩が生じる可能性があることが指摘されている。

6.3.3. 内部浮き蓋の技術基準の策定

平成 23 年 12 月の省令改正（平成 23 年総務省令第 165 号）により、内部浮き蓋付きの特定屋外貯蔵タンクの技術基準が制定された。浮き蓋の浮力、耐震強度等については、浮き屋根式タンクの浮き屋根と同等の基準が定められた。パン型及びバルクヘッド型の浮き蓋については、平成 36 年 3 月 31 日^aまでに他の構造の浮き蓋に改修することとされた。

6.4. 危険物タンクの余裕空間高さ

四日市臨海地区における危険物タンクについて、屋根形式別、容量による区分別の基数を表 6.4.1 に示す。

これらの危険物タンクについて、スロッシング基本固有周期（ T_s ）に対する余裕空間高さ（事業所回答の最高液面高さ）の分布を図 6.4.1 に示す。

表 6.4.1 四日市臨海地区の危険物タンクの基数

（単位：基）

| 容量による区分 | 浮き屋根 | | 内部 浮き蓋 | 固定 屋根 | 計 |
|------------------------|-------------|------------|-----------|----------|-----|
| | シングル デッキ | ダブル デッキ | | | |
| 500k1 以上 1,000k1 未満 | 0 | 0 | 13 | 68 | 81 |
| 1,000k1 以上 10,000k1 未満 | 32 | 9 | 37 | 120 | 198 |
| 10,000k1 以上 | 50 | 0 | 2 | 38 | 90 |
| 計 | 82 | 9 | 52 | 226 | 369 |

注：球形の危険物タンクは長周期評価の対象外とし、その基数は省略する。

^a 令和 6 年 3 月 31 日であり、施設調査の時点とした令和 7 年 1 月 1 日の段階で期限は過ぎている。

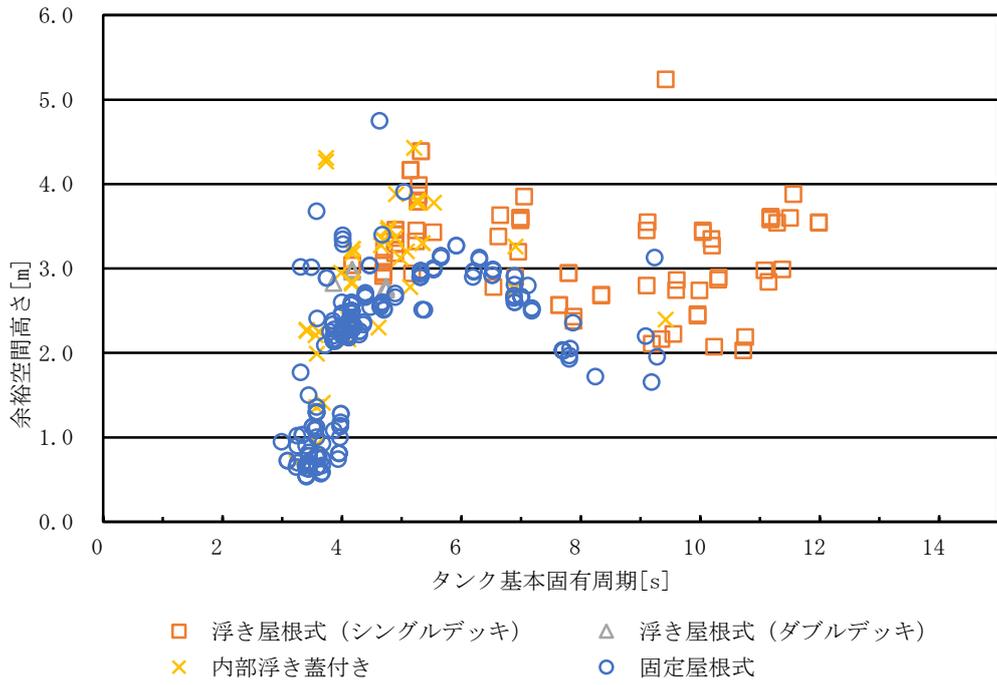


図 6.4.1 危険物タンクのスロッシング基本固有周期と余裕空間高さ

6.5. 前提となる長周期地震動の想定

6.1 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擬似速度応答スペクトルを予測する必要がある。

前提となる長周期地震動としては、令和6年度から実施している三重県南海トラフ地震被害想定調査で長周期評価対象としている過去最大クラスの4つの地震の中から、本県の特別防災区域（四日市臨海地区）において最大の影響を及ぼすおそれのある地震を選定し、その地震についてについて評価を行う。

擬似速度応答スペクトルは、速度波形データから算定し、データとしては、四日市臨海地区内の5次メッシュにおける水平2成分（NS成分及びEW成分）の速度波形データを使用した。なお、地震被害想定調査では破壊伝搬速度の揺らぎを5つのシード^aで計算しており、本章では5シードの擬似速度応答スペクトルの算術平均を用いて評価を行った。5シードの擬似速度応答スペクトルの算術平均の例を図6.5.2に示す。

算定した擬似速度応答スペクトルを図6.5.3～図6.5.10に示す（擬似速度応答スペクトルを示す5次メッシュの位置図は図6.5.1参照）。なお、減衰定数（h）については、消防研究所報告^bに従い屋根形式別に設定する。すなわち、固定屋根式タンクで0.1%、浮き屋根式タンク（シングルデッキ）及び内部浮き蓋付きタンクで0.5%、浮き屋根式タンク（ダブルデッキ）で1%とする。

表 6.5.1 長周期地震動評価の対象地震

| 調査 | 想定地震名 | | 破壊開始点 |
|--------------------------|------------------------|------------------------|-------|
| 三重県南海 トラフ地震 被害想定調査 | 過去最大クラス ^{注1)} | 全割れ | 潮岬 |
| | | 西半割れ ^{注2)} 西端 | 西端 |
| | | 西半割れ ^{注2)} 潮岬 | 潮岬 |
| | | 東半割れ ^{注2)} 潮岬 | 潮岬 |

注1) 過去最大クラスは内閣府(2015)を基に設定

- ・宝永、安政東海・南海、昭和東南海・南海を包絡したモデル
- ・長周期地震動については背景領域を設定したモデルで計算

注2) 「半割れ」は過去最大クラスに対する半割れ地震を設定

- ・東半割れ：駿河湾+東南海、西半割れ：南海
- ・破壊点：東半割れは潮岬、西端の2ケース、東半割れは潮岬の1ケース

注3) 背景領域を考慮して周期20秒までの長周期地震動を計算している

注4) それぞれの震源モデルは以下のとおりである。（赤は強震動生成域の位置を、星印は破壊開始点を示す）

^a 実際の地震における断層の破壊は、断層面の不均質性等により、一様に破壊するのではなく、破壊の伝播速度や破壊の大きさが場所により異なる複雑な破壊過程であると考えられる。そこで、断層の破壊伝播速度に乱数による揺らぎを与えて長周期地震動を推計し、その推計値及び推計値のばらつきが平均的な挙動を示すと判断された5通りの乱数系列を妥当性が高いケースと判断し、長周期地震動の推計結果として採用している。この破壊伝搬速度の揺らぎのケースをシードという。

^b 座間信作,西晴樹,廣川幹浩,山田實,畑山健:「スロッシングの減衰定数」(消防研究所報告第98号,2004年9月)



過去最大クラス全割れの震源モデル



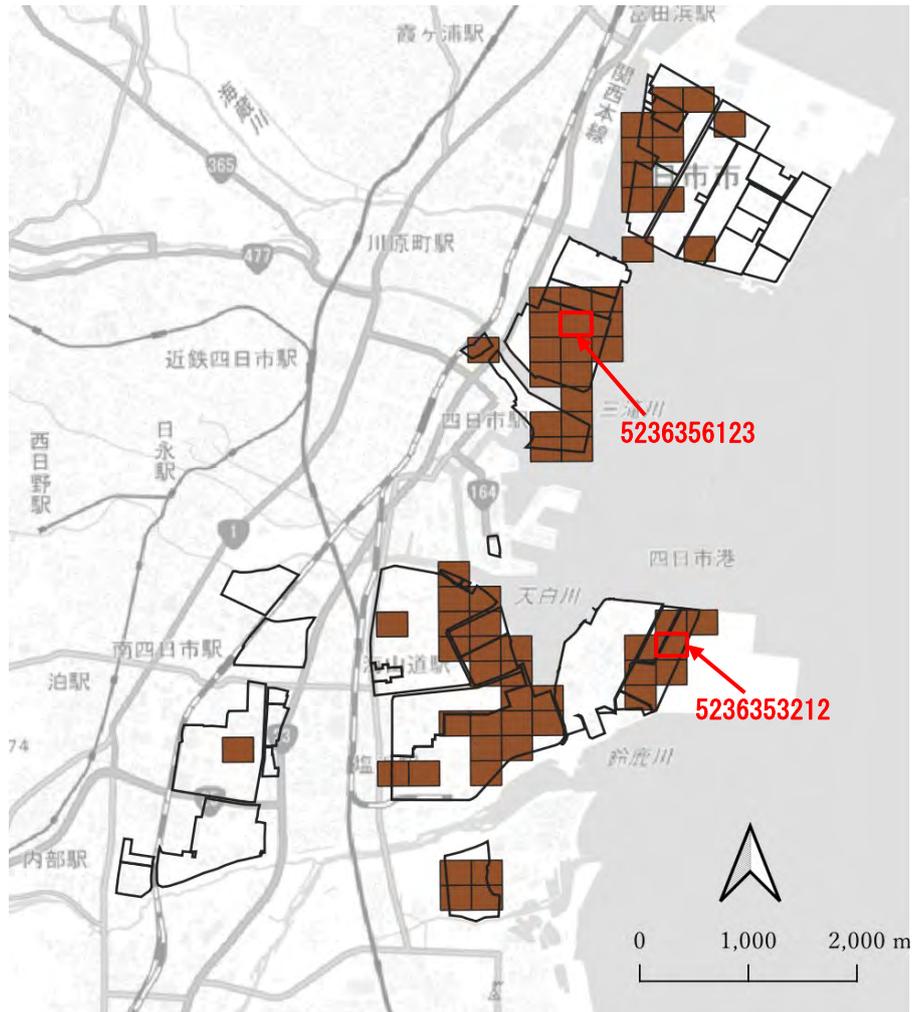
過去最大クラス西半割れ西端の震源モデル



過去最大クラス西半割れ潮岬の震源モデル



過去最大クラス東半割れ潮岬の震源モデル



地理院地図（淡色地図）に特定事業所及び5次メッシュの位置を追記して掲載

※長周期評価においては、各タンクが存在する5次メッシュ（図中の茶色塗りのメッシュ）の擬似速度応答スペクトルに基づき評価を行う。

なお、全てのメッシュの擬似速度応答スペクトルを示すことは困難であるため、以降では、特に大型のタンクが存在する5次メッシュ（図中の赤枠で示す5236323212及び5236356123）の擬似速度応答スペクトルを代表として掲載する。

図 6.5.1 擬似速度応答スペクトルを示す5次メッシュの位置図

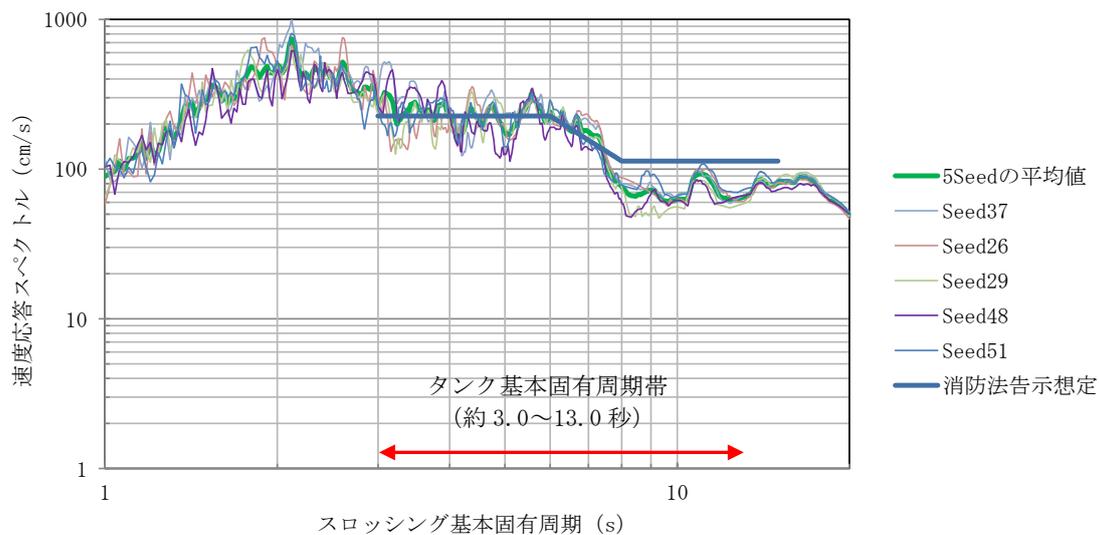


図 6.5.2(1) 5 シードの擬似速度応答スペクトルの算術平均の例
 (過去最大クラス全割れ、減衰定数=0.1%、5 次メッシュ : 5236353212^a)

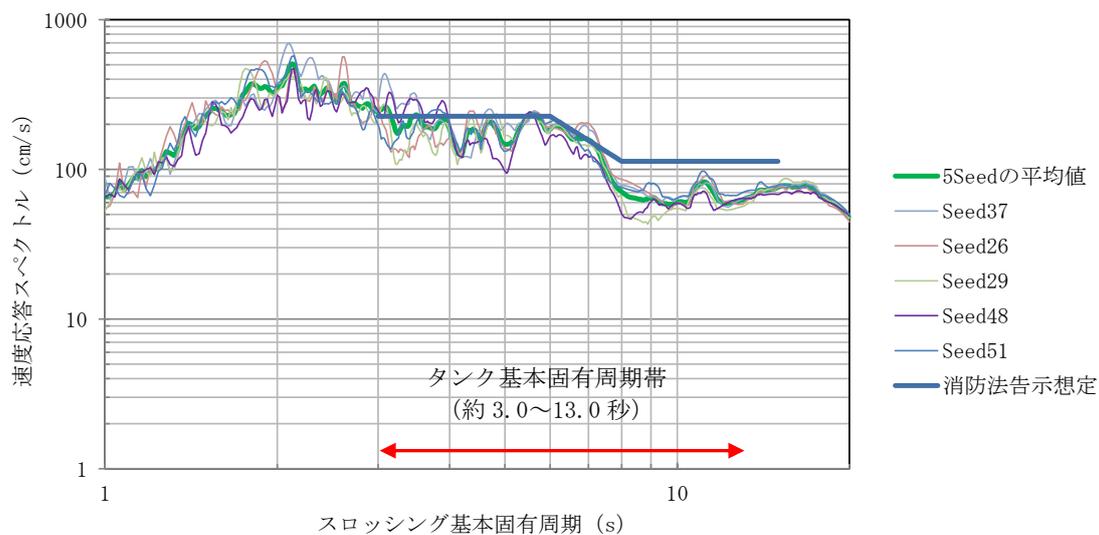


図 6.5.2(2) 5 シードの擬似速度応答スペクトルの算術平均の例
 (過去最大クラス全割れ、減衰定数=0.5%、5 次メッシュ : 5236353212)

^a 5 次メッシュ : 5236353212 及び 5236356123 のスペクトルを代表として示す。なお、評価においては各タンクが存在するメッシュのデータを使用する。(以下同様)

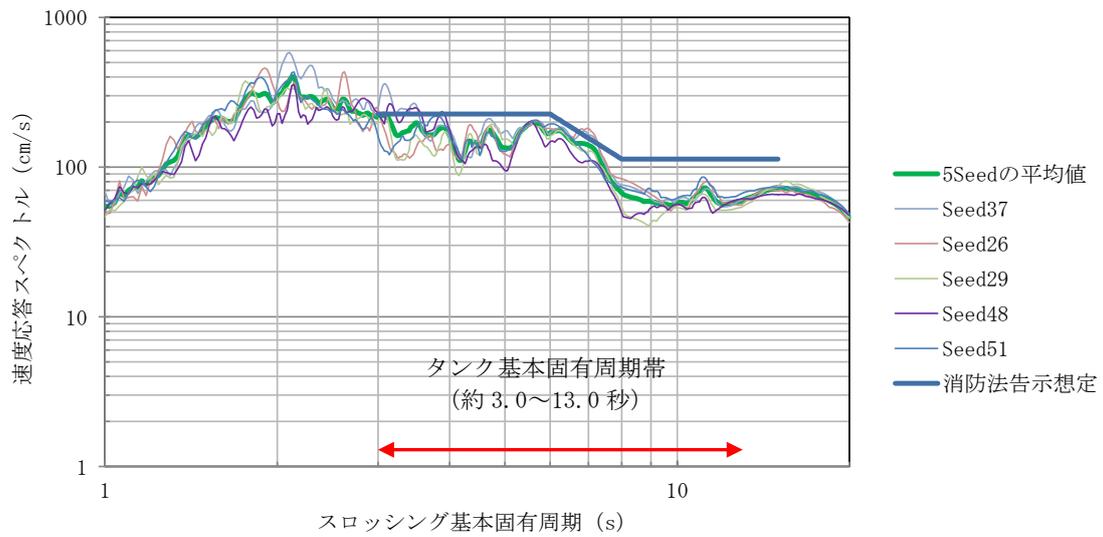


図 6.5.2(3) 5シードの擬似速度応答スペクトルの算術平均の例
(過去最大クラス全割れ、減衰定数=1.0%、5次メッシュ: 5236353212)

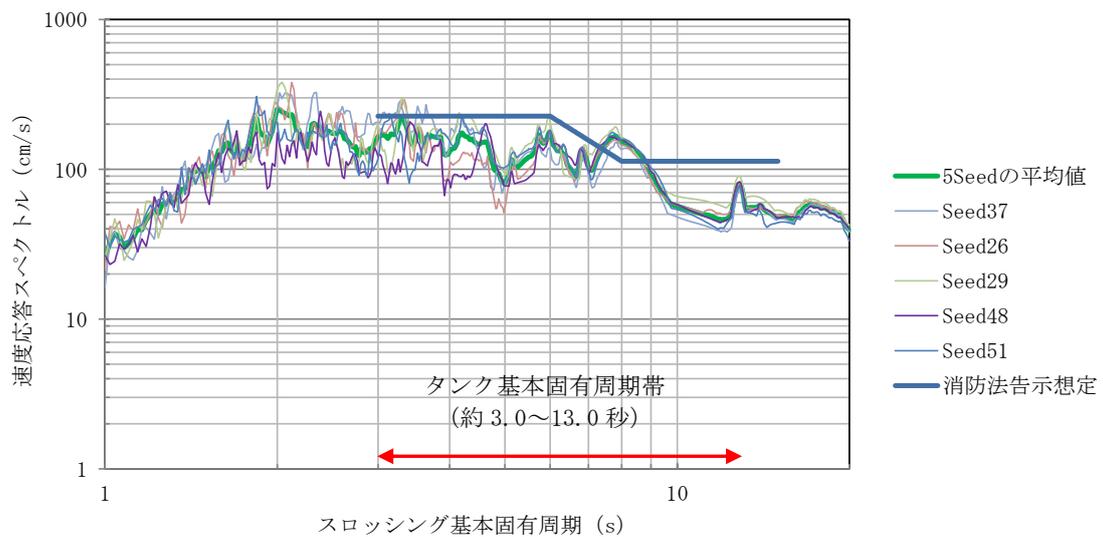


図 6.5.2(4) 5シードの擬似速度応答スペクトルの算術平均の例
(過去最大クラス西半割れ西端、減衰定数=0.1%、5次メッシュ: 5236356123)

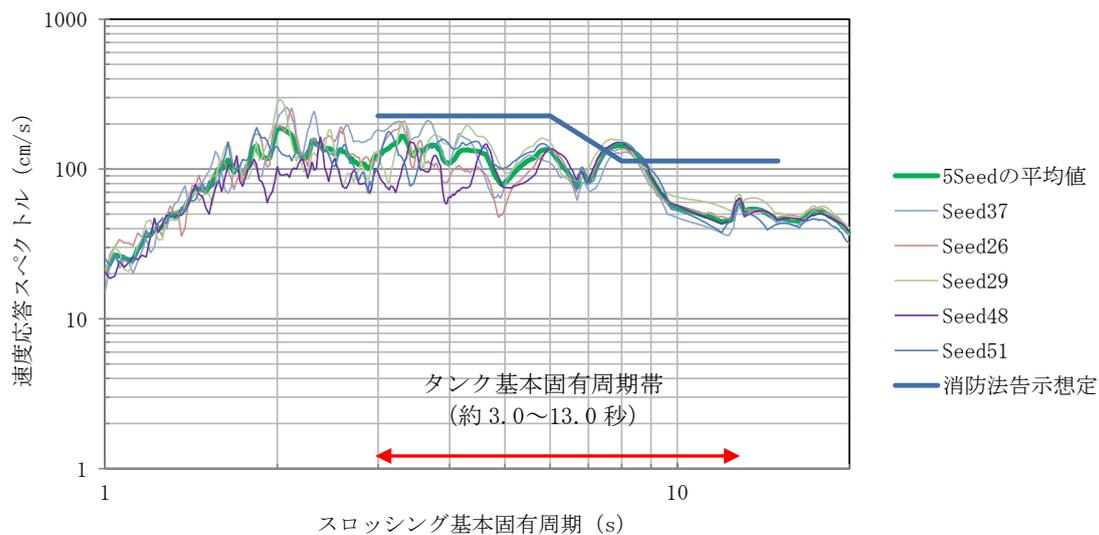


図 6.5.2(5) 5シードの擬似速度応答スペクトルの算術平均の例
(過去最大クラス西半割れ西端、減衰定数=0.5%、5次メッシュ : 5236356123)

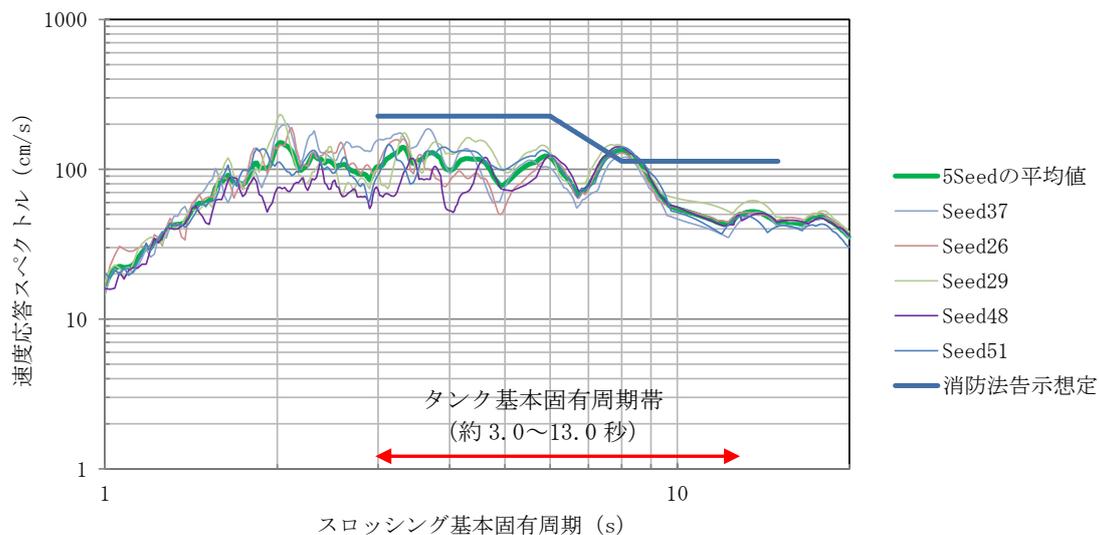


図 6.5.2(6) 5シードの擬似速度応答スペクトルの算術平均の例
(過去最大クラス西半割れ西端、減衰定数=1.0%、5次メッシュ : 5236356123)

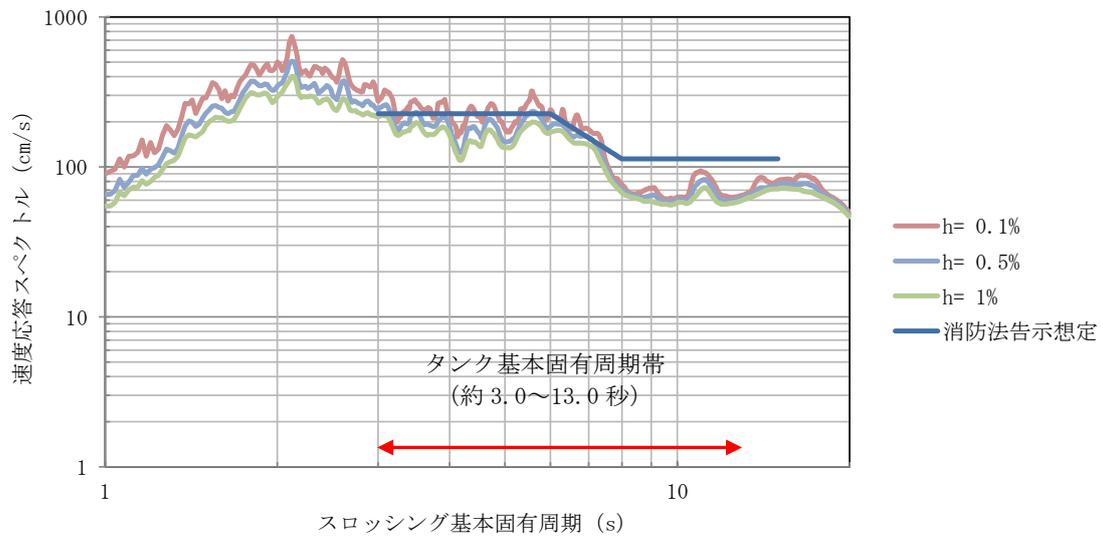


図 6.5.3 過去最大クラス全割れの擬似速度応答スペクトル (5次メッシュ : 5236353212)

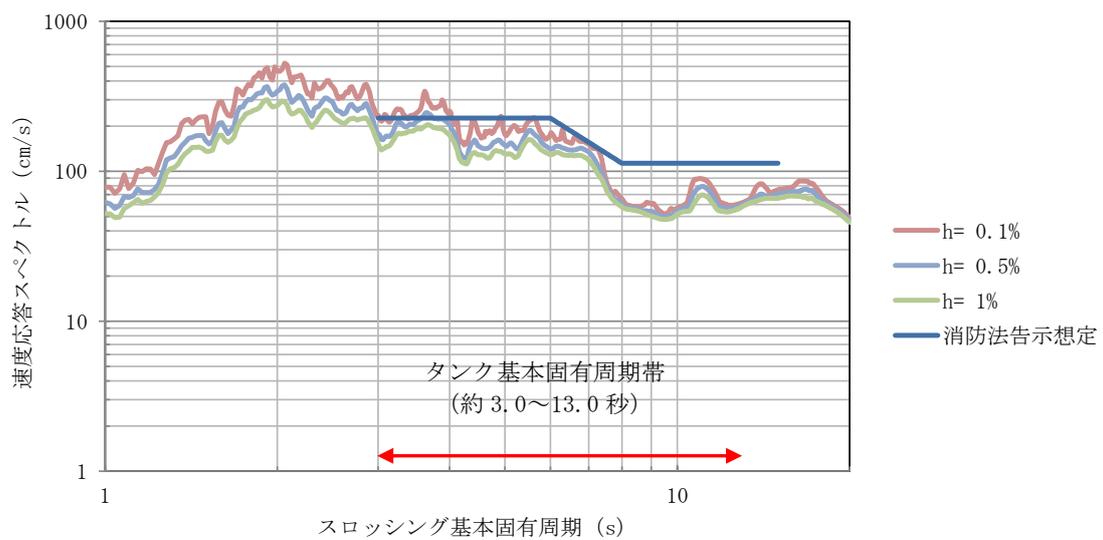


図 6.5.4 過去最大クラス全割れの擬似速度応答スペクトル (5次メッシュ : 5236356123)

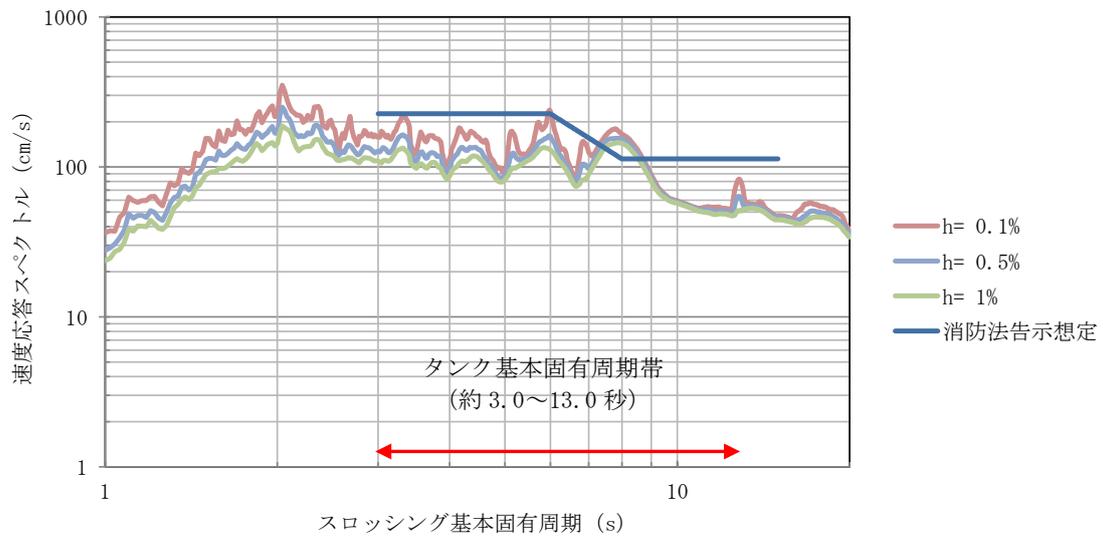


図 6.5.5 過去最大クラス西半割れ西端の擬似速度応答スペクトル
(5次メッシュ : 5236353212)

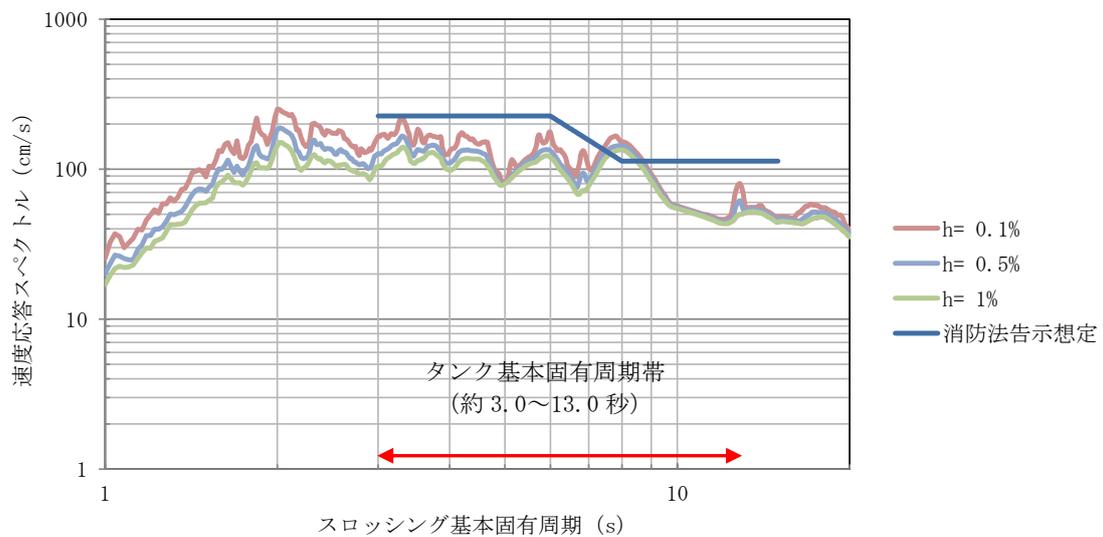


図 6.5.6 過去最大クラス西半割れ西端の擬似速度応答スペクトル
(5次メッシュ : 5236356123)

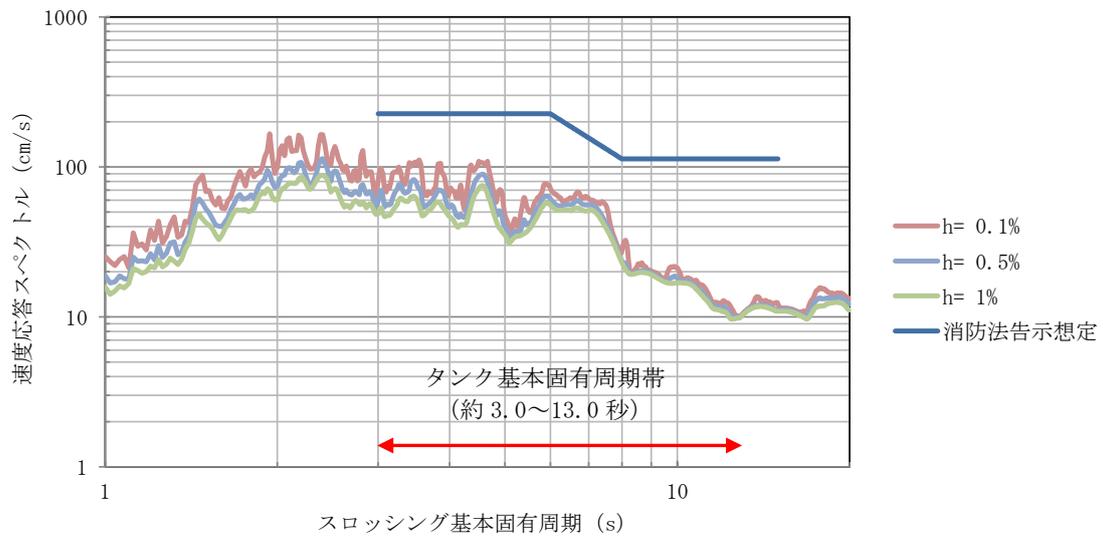


図 6.5.7 過去最大クラス西半割れ潮岬の擬似速度応答スペクトル
(5次メッシュ : 5236353212)

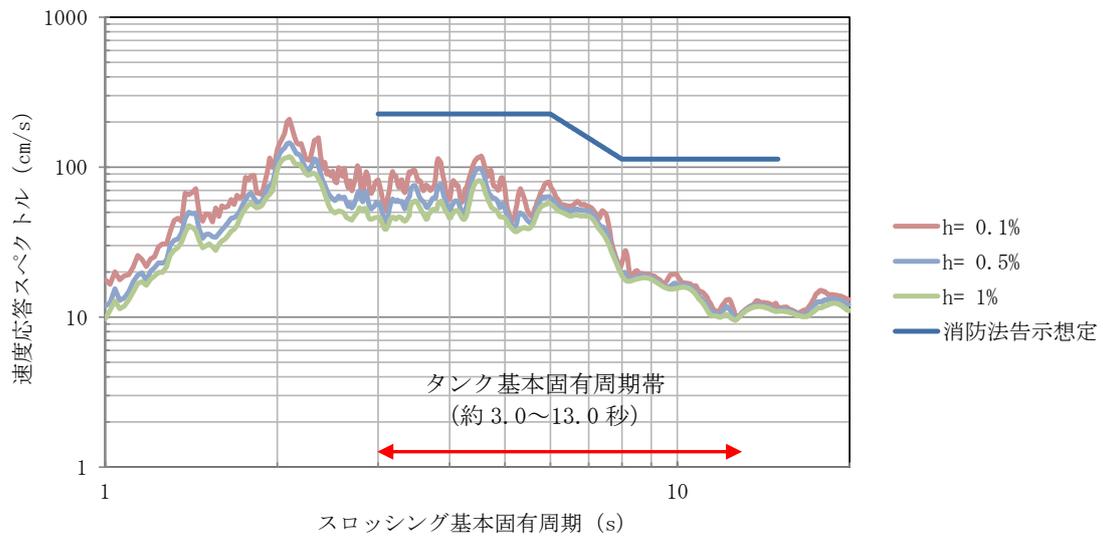


図 6.5.8 過去最大クラス西半割れ潮岬の擬似速度応答スペクトル
(5次メッシュ : 5236356123)

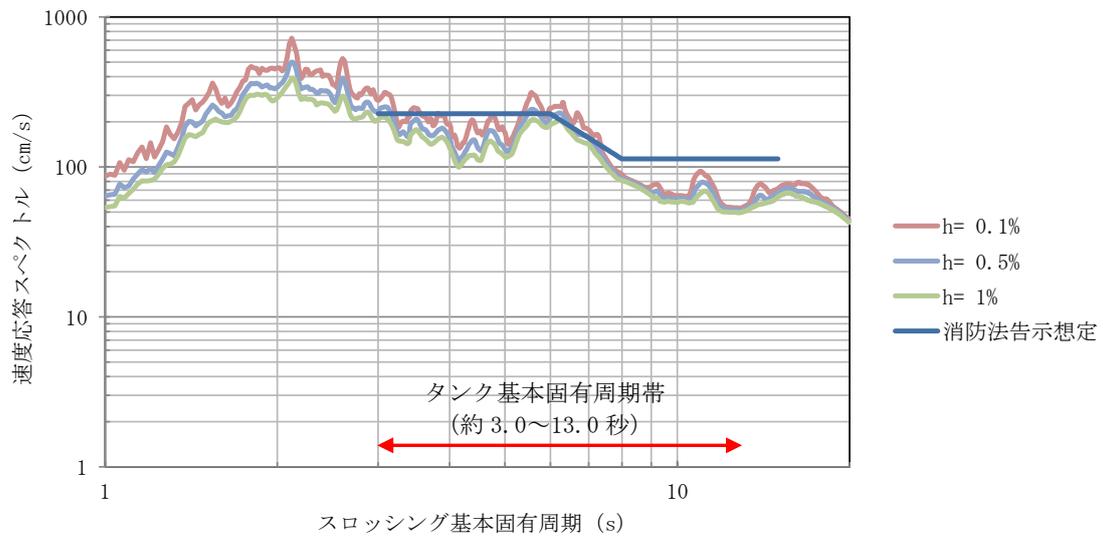


図 6.5.9 過去最大クラス東半割れ潮岬の擬似速度応答スペクトル
(5次メッシュ : 5236353212)

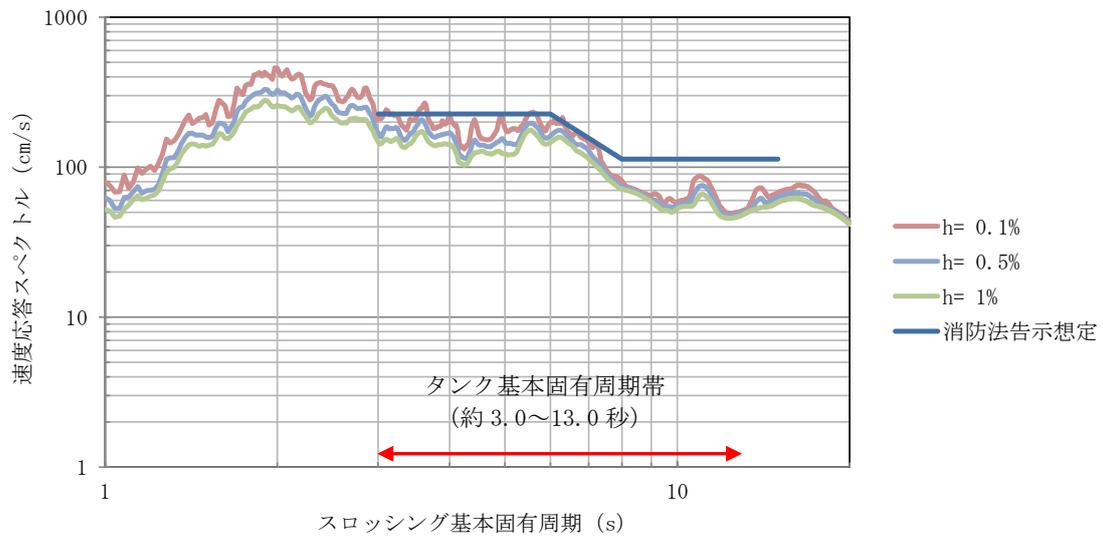


図 6.5.10 過去最大クラス東半割れ潮岬の擬似速度応答スペクトル
(5次メッシュ : 5236356123)

前提となる長周期地震動の選定にあたり、4つの地震の擬似速度応答スペクトルを比較したところ、固有周期によって最大の擬似速度応答スペクトルを示す地震が異なることが算定された。

そこで、本コンビナート防災アセスメント調査の長周期地震動評価では、安全側の想定として、固有周期毎に擬似速度応答スペクトルが最大となる地震のスペクトル値（以下、4地震の擬似速度応答スペクトルの包絡線という）を想定してスロッシングの被害を評価することとした。

4地震の擬似速度応答スペクトルの包絡線を図 6.5.11～図 6.5.16 に示す。

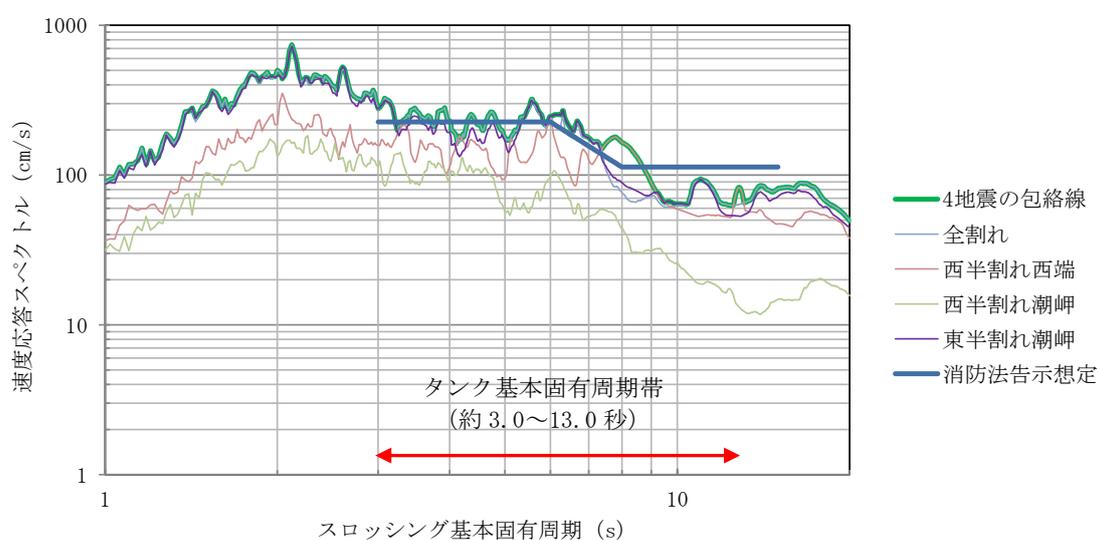


図 6.5.11 4地震の擬似速度応答スペクトルの包絡線（減衰定数=0.1%）

（5次メッシュ：5236353212）

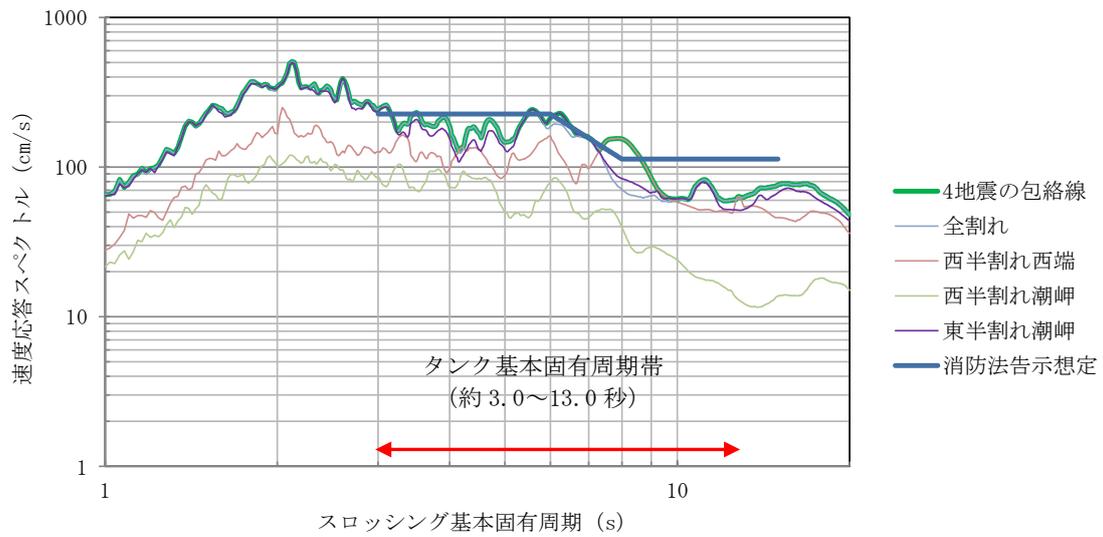


図 6.5.12 4地震の擬似速度応答スペクトルの包絡線 (減衰定数=0.5%)
(5次メッシュ : 5236353212)

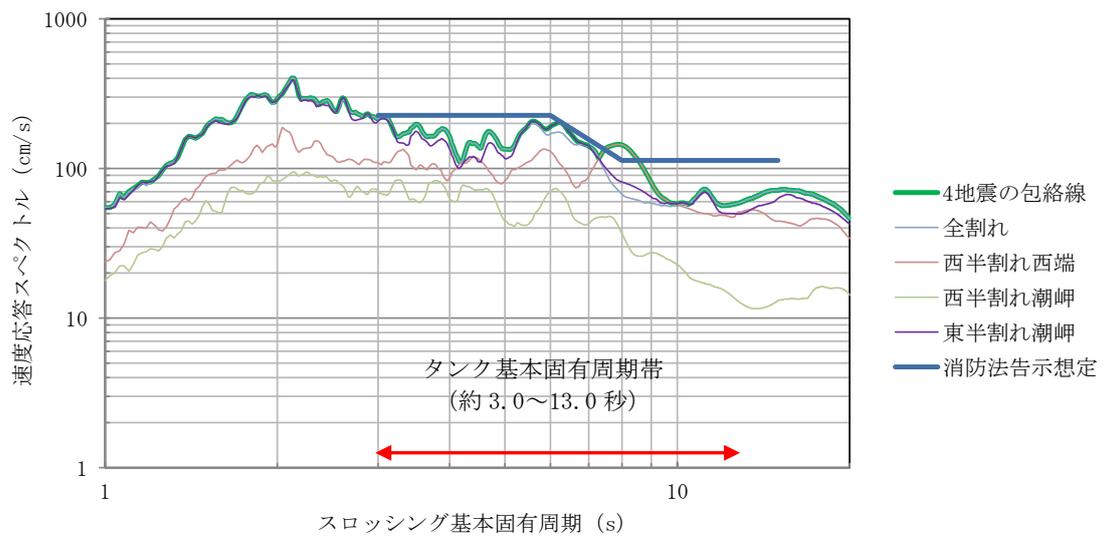


図 6.5.13 4地震の擬似速度応答スペクトルの包絡線 (減衰定数=1%)
(5次メッシュ : 5236353212)

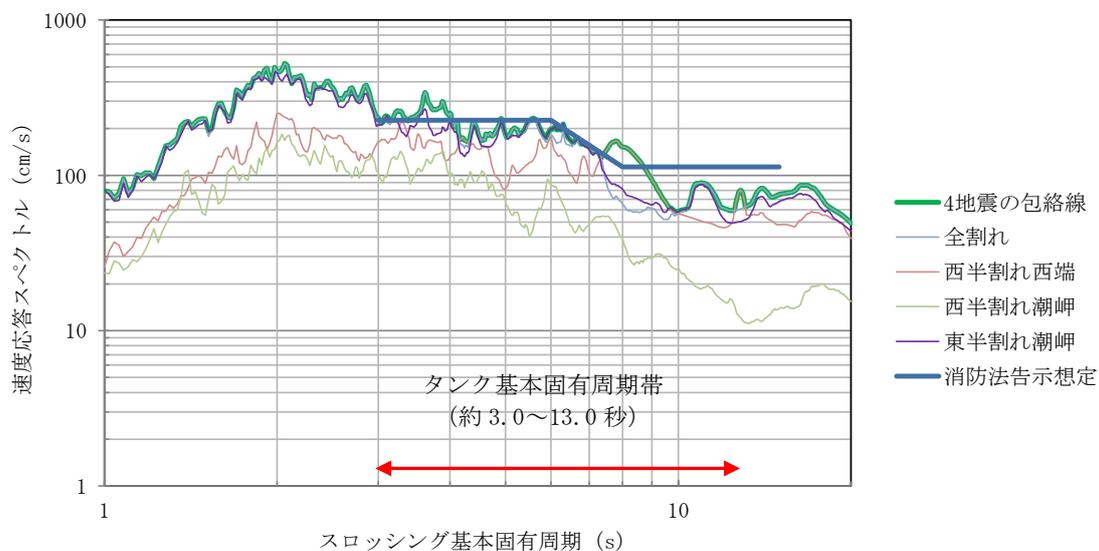


図 6.5.14 4地震の擬似速度応答スペクトルの包絡線 (減衰定数=0.1%)
(5次メッシュ : 5236356123)

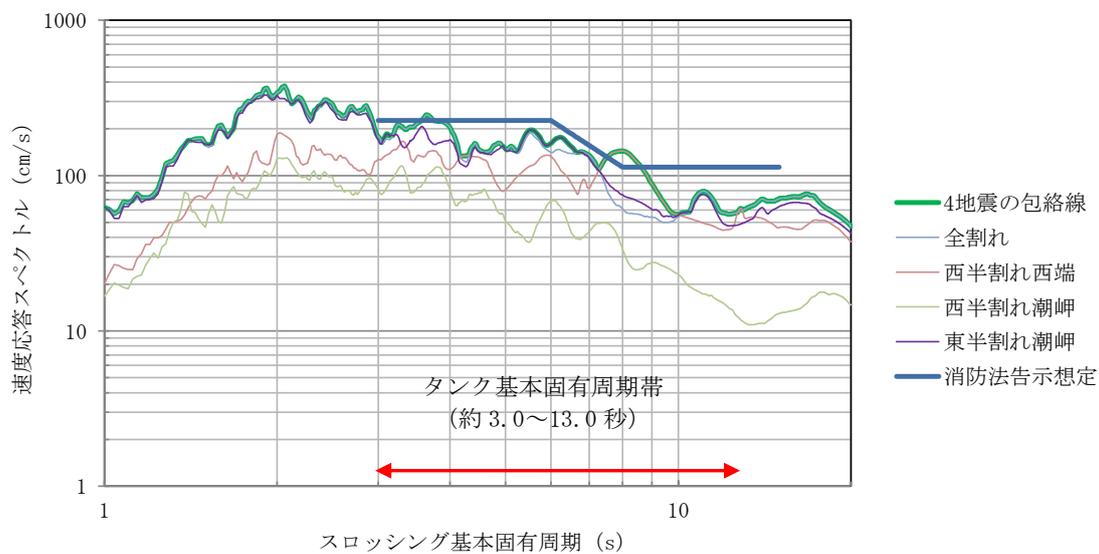


図 6.5.15 4地震の擬似速度応答スペクトルの包絡線 (減衰定数=0.5%)
(5次メッシュ : 5236356123)

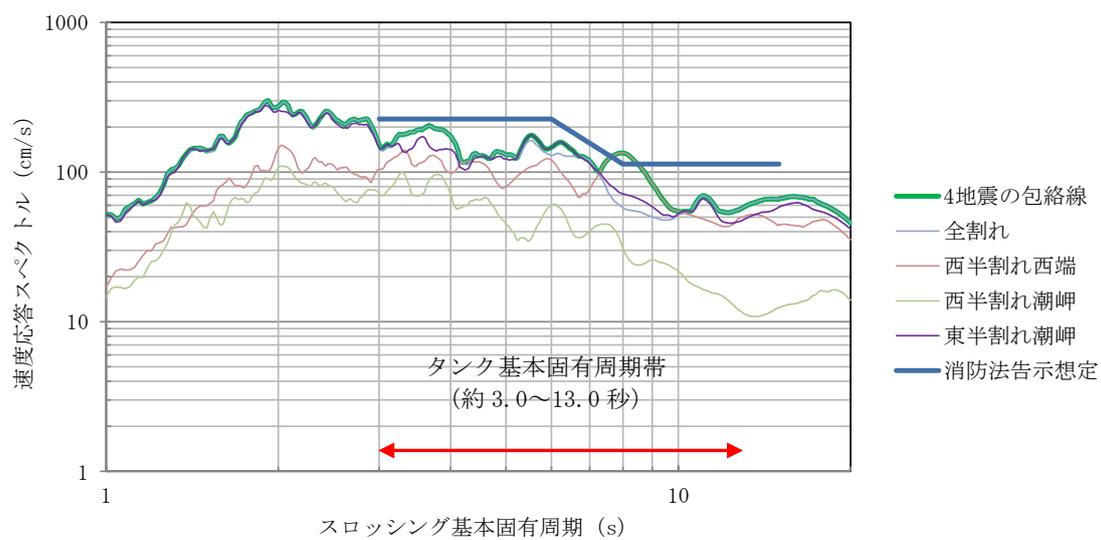


図 6.5.16 4地震の擬似速度応答スペクトルの包絡線 (減衰定数=1%)
(5次メッシュ : 5236356123)

6.6. スロッシング最大波高及び溢流量の推定

6.6.1. スロッシング最大波高の推定

各タンクのスロッシング最大波高を式(1)により推定し、起こり得る災害の検討を行う。なお、液面高さは最高液面高さを想定する。また屋根形式に関わらず、全ての稼働中のタンクを予測対象とする。

6.5 で設定した長周期地震動に対して、スロッシング最大波高の推定結果を表 6.6.1 及び図 6.6.1 に示す。また、余裕空間高さとスロッシング最大波高を比較した結果を図 6.6.2 に示す。本図内の対角線の上側に位置するタンクは、最高液面高さ時に溢流する可能性がある。

容量 1,000k1 以上のタンクについて、最高液面高さ時にスロッシング最大波高が余裕空間高さを超えることが想定されるタンクは、内部浮き蓋付きタンクで 2 基、固定屋根式タンクで 107 基である。なお、浮き屋根（シングルデッキ）タンク及び浮き屋根（ダブルデッキ）タンクについては、スロッシング最大波高が余裕空間高さを超えることは想定されなかった^a。

また、容量 1,000k1 未満のタンクについては消防法告示の液面管理の規制対象ではなく、参考の結果であるが、最高液面高さ時にスロッシング最大波高が余裕空間高さを超えることが想定されるタンクは、内部浮き蓋付きタンクで 8 基、固定屋根式タンクで 61 基である。

^a 特に浮き屋根タンクについては、自主的に液面を低下させる措置等を講じているタンクも多く、それにより、想定地震における擬似速度応答スペクトルが消防法告示の想定を上回る固有周期の浮き屋根タンクであっても、溢流が想定されなかった。

表 6.6.1(1) スロッシング最大波高とタンク余裕空間高さとの比較
(容量 1,000kl 以上のタンク)

(単位：基)

| スロッシング 最大波高が | 浮き屋根 | | 内部 浮き蓋 | 固定 屋根 | 計 |
|-----------------|-------------|------------|-----------|----------|-----|
| | シングル デッキ | ダブル デッキ | | | |
| 余裕空間高さ を超える | 0 | 0 | 2 | 107 | 109 |
| 余裕空間高さ を超えない | 82 | 9 | 37 | 51 | 179 |
| 計 | 82 | 9 | 39 | 158 | 288 |

表 6.6.1(2) 【参考】スロッシング最大波高とタンク余裕空間高さとの比較
(容量 1,000kl 未満のタンク)

(単位：基)

| スロッシング 最大波高が | 浮き屋根 | | 内部 浮き蓋 | 固定 屋根 | 計 |
|-----------------|-------------|------------|-----------|----------|----|
| | シングル デッキ | ダブル デッキ | | | |
| 余裕空間高さ を超える | 0 | 0 | 8 | 61 | 69 |
| 余裕空間高さ を超えない | 0 | 0 | 5 | 7 | 12 |
| 計 | 0 | 0 | 13 | 68 | 81 |

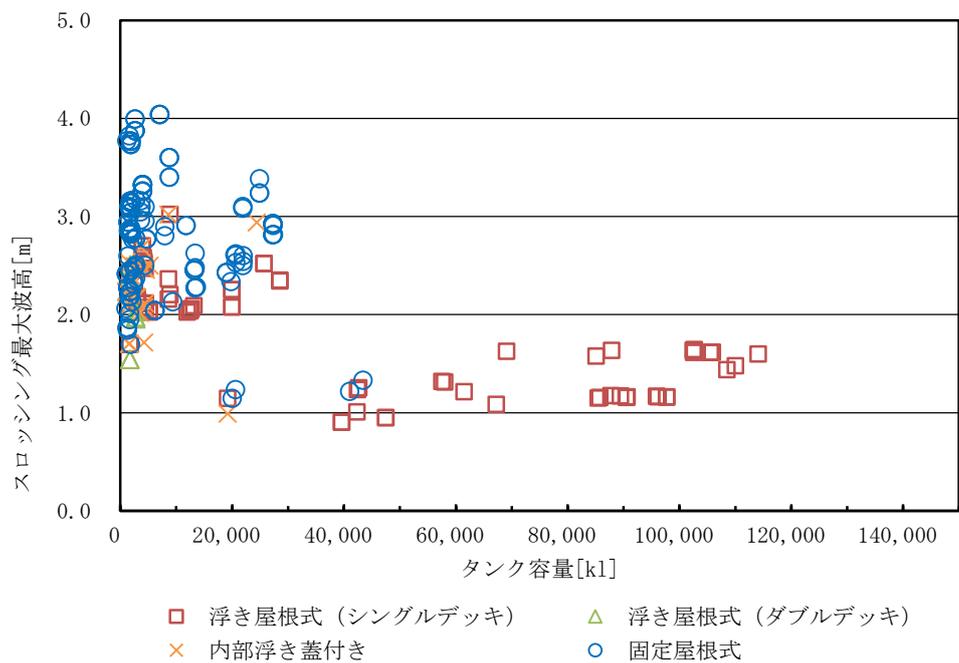


図 6.6.1(1) スロッシング最大波高の分布 (容量 1,000kl 以上のタンク)

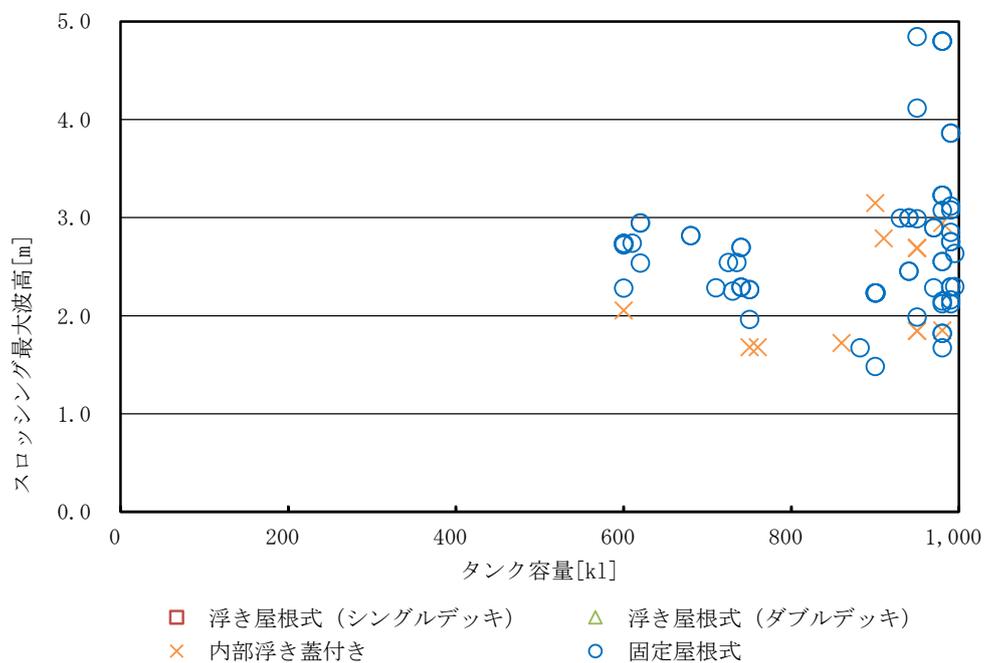


図 6.6.1(2) 【参考】スロッシング最大波高の分布 (容量 1,000kl 未満のタンク)

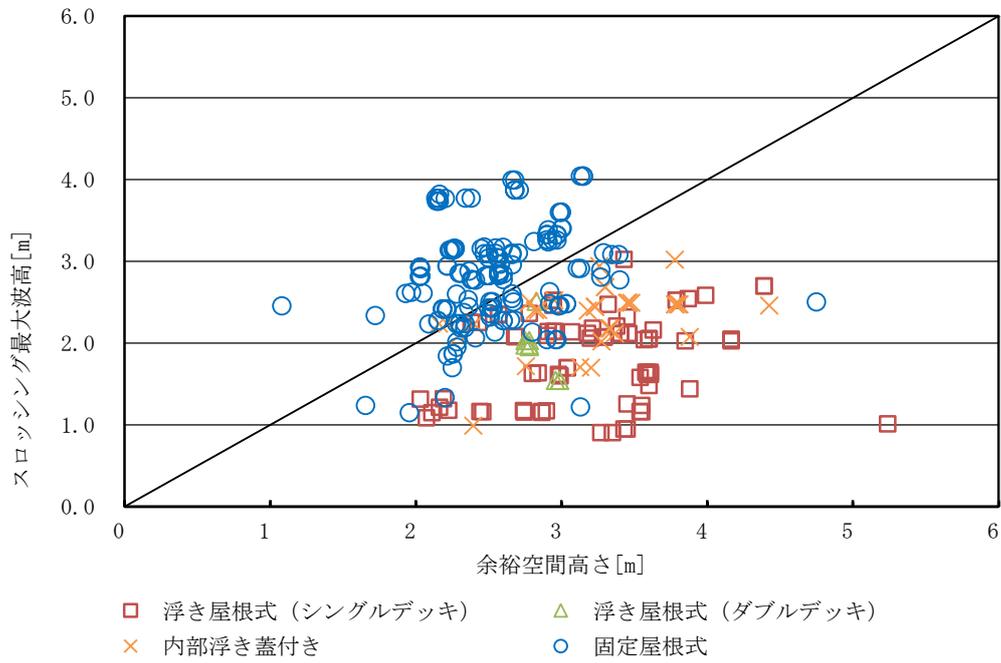


図 6.6.2(1) 余裕空間高さとしロッシング最大波高の分布
(容量 1,000kl 以上のタンク)

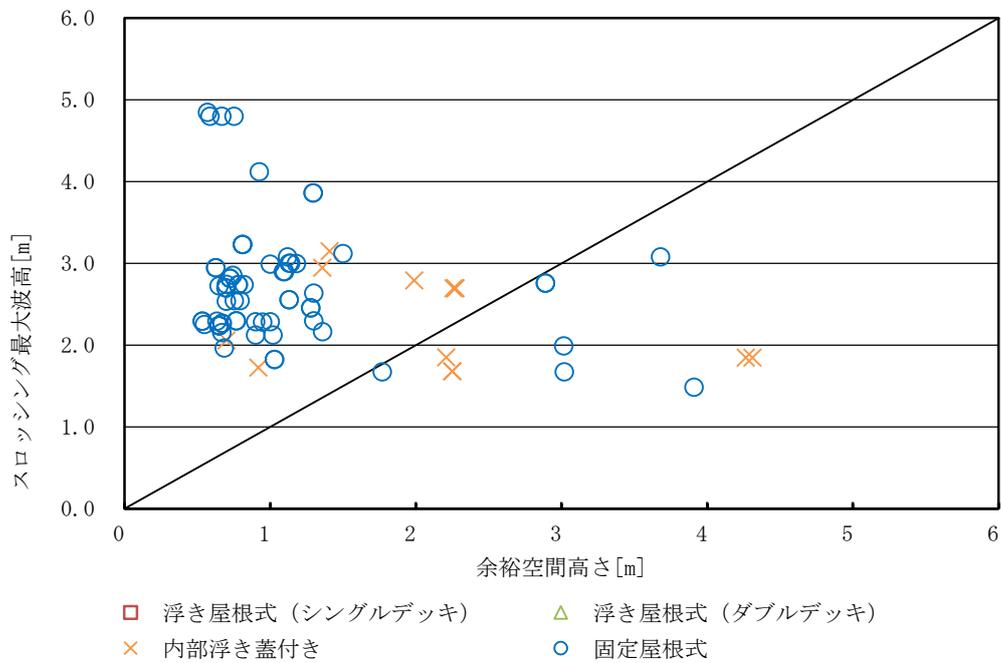


図 6.6.2(2) 【参考】 余裕空間高さとしロッシング最大波高の分布
(容量 1,000kl 未満のタンク)

6.6.2. 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、6.6.1で求めた最大波高に対応する溢流量の推定を行う。算定手法の詳細は参考資料4に示す通りである。

ここで、固定屋根式タンク及び内部浮き蓋付きタンクについては、液面が屋根に達したとしても、屋根が破損しない限り溢流は生じないが、危険物タンクは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可能性があるため、参考までに溢流量を算定する^a。ただし、溢流量算定に用いた式は浮き屋根式タンクに関する実験から推定されたパラメータを用いており、固定屋根式タンク及び内部浮き蓋付きタンクについても同じパラメータを用いて推定した参考値であることを注意が必要である。

6.5で設定した長周期地震動による溢流量の推定結果を表6.6.2及び図6.6.3に示す。

容量1,000kl以上のタンクについて、屋根が破損した場合の参考値であるが、内部浮き蓋付きタンクで最大0.1m³、固定屋根式タンクで最大361m³の溢流が想定される。

また、容量1,000kl未満のタンクについては、消防法告示の液面管理の規制対象ではなく、さらに屋根が破損した場合の参考値であるが、内部浮き蓋付きタンクで最大47m³、固定屋根式タンクで最大320m³の溢流が想定される。

表 6.6.2(1) 溢流量の推定結果（容量1,000kl以上のタンク）

| 屋根形式 | 1基あたり溢流量 |
|----------------|------------------------|
| 浮き屋根式（シングルデッキ） | 0 m ³ |
| 浮き屋根式（ダブルデッキ） | 0 m ³ |
| 【参考値】内部浮き蓋付き | 0 ~ 0.1 m ³ |
| 【参考値】固定屋根式 | 0 ~ 361 m ³ |

表 6.6.2(2) 【参考】溢流量の推定結果（容量1,000kl未満のタンク）

| 屋根形式 | 1基あたり溢流量 |
|----------------|------------------------|
| 浮き屋根式（シングルデッキ） | 0 m ³ |
| 浮き屋根式（ダブルデッキ） | 0 m ³ |
| 【参考値】内部浮き蓋付き | 0 ~ 47 m ³ |
| 【参考値】固定屋根式 | 0 ~ 320 m ³ |

^a 消防庁指針によると、固定屋根式タンクの溢流量については、波高が側板上端を上回る程度から大まかに推定するとされている。

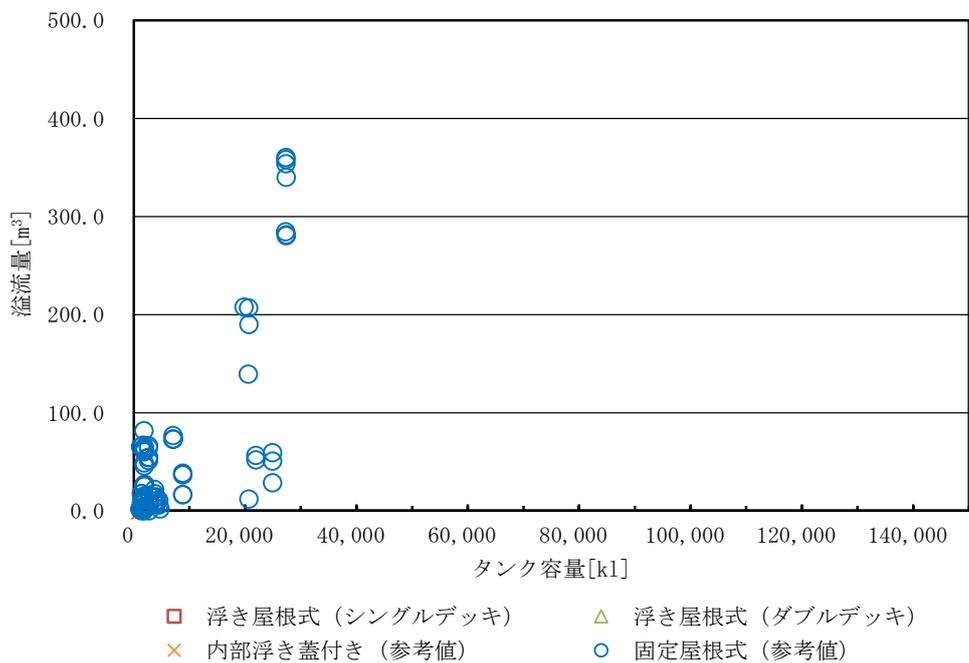


図 6.6.3(1) 溢流量の分布 (容量 1,000kl 以上のタンク)

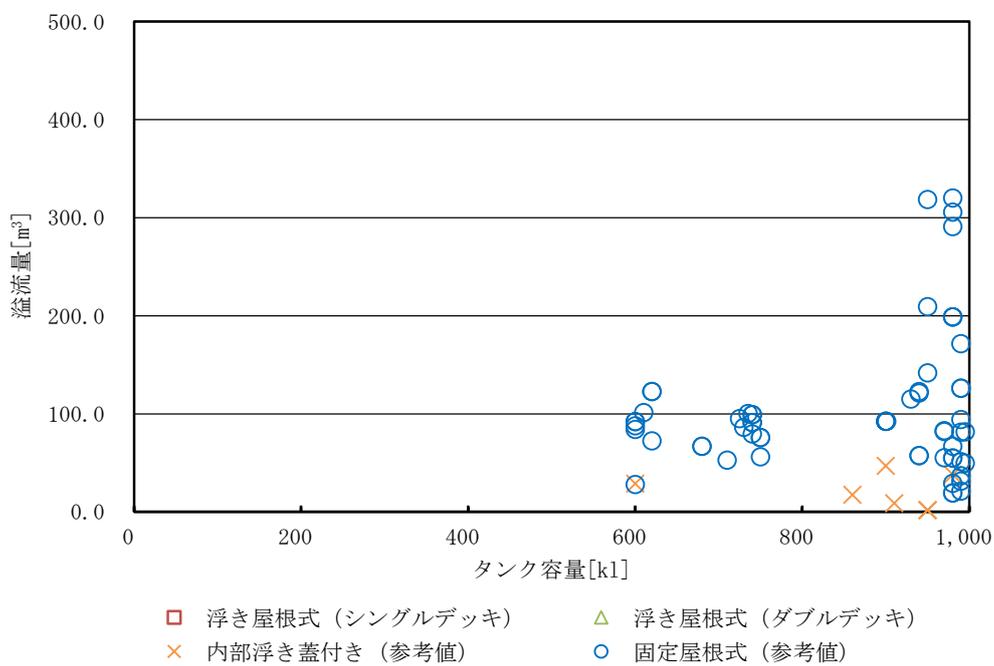


図 6.6.3(2) 【参考】溢流量の分布 (容量 1,000kl 未満のタンク)

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等が考えられる。スロッシングによる危険物タンクの災害のETを図 6.7.1～図 6.7.7に示す。

平成 15 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 2 m を超えると危険性が高いこと、10 万 k1 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。

また、同様の規模・形状の危険物タンクは、同じ液面高さであればスロッシング基本固有周期も同じとなるため、スロッシングにより複数の危険物タンクが同時に被害を受ける可能性があることに注意が必要である。

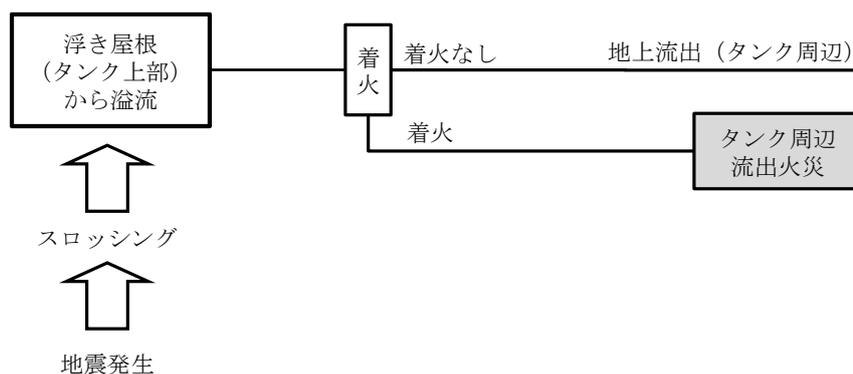


図 6.7.1 長周期地震動・浮き屋根式危険物タンク ET (浮き屋根からの溢流)

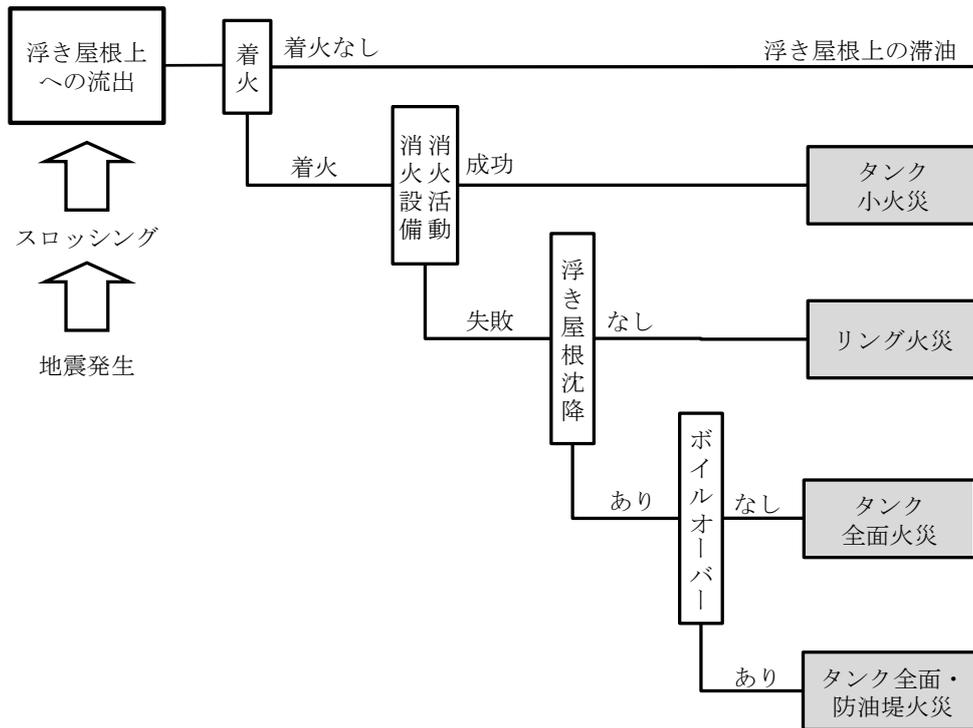


図 6.7.2 長周期地震動・浮き屋根式危険物タンク ET (浮き屋根上への流出)

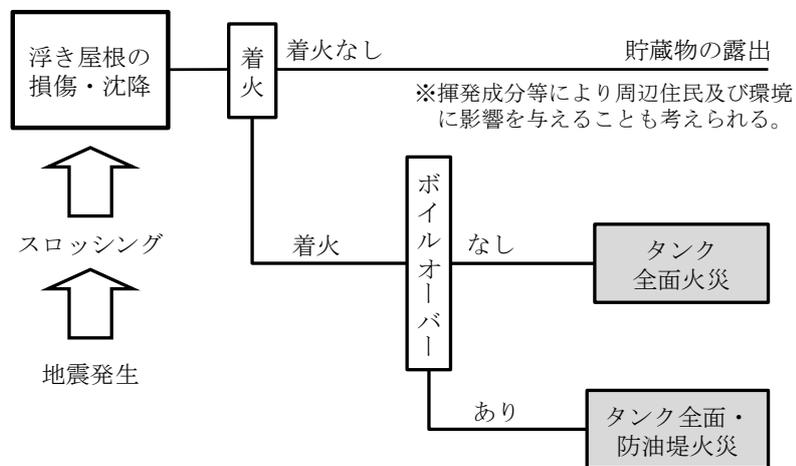


図 6.7.3 長周期地震動・浮き屋根式危険物タンク ET (浮き屋根の損傷・沈降)

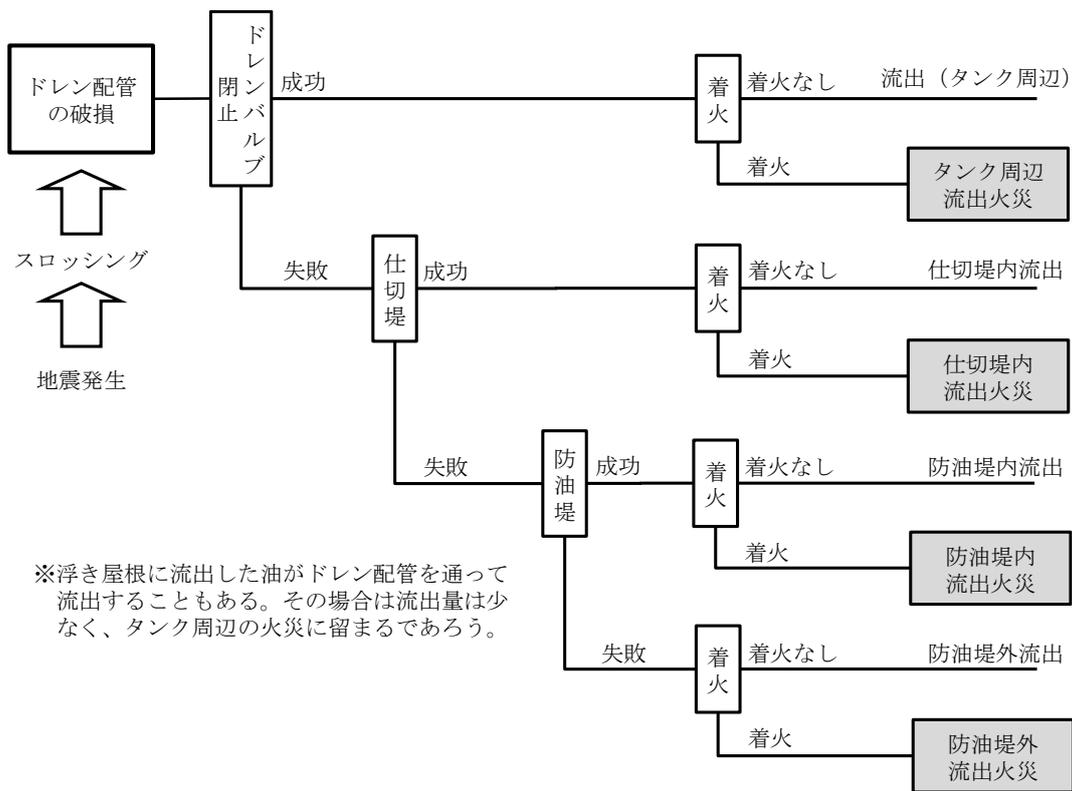


図 6.7.4 長周期地震動・浮き屋根式危険物タンク ET（タンク中のドレン配管の破損）

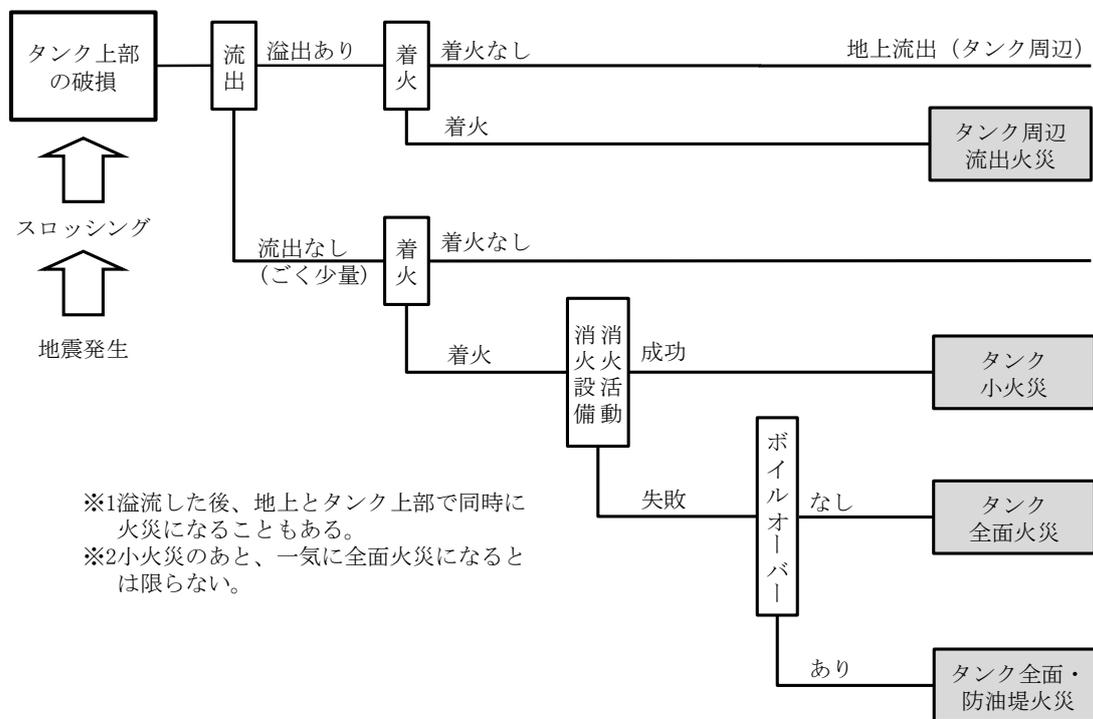


図 6.7.5 長周期地震動・固定屋根式危険物タンク及び内部浮き蓋付き危険物タンク ET（タンク上部の破損）

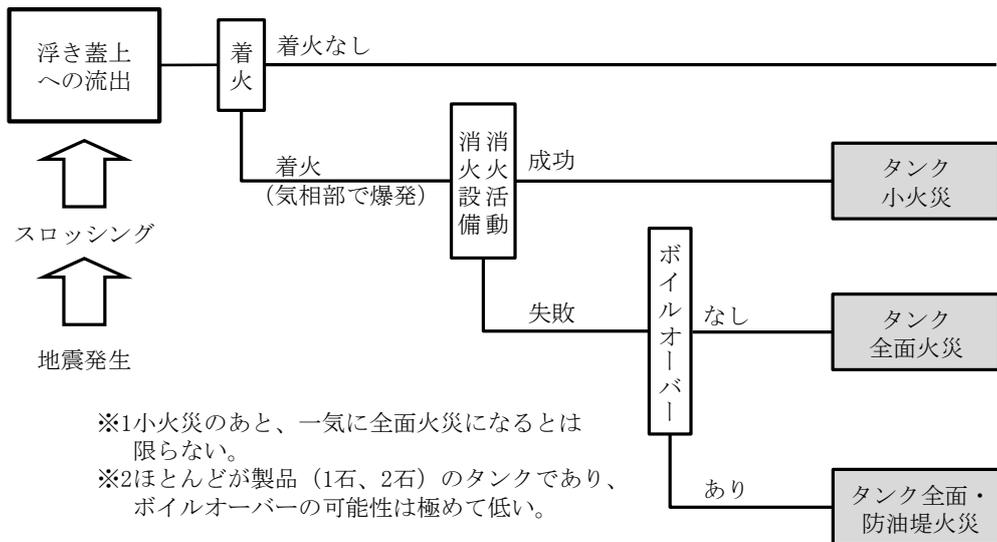


図 6.7.6 長周期地震動・内部浮き蓋付き危険物タンク ET (浮き蓋上への流出)

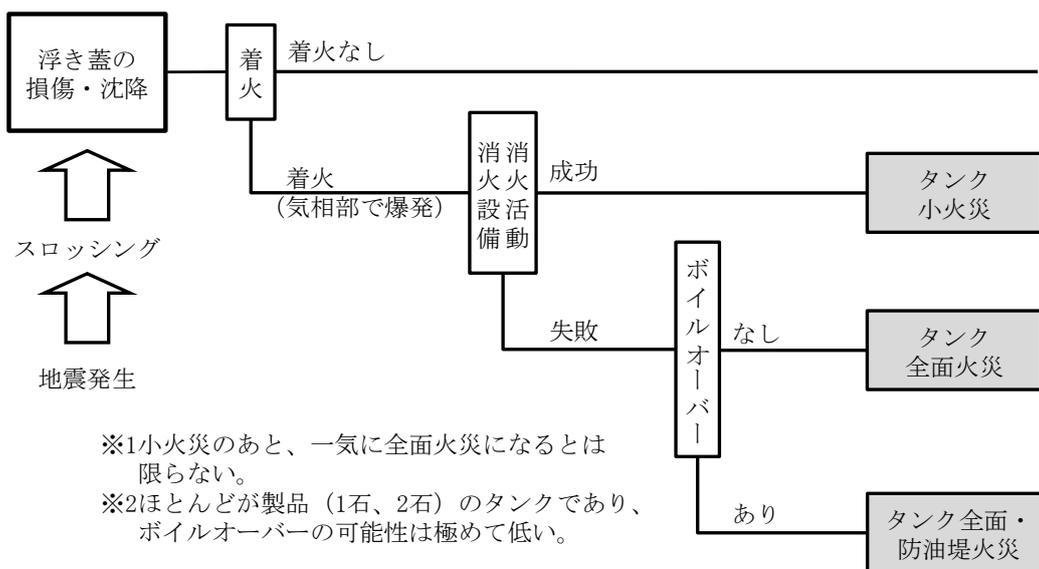


図 6.7.7 長周期地震動・内部浮き蓋付き危険物タンク ET (浮き蓋の損傷・沈降)

6.7.1. スロッシングによる内容物の溢流

浮き屋根式の危険物タンクでは、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が、本調査においては浮き屋根式の危険物タンクから溢流は想定されなかった。

一方で、固定屋根式及び内部浮き蓋付きの危険物タンクでは、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。

6.7.2. スロッシングによる浮き蓋・浮き屋根損傷

スロッシングが生じると、浮き屋根式タンクでは浮き屋根と、タンク側板や付属設備とが衝突することにより、タンク側板や浮き屋根の変形・破損、浮き屋根上への油の滞留、浮き屋根の沈没等が生じる恐れがあり、特にスロッシング最大波高が大きい場合にはその危険性が高い。

内部浮き蓋付きタンクについても同様に、内部浮き蓋とタンク側板や付属設備とが衝突することにより、タンク側板や浮き蓋の変形・破損、浮き蓋上への油の滞留、浮き蓋の沈没等が生じる恐れがある。

浮き屋根（シングルデッキ）タンクの最大波高は最大で約 3.0m、浮き屋根（ダブルデッキ）タンクの最大波高は最大で約 2.5m、内部浮き蓋付きタンクの最大波高は最大で約 3.1m であり、スロッシングにより浮き蓋・浮き屋根の損傷が発生する恐れがある。

6.7.3. 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、タンク屋根部での火災が考えられる。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が、本調査においては浮き屋根式の危険物タンクから溢流は想定されなかった。

また、内部浮き蓋付きタンクでは、浮き蓋の損傷により浮き蓋上への油の漏洩があった場合に、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、場合によっては爆発・火災に到る可能性も否定できない。

6.8. スロッシングによる災害の影響度の推定

6.7 で示した災害のうち、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、災害の影響度の推定を行う。

6.8.1. 災害の影響度の算定条件

災害の影響度の算定条件は平常時の条件と同様で、以下の通りとする。影響度区分も平常時と同様とする（表 4.4.1 参照）。

(タンク全面火災)

| | | |
|-------|---|---------------------------|
| しきい値 | 液面火災の放射熱：2.3kW/m ² | |
| 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。 | |
| 影響距離 | 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た。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 火炎の放射熱の算出 | 火炎モデル (参考資料2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 | |
| 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。 | |
| 影響距離 | 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。なお、これを半径とする円内が影響範囲となる。 | |
| 使用した式 | 火炎の放射熱の算出 | 火炎モデル (参考資料2式 11, 12, 15) |

6.8.2. 災害の影響度の評価結果

長周期地震動による災害の影響度については以下のとおりである。

○浮き屋根式タンク

スロッシングによる危険物の溢流は想定されなかったが、浮き屋根上への流出や浮き屋根の損傷、ドレン配管の損傷を初期事象としたタンク全面火災やタンク全面・防油堤火災の可能性はある。

○内部浮き蓋付きタンク

浮き蓋上への流出や浮き蓋の損傷・沈降を初期事象としたタンク全面火災やタンク全面・防油堤火災の可能性はある。

○固定屋根式タンク

タンク上部の破損を初期事象としたタンク全面火災やタンク全面・防油堤火災の可能性はある。

上記より、全ての形式の危険物タンクについて、タンク全面火災及びタンク全面・防油堤火災の影響度の推計結果を示す。

影響度の評価結果としては、1分間以内で痛みを感じる強度である2.3kW/m²を基準値とし

た場合、タンク全面火災の影響距離は最大でⅡレベル（100m 以上 200m 未満）、防油堤内流出火災の影響距離は最大でⅠレベル（200m 以上）に及ぶ可能性がある。

7. 津波による被害を対象とした評価

本章では、消防庁指針に記載されている手法を用いて、津波による被害を対象とした評価を実施する。

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、浸水被害想定を基に、施設が被害を受ける可能性について評価を行う。

危険物タンクについては、浸水が想定された場合は、消防庁が公表しているシミュレーションツール^aを用いて、定量的な評価を行う。

7.1. 東日本大震災における津波による被害の発生状況

7.1.1. 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^bのうち、都道府県別の被災施設数と主な被害原因を表 7.1.1 に、施設形態別の被害の主な原因と被害の内訳を表 7.1.2 にそれぞれ示す。

被災施設数は、15 都道府県の 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%であった。また、屋外タンク貯蔵所では火災が 1 件、流出が 92 件、破損及びその他の被害が多数発生している。

表 7.1.1 都道府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 | 1,409 |
| 津波 | 10 | 127 | 429 | 1,048 | 0 | 0 | 153 | 40 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 1,821 |
| 判別不明 | 0 | 16 | 7 | 59 | 0 | 0 | 21 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 111 |
| 都道府県別計 | 10 | 143 | 521 | 1,396 | 9 | 6 | 491 | 547 | 40 | 2 | 9 | 106 | 7 | 28 | 26 | 3,341 |
| 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 |

^a 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/>

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

表 7.1.2 施設別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) | 津波による被災施設数 | | | | |
|----------|--------------|----------|------------|-----|-------|-----|-------|
| | | | 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 |
| 一般取扱所 | 33,557 | 561 | 7 | 4 | 275 | 58 | 344 |
| 計 | 211,877 | 3,341 | 36 | 106 | 1,347 | 332 | 1,821 |

また、同調査では、岩手県及び宮城県の沿岸部の一部を対象として危険物タンクが受けた津波被害に関する詳細なアンケート調査を行った。その調査の結果として合計 244 基のデータが集まり、内訳としては、「タンクの本体にも付属配管にも被害がなかったもの」が 116 基、「タンクの本体は被害はないものの、付属配管が被害を受けたもの」が 60 基、「タンクの本体と付属配管ともに被害があったもの」が 68 基であった。

畑山(2012)は、この被害発生状況の調査結果をもとに、津波浸水深と被害発生状況の関係を図 7.1.1 のように整理した。この図より、浸水深が 2.5m 未満の場合はタンク本体にも付属配管にも被害はなく、2.5m を超えた場合は付属配管に被害が発生し始め、5m を超えた場合はタンク本体にも被害が発生する傾向にあり、津波の浸水深がおおむね 2.5m を超えるような場合に、危険物タンクの津波被害軽減対策が必要であることが指摘されている^a。

^a 石油タンクの被害状況について(畑山健、消防科学と情報、No.109、2012)

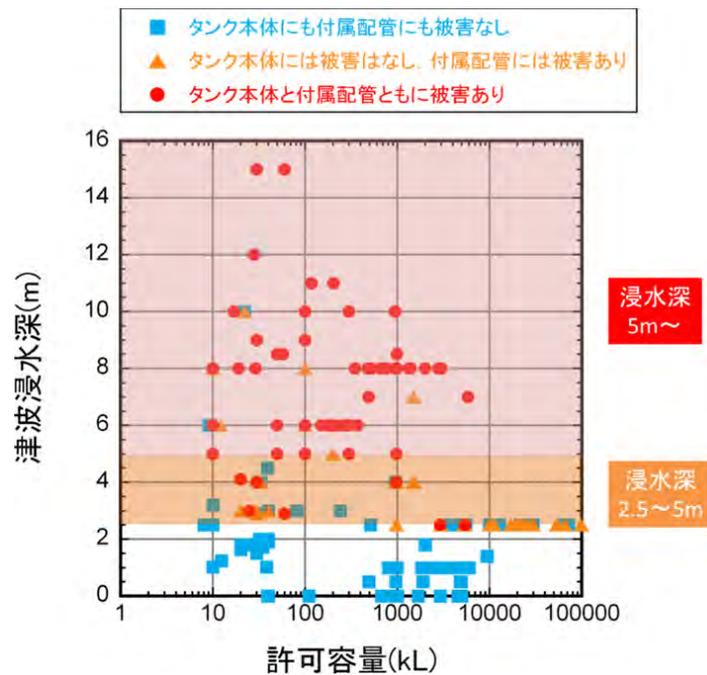


図 7.1.1 津波浸水深と被害発生状況の関係^a

7.1.2. 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内、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 7.1.3）。これによると、浸水深1 m未満の津波により計装設備、ガス漏洩検知警報設備、消防火設備の破損・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、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1～2 m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等の被害も起き、浸水深が2～3 mになると、高圧ガスローリーの流出の被害も起き、浸水深3 m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。^b

^a 石油タンクの被害状況について（畑山健、消防科学と情報、No.109、2012）

^b 「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」（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、平成24年4月）

表 7.1.3 事業所の浸水深と津波による高圧ガス施設の被害^a

| 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% |
| 計 | 73 | 5 | 23 | 43 | 32 | 41 | 21 | 27 | 39 | 8 | 8 | 31 |

注) パーセンテージは、津波高さごとの事業所数における被害の割合を示す。

7.2. 前提となる地震の想定

7.2.1. 三重県の被害想定の対象とする地震

三重県では、国が実施した南海トラフ巨大地震の被害想定を踏まえ、令和6年度から南海トラフ地震被害想定調査を実施している。津波について、三重県が津波浸水想定の対象とする地震である南海トラフ地震の津波断層モデルの概要を表 7.2.1 に示す。

^a 「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」（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、平成 24 年 4 月）

表 7.2.1 三重県が津波浸水想定の対象とする南海トラフ地震の津波断層モデルの概要

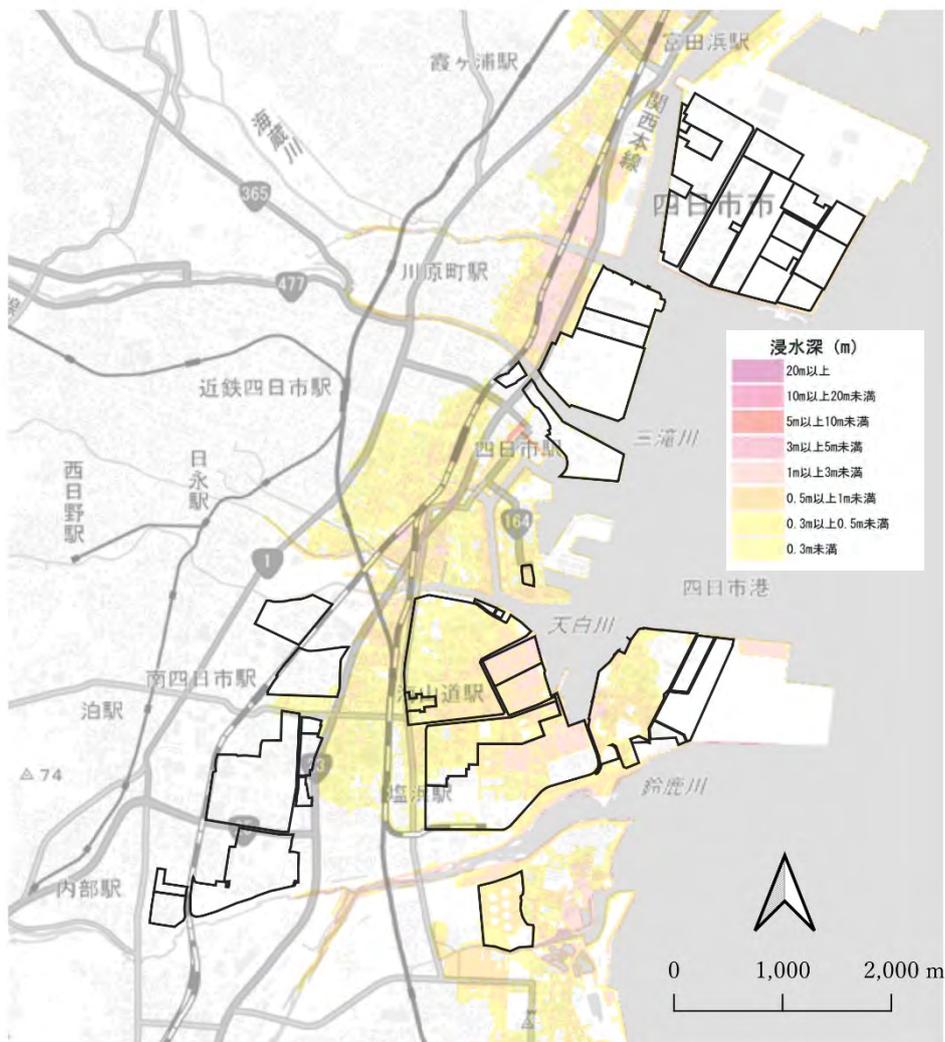
| No. | 区分 | 津波断層モデルの概要 |
|-----|----------|--|
| 1 | 過去最大クラス | 使用した過去地震最大クラスのモデルは、内閣府(2015) ^{注1} と同等のモデルである。当該津波断層モデルは、1707年宝永地震、1854年安政東海地震、1854年安政南海地震、1944年昭和東南海地震、1946年昭和南海地震の5地震による津波の高さおよび地殻変動量を説明する各津波断層モデルに対して、各断層セグメントの最大すべり量で包絡したモデルとなっている。 |
| 2 | 理論上最大クラス | 使用した理論上最大クラスのモデルは、内閣府(2012) ^{注2} で検討された南海トラフ巨大地震モデルである。これらの津波断層モデルは、2011年東北地方太平洋沖地震、2010年チリ地震、2004年スマトラ地震といった世界の巨大地震の解析事例の調査に基づき、「大すべり域」および「超大すべり域」を有するモデル(11ケースを設定)である。そのうち、三重県に影響を与える7ケースから、代表的な3ケースを選択して検討し、ケース①(「駿河湾～紀伊半島沖」に大すべり域を設定)を採用した。 |

注1) 内閣府(2015): 南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告

注2) 内閣府(2012): 南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)

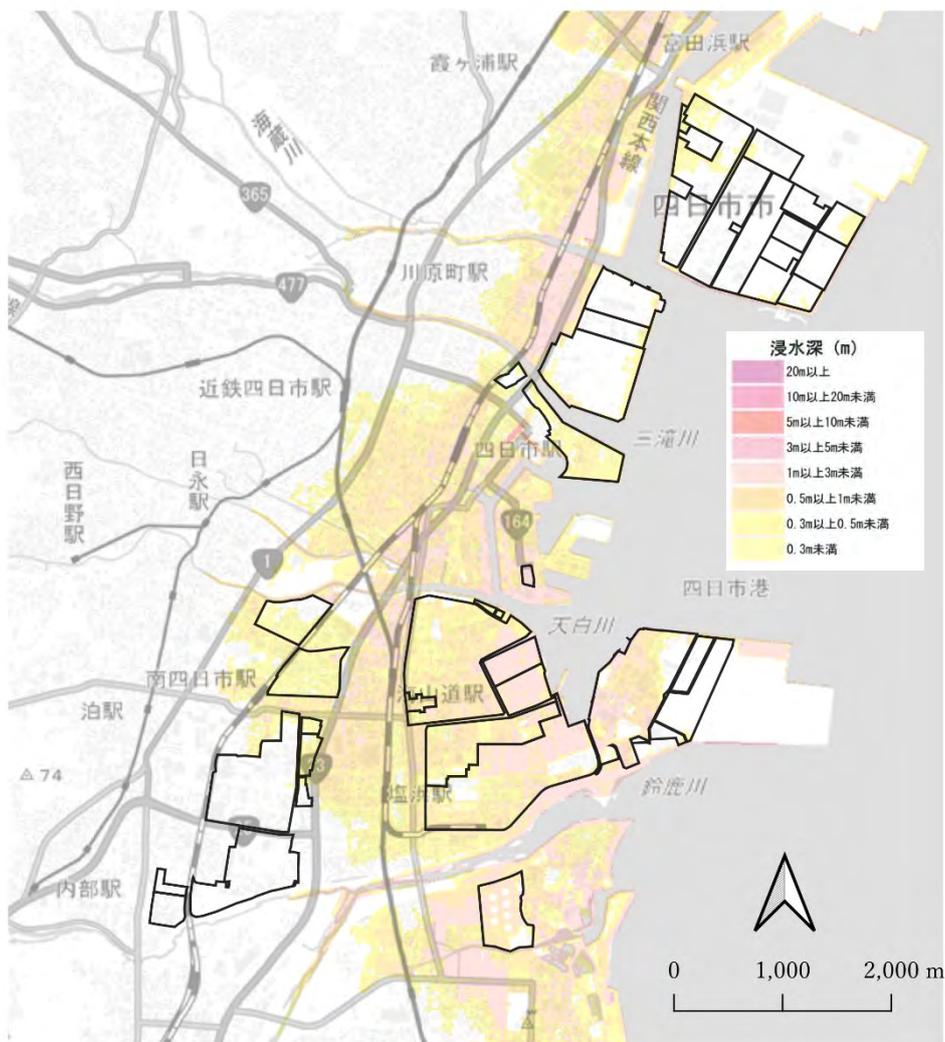
7.2.2. 防災アセスメント調査における地震の想定

防災アセスメント調査においては、7.2.1に示す三重県の津波浸水想定の対象とした津波のうち、本県の特別防災区域(四日市臨海地区)に最大の影響を及ぼす恐れのある津波を想定する。検討対象地震(表7.2.1)の津波浸水想定は、それぞれ以下のとおりである(図7.2.1、図7.2.2)。



地理院地図（淡色地図）に津波浸水深分布を追記して掲載

図 7.2.1 津波浸水想定図（過去最大クラス）



地理院地図（淡色地図）に津波浸水深分布を追記して掲載

図 7.2.2 津波浸水想定図（理論上最大クラス）

具体的に危険物タンク個々の津波浸水深を確認したところ、検討対象地震の No.1（過去最大クラス）において、浸水したタンクは 98 施設（最大浸水深は 1.51m）であったが、検討対象地震の No.2（理論上最大クラス）においては、浸水したタンクは 134 施設（最大浸水深は 2.06m）と予測されたことから、【No.2（理論上最大クラス）】を最大の影響を及ぼす恐れのある地震と想定する。

7.3. 津波による被害予測

7.3.1. 浸水の可能性がある施設

消防庁指針の「津波による災害の評価」において、危険物タンクの被害予測は定量的に評価し、高圧ガスタンクの被害予測は定性的な評価としていることから、危険物タンクは定量的に評価し、危険物タンク以外（ガスタンク、毒性液体タンク、プラント）については定性的に評価することとする。

7.2.2で想定した地震の津波浸水想定に基づき、危険物タンクの津波浸水深区分ごとの施設数を表 7.3.1 に示す。

浸水深が2 m以上3 m未満となる施設は、容量1,000kl以上10,000kl未満が2基、浸水深が1 m以上2 m未満となる施設は、容量10,000kl以上が6基、容量1,000kl以上10,000kl未満が27基であった。また、最大浸水深については、容量10,000kl以上が1.42m、容量1,000kl以上10,000kl未満が2.06m、容量500kl以上1,000kl未満が0.71mであった。

表 7.3.1 津波浸水深区分ごとの施設数

| 浸水深 | 危険物タンク | | |
|---------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl～ 10,000kl | 容量 500kl～ 1,000kl |
| 最大浸水深 (m) | 1.42 | 2.06 | 0.71 |
| 3 m以上 | 0 | 0 | 0 |
| 2 m以上～3 m未満 | 0 | 2 | 0 |
| 1 m以上～2 m未満 | 6 | 27 | 0 |
| 0.3 m以上～1 m未満 | 23 | 39 | 8 |
| 0.3 m未満 | 5 | 12 | 12 |
| 浸水しない | 59 | 124 | 63 |
| 計 | 93 | 204 | 83 |

7.3.2. 危険物タンクの被害

(1) 危険物タンク付属配管の被害

津波による被害におけるタンクの被害形態は、滑動、浮き上がり、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基に、図 7.3.1 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。

【No.2 (理論上最大クラス)】の地震の津波浸水想定では、表 7.3.1 のとおり、浸水深が2 m以上3 m未満の危険物タンク (容量1,000kl以上10,000kl未満) が2基、1 m以上2 m未満の危険物タンク (容量10,000kl以上、容量1,000kl以上10,000kl未満) が合計33

基あると予測された。

以上のことから、被害率曲線によると、タンク付属配管の被害が発生する可能性があるのは35基程度と考えられる。

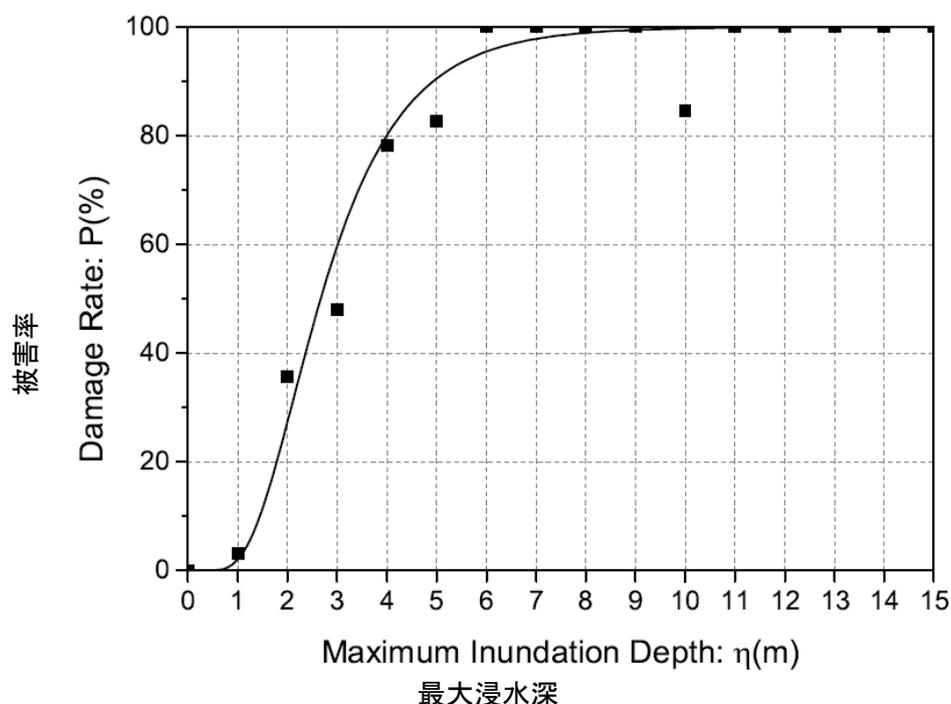


図 7.3.1 2011年東北地方太平洋沖地震の際の石油タンク付属配管
津波被害率 (■) と被害率曲線 (実線)^a

(2) 津波による滑動、浮き上がり及びそれらに伴う流出量の想定

消防庁が公開している「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」^bは、「滑動」及び「浮き上がり」を被害対象として、設定された入力条件に対して、それぞれの安全率が出力され、「移動の可能性」を判定するものであるため、本調査ではこの二つの被害対象について定量的な影響把握を行うこととする。なお、滑動及び浮き上がり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あたり、表 7.3.2 の入力条件を設定する。

^a 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），日本地震工学会・大会，2013

^b 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」
<https://www.fdma.go.jp/publication/simulatetool/>

表 7.3.2 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 | 調査票からの値とする。 |
| タンク内容物の実液比重 | 調査票からの値とする。 |
| タンク内径 | 調査票からの値とする。 |
| タンク自重 | 調査票からの値とする。 但し、不明の場合には内径を基に概略値を算定する。 |
| 被災時の貯蔵率 | 調査票からの平均貯蔵率の値とする。 ^a また、参考値として運用上の最大貯蔵率、最小貯蔵率 ^b の場合のシミュレーションの結果も示す。 |
| 津波浸水深 | 津波浸水想定における津波浸水予測図を基に、施設ごとに設定した値よりタンク基礎高さ（調査票からの値）を減じた値とする。 |
| 津波流速 | 標準的な津波の流れ（ $Fr \leq 0.9$ 、 Fr ：フルード数）とする。 |

平均貯蔵率の内訳を表 7.3.3 に示す。

表 7.3.3 平均貯蔵率の内訳

| 平均貯蔵率R (%) | タンク基数 (基) |
|---------------------|-----------|
| R = 100 | 0 |
| $75 \leq R < 100$ | 7 |
| $50 \leq R < 75$ | 42 |
| $25 \leq R < 50$ | 35 |
| $0 < R < 25$ | 3 |
| R = 0 | 0 |
| 計 | 87 |
| 平均貯蔵率が示せない | 282 |
| 休止中タンク ^注 | 11 |

注) 建設中タンク (1基) 及び予備タンク (1基) は、貯蔵率0%のため休止中タンクに含まれる。

^a ただし、平均貯蔵率が設定されていない場合には、貯蔵率は10～100%の間で一様に分布すると仮定した。また、休止中タンクは貯蔵率を0%とした。ただし、休止中タンクのうち、津波対策として水を入れている場合は、その貯蔵率、及び実液比重の値とした。

^b 最大・最小貯蔵率は、最高液面高さ、最低液面高さから推計する。

これらの条件において、滑動または浮き上がりの安全率が1を下回った場合、そのタンクは移動（滑動または浮き上がり）の可能性ありと判定される。

ただし、シミュレーションツールは、タンクの移動（滑動及び浮き上がり）に関するものであり、「移動の可能性あり」と判定されたタンクが破損し流出するかどうかは分からない。また、流出しても、その箇所が配管であれば、津波来襲前に遮断弁を閉止することによって阻止できるが、どこで流出するかも分からない。したがって、ここでは、安全側の評価として、「移動の可能性あり」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する。

○流出量の算定方法例

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 7.3.2 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。

滑動については、図 7.3.2(1) 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。また、浮き上がりについては、図 7.3.2(2) 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。

したがって、タンクの貯蔵率が 30% 以下のときは、移動の可能性ありと判定される。

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)

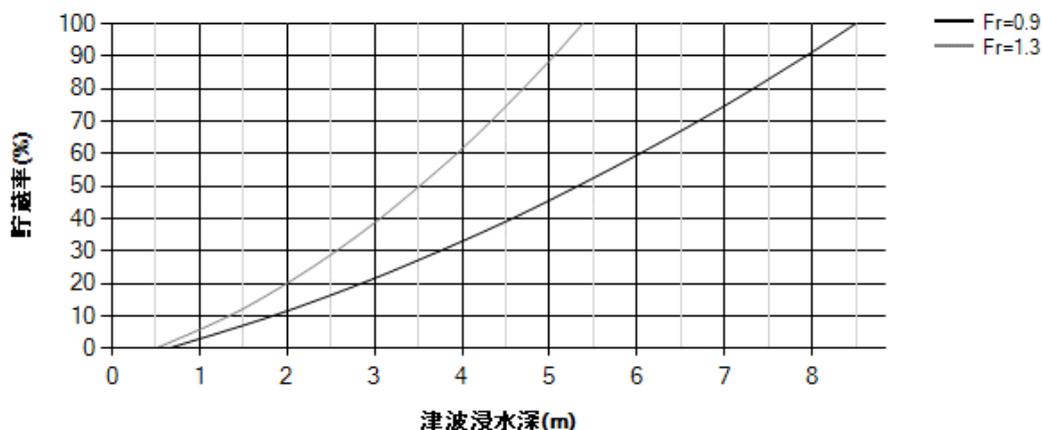


図 7.3.2(1) 津波被害シミュレーション結果の一例（滑動）

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(k)

タンク内径 13.560(m)

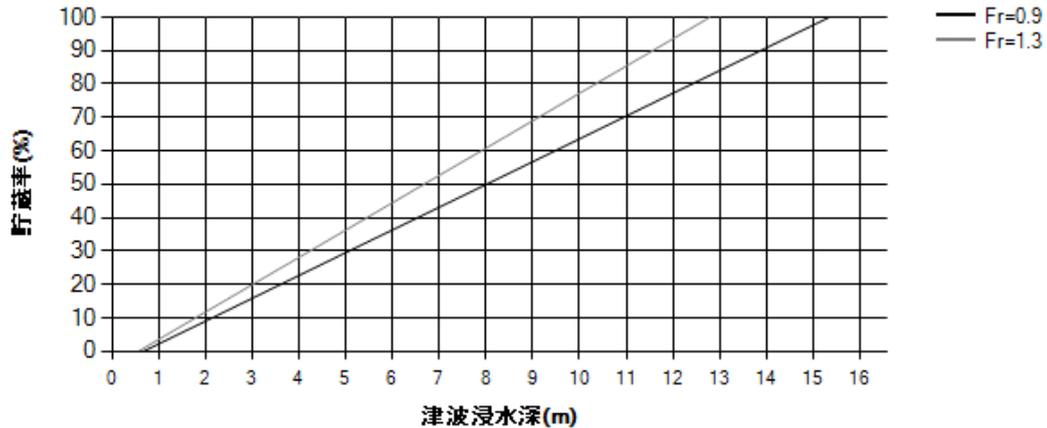


図 7.3.2(2) 津波被害シミュレーション結果の一例（浮き上がり）

[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（移動の可能性なし） |

[平均貯蔵率を設定していないケース]

平均貯蔵率を設定していない場合、表 7.3.2 の「被災時の貯蔵率」の注釈のとおり、対象となるタンクの貯蔵率は 10~100%の間で一様に分布すると仮定し、流出量の期待値を 10%刻みで算出する方法で計算する。なお、運用上の最小貯蔵率（最低液面高さ）が報告されている場合は、最小貯蔵率未満の貯蔵率は計算の対象外とする。

$$\text{流出量} = \sum_{i=1}^n \{ (\text{タンクの許可容量} \times (i \times 10) / 100) \} \times 0.1$$

30%以下で流出する場合の計算

$$\begin{aligned} \text{流出量の期待値} &= (2,000 \times 10 / 100 \times 0.1) + (2,000 \times 20 / 100 \times 0.1) \\ &\quad + (2,000 \times 30 / 100 \times 0.1) = 120\text{k}1 \end{aligned}$$

7.2.2で想定された地震【No.2（理論上最大クラス）】における、シミュレーションツールを用いた滑動及び浮き上がりの判定結果（平均貯蔵率）を表7.3.4、判定結果のまとめ（平均貯蔵率）を表7.3.5に示す。

表 7.3.4 滑動及び浮き上がりの判定結果（平均貯蔵率）

| 項目 | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | | | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) | | |
|------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl |
| | 平均貯蔵率が設定可能 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 平均貯蔵率が示せない | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 休止中タンク | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 計 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |

表 7.3.5 滑動及び浮き上がりの判定結果のまとめ

| | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) |
|----|-----------------------|--------------------------|
| 合計 | 2(1) | 1(1) |

注) 表中の（ ）内の数字は判定された基数のうちの休止中タンクの基数を示す。

滑動及び浮き上がりの判定結果（最大貯蔵率）を表7.3.6、判定結果のまとめ（最大貯蔵率）表7.3.7に示す。

表 7.3.6 滑動及び浮き上がりの判定結果（最大貯蔵率）

| 項目 | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | | | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) | | |
|--------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl |
| | 最大貯蔵率を設定 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 休止中タンク | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 計 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

表 7.3.7 滑動及び浮き上がりの判定結果のまとめ（最大貯蔵率）

| | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) |
|----|-----------------------|--------------------------|
| 合計 | 1(1) | 1(1) |

注) 表中の () 内の数字は判定された基数のうちの休止中タンクの基数を示す。

滑動及び浮き上がりの判定結果（最小貯蔵率）を表 7.3.8、判定結果のまとめ（最小貯蔵率）を表 7.3.9 に示す。

表 7.3.8 滑動及び浮き上がりの判定結果（最小貯蔵率）

| 項目 | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | | | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) | | |
|----------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl |
| 最小貯蔵率を設定 | 0 | 6 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 休止中タンク | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 計 | 1 | 6 | 0 | 1 | 2 | 0 |

表 7.3.9 滑動及び浮き上がりの判定結果のまとめ（最小貯蔵率）

| | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) |
|----|-----------------------|--------------------------|
| 合計 | 7(1) | 3(1) |

注) 表中の () 内の数字は判定された基数のうちの休止中タンクの基数を示す。

本地区における流出量の積算値及びまとめについて、表 7.3.10 に示す。なお、「－」は流出しなかったことを示す。

表 7.3.10 流出量の積算値（平均貯蔵率）

| 項目 | 滑動もしくは浮き上がりの可能性が判定された流出量(kl) | | | |
|------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl | 合計 |
| 平均貯蔵率が設定可能 | － | － | － | － |
| 平均貯蔵率が示せない | － | 56 | － | 56 |
| 計 | － | 56 | － | 56 |

7.3.3. 高圧ガス施設等の被害

高圧ガス施設については、経済産業省で津波による影響の評価方法等について検討は行われていた^aが、計算式が公表されるには至っていないため、表 7.1.3 に示した東日本大震災の事業所の浸水深と津波による被害状況から想定される災害を定性的に評価する。

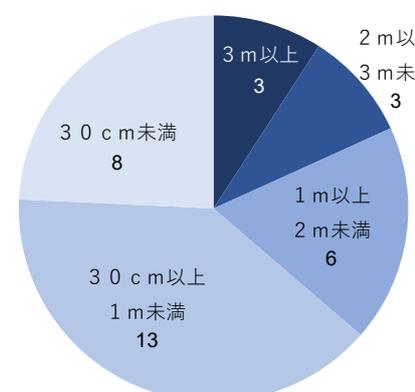
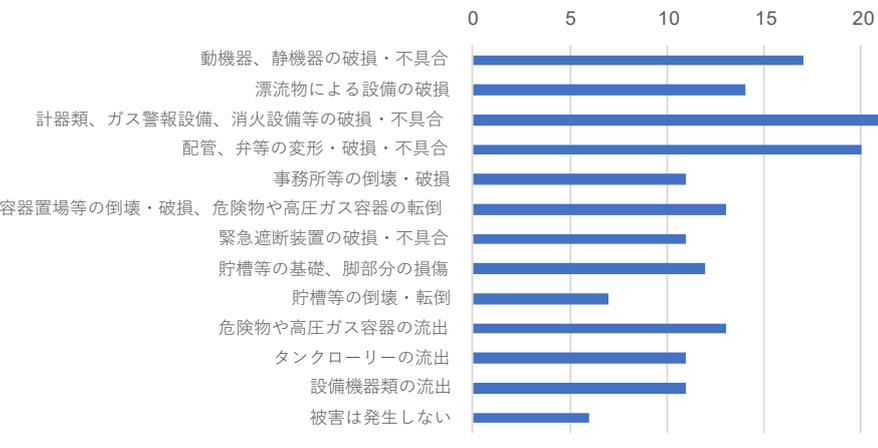
想定される地震【No. 2（理論上最大クラス）】の津波では、高圧ガス施設であるガスタンクについては、浸水深が 1 m 以上 2 m 未満（最大浸水深 1.06m）の施設が存在することから、表 7.1.3 より、「緊急遮断装置の破損・不具合」、「計装設備、ガス漏洩検知警報設備、防消火設備の破損・不具合」、「動機器、静機器の損傷・不具合」、「配管・弁等の変形・破損・不具合」、「貯蔵等の基礎、脚部等の損傷」の被害及び「高圧ガス容器の流出」が発生する可能性がある。さらに、ガスタンク周辺では、「容器置き場等の倒壊・破損、容器の転倒」、「事務所等の倒壊・破損」が発生する可能性も考えられる。

また、ガスタンク以外の施設（毒性液体タンク、プラント等）については、三重県において実施した「特定事業所等を対象とする防災対策アンケート（参考資料 6）」^b（以下「防災対策アンケート」という。）において、「9. 津波による被害の対策について」の設問及び回答（表 7.3.11）で具体的な被害想定が示されていることから、回答を踏まえて定性的に評価する。

^a 高圧ガス設備の津波による影響の評価方法の検討について（経済産業省商務流通保安グループ高圧ガス保安室、平成 26 年 3 月 10 日）

^b 特定事業所等を対象とする防災対策アンケート、三重県、2025 年 11 月～2026 年 1 月

表 7.3.11 津波による被害の対策について（抜粋）

| <p>①事業所において想定（県の浸水想定又は事業所シミュレーション）している南海トラフ地震発生時の津波の最大浸水深をご回答ください。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>最大浸水深の分布</caption> <thead> <tr> <th>浸水深</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30cm未満</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>30cm以上 1m未満</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>1m以上 2m未満</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>2m以上 3m未満</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3m以上</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> | 浸水深 | 回数 | 30cm未満 | 8 | 30cm以上 1m未満 | 13 | 1m以上 2m未満 | 6 | 2m以上 3m未満 | 3 | 3m以上 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|----|----------------|----|-------------|----|-------------------------|----|-----------------|----|------------|----|---------------------------|----|---------------|----|---------------|----|-----------|---|---------------|----|------------|----|----------|----|----------|---|
| 浸水深 | 回数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30cm未満 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30cm以上 1m未満 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1m以上 2m未満 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2m以上 3m未満 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3m以上 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>②事業所において想定される津波による具体的な被害想定に該当するものをご回答ください。（複数回答可）</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>被害の種類別の回答回数</caption> <thead> <tr> <th>被害の種類</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>動機器、静機器の破損・不具合</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>漂流物による設備の破損</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>計器類、ガス警報設備、消火設備等の破損・不具合</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>配管、弁等の変形・破損・不具合</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>事務所等の倒壊・破損</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>容器置場等の倒壊・破損、危険物や高圧ガス容器の転倒</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>緊急遮断装置の破損・不具合</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>貯槽等の基礎、脚部分の損傷</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>貯槽等の倒壊・転倒</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>危険物や高圧ガス容器の流出</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>タンクローリーの流出</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>設備機器類の流出</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>被害は発生しない</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> | 被害の種類 | 回数 | 動機器、静機器の破損・不具合 | 17 | 漂流物による設備の破損 | 14 | 計器類、ガス警報設備、消火設備等の破損・不具合 | 20 | 配管、弁等の変形・破損・不具合 | 19 | 事務所等の倒壊・破損 | 11 | 容器置場等の倒壊・破損、危険物や高圧ガス容器の転倒 | 13 | 緊急遮断装置の破損・不具合 | 11 | 貯槽等の基礎、脚部分の損傷 | 12 | 貯槽等の倒壊・転倒 | 6 | 危険物や高圧ガス容器の流出 | 13 | タンクローリーの流出 | 11 | 設備機器類の流出 | 11 | 被害は発生しない | 5 |
| 被害の種類 | 回数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 動機器、静機器の破損・不具合 | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 漂流物による設備の破損 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 計器類、ガス警報設備、消火設備等の破損・不具合 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 配管、弁等の変形・破損・不具合 | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事務所等の倒壊・破損 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 容器置場等の倒壊・破損、危険物や高圧ガス容器の転倒 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 緊急遮断装置の破損・不具合 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 貯槽等の基礎、脚部分の損傷 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 貯槽等の倒壊・転倒 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 危険物や高圧ガス容器の流出 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| タンクローリーの流出 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設備機器類の流出 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 被害は発生しない | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

想定される地震【No. 2（理論上最大クラス）】の津波では、毒性液体タンク、プラントの最大浸水深はそれぞれ、0m、0.87mであった。

毒性液体タンクは、浸水しないことから、津波による被害が発生する可能性は極めて低い。また、プラントの最大浸水深は、「30cm以上1m未満」に該当することから、表 7.3.11 の②で示された施設に関する被害では、「動機器、静機器の破損・不具合」、「漂流物による設備の破損」、「計器類、ガス警報設備、消火設備等の破損・不具合」、「配管、弁等の変形・破損・不具合」、「事務所等の倒壊・破損」、「緊急遮断装置の破損・不具合」、「貯槽等の基礎、脚部分の損傷」、「容器置場等の倒壊・破損、危険物や高圧ガス容器の転倒」が発生する可能性がある。また、施設の被害を除くと、「危険物や高圧ガス容器の流出」、「タンクローリーの流出」、「設備機器類の流出」も発生する可能性がある。

8. 風水害による被害を対象とした評価

本章では、高潮、台風（大雨、強風、落雷、高波を含む）、豪雨（線状降水帯を含む）等による被害を対象とした評価を実施する。

三重県では、水防法の規定により定められた、想定し得る最大規模の高潮による氾濫が発生した場合について、令和2年8月に高潮浸水想定区域図^a公表した。

また、消防庁が公表した「危険物施設の風水害対策ガイドライン（ver2）」は、消防庁の「危険物施設の風水害対策のあり方に関する検討会（令和元年度、令和2年度）^b」において、過去の風水害による危険物施設の被害事例等を踏まえて取りまとめられている。

以上を踏まえ、最初に、三重県が想定する最大規模の高潮による被害の評価を行う。

次に、過去の風水害による被害事例等をもとに、台風、豪雨等による被害の発生可能性について述べる。

8.1. 三重県が想定する最大規模の高潮

本節では、水防法の規定により定められた、想定し得る最大規模の高潮による氾濫が発生した場合について、三重県が公表している高潮浸水想定区域図を基に、施設が被害を受ける可能性について評価を行う。

8.1.1. 三重県の高潮浸水想定における台風等の設定^c

○想定する台風の規模

高潮浸水で想定する台風の規模は以下のとおりである。

- ・ 中心気圧：910hPa（室戸台風級を想定、上陸後も一定気圧）
- ・ 最大旋衝風速半径（台風の中心から台風の周辺で風速が最大となる地点までの距離）：75km（伊勢湾台風級を想定）
- ・ 移動速度：73km/h（伊勢湾台風級を想定、台風経路上で一定速度）

○想定する台風の経路

想定する台風の経路として、各海岸で高潮偏差が最大となるよう、過去に伊勢湾で大きな潮位偏差が生じた台風や三重県の海岸線の方向を踏まえて、進入角度の異なる複数の台風経路を平行移動し、想定する台風の経路を設定している（表 8.1.1）。

^a 高潮浸水想定区域図について（伊勢湾沿岸〔三重県区間〕），三重県県土整備部港湾・海岸課，令和2年8月

^b 危険物施設の風水害対策のあり方に関する検討報告書（令和2年3月及び令和3年3月），危険物施設の風水害対策のあり方に関する検討会

^c 本設定は、現時点の科学的知見に基づき既往最大規模の台風を想定したが、将来の気候変動に伴う海面上昇や、台風条件（規模、経路等）の変化、および天文潮位との相関等により、実際の浸水状況が本予測を上回る可能性があることに留意する必要がある。

表 8.1.1 台風経路の選定

| 台風経路 | 選定理由 |
|------------------------|--------------------------|
| 1959 年台風第 15 号 (伊勢湾台風) | NNE 方向に進む台風のうち、最低気圧が最も低い |
| 1966 年台風第 14 号 | NW 方向に進む台風のうち、最低気圧が最も低い |
| 1972 年台風第 6 号 | NNW 方向に進む台風のうち、最低気圧が最も低い |
| 1982 年台風第 10 号 | N 方向に進む台風のうち、最低気圧が最も低い |
| 2018 年台風第 12 号 | WNW 方向に進む台風のうち、最低気圧が最も低い |

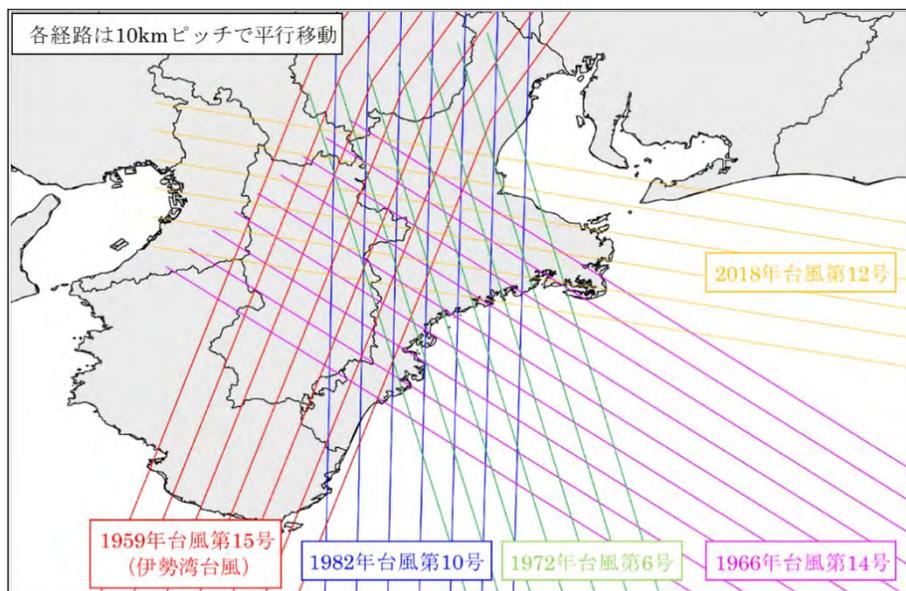


図 8.1.1 三重県が想定する台風の経路

○三重県が公表している高潮浸水想定条件設定

想定し得る最大規模の高潮浸水の条件設定は表 8.1.2 のとおりである。なお、想定し得る最大規模以外の高潮浸水（決壊なし）も参考として示す。

表 8.1.2 高潮浸水想定条件設定

| ケース | 台風規模 | 台風コース | 堤防決壊 | 水門・樋門等決壊 |
|----------------------|-------------------------|----------------|------|----------|
| 想定し得る最大規模の高潮浸水 | 室戸台風級 | 潮位偏差が最大となるよう設定 | 決壊あり | 決壊あり |
| 想定し得る最大規模以外の高潮浸水（参考） | 伊勢湾台風級 | 同上 | 決壊なし | 決壊なし |
| | 室戸台風級 (想定し得る最大規模と同じ) | 同上 | 決壊なし | 決壊なし |

8.1.2. 堤防等の決壊条件等の設定

堤防等の決壊条件等の設定は表 8.1.3 のとおりである。

堤防・水門等は、設計条件に達した段階で決壊するものとして扱っている。また、水門等については、操作規則のとおり操作されることとしている。

なお、河川堤防については、上記条件に加え、上流の水位が設計条件に達しても決壊せず、高い水位が保たれることにより下流が決壊する場合等もあることから、決壊する箇所について、複数のシナリオを設定している。

表 8.1.3 堤防等の決壊条件等の設定

| 種別 | 施設 | 本検討の設定条件 |
|-------|-----------|--|
| 堤防等 | 海岸堤防 | 設計条件に達した段階で決壊する。 (設計条件) ・潮位が計画高潮位に達する。(図 8.1.2(1)) ・波浪が堤防天端を越える。(図 8.1.2(2)) ・越波流量が許容越波流量を越える。(図 8.1.2(3)) |
| | 河川堤防 | 設計条件に達した段階で決壊する。 (設計条件) ・水位が計画高潮位や計画高水位に達する。 (図 8.1.2(1)) 上流の水位が設計条件に達しても決壊せず、高い水位が保たれることにより下流が決壊する場合等もあることから、決壊する箇所について、複数のシナリオを設定する。 |
| 水門等 | 水門・排水機場 | 操作規則どおりに操作されることとし、周辺の堤防等の設計条件に達した段階で決壊する。 |
| 沖合施設等 | 離岸堤・人工リーフ | 沖合施設等は、設計条件が朔望平均満潮位であり、検討初期から設計条件に達しているため、消波効果については考慮しないものとする。 |
| | 防波堤等外郭施設 | |

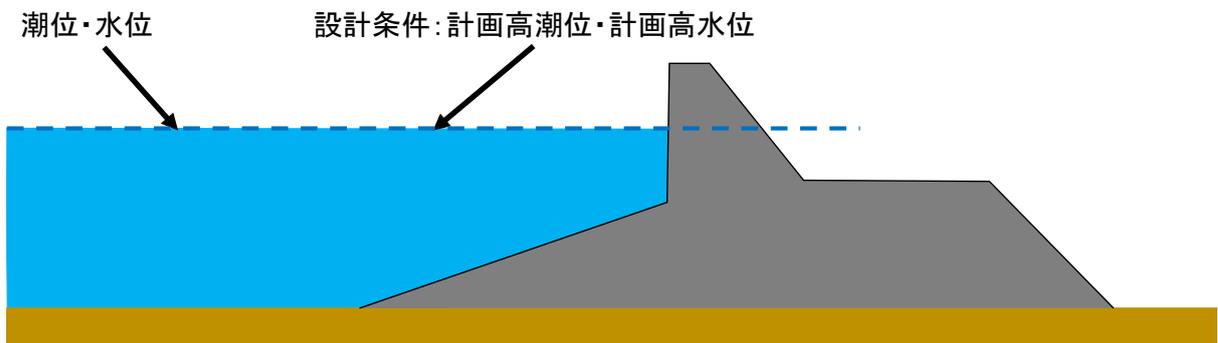


図 8.1.2(1) 計画高潮位等に達した段階

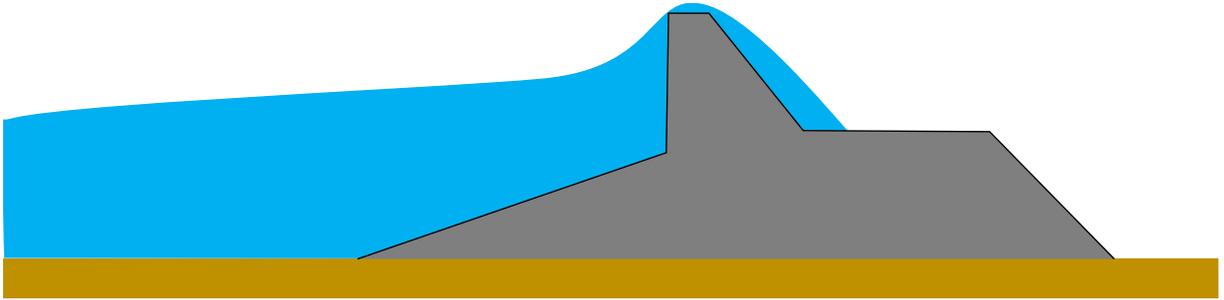


図 8.1.2(2) 堤防天端を越えた段階

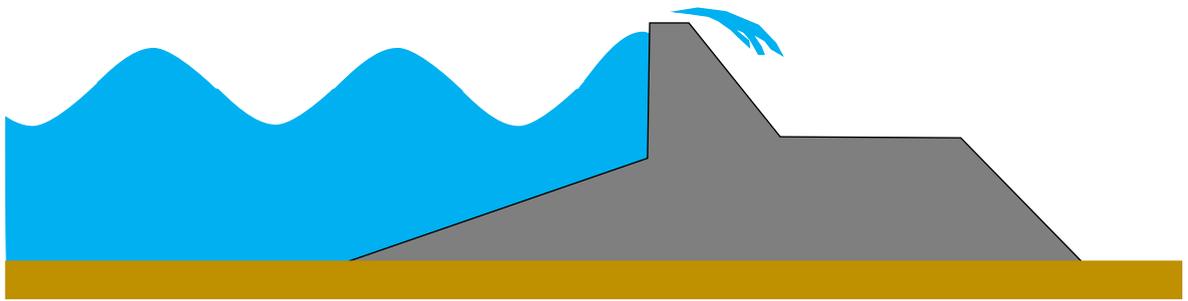


図 8.1.2(3) 許容越波流量を越えた段階

8.2. 最大規模の高潮による被害予測

8.2.1. 浸水の可能性がある施設

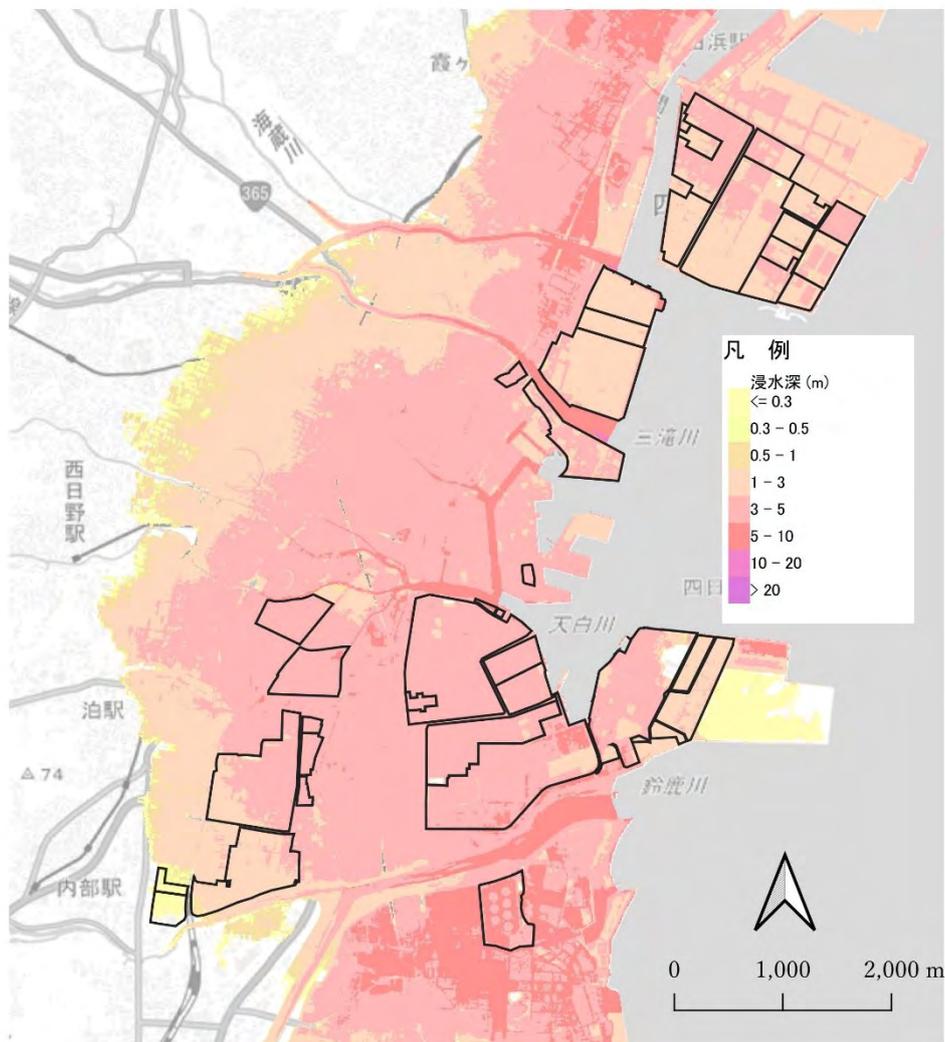
消防庁指針では、津波による被害予測については示されているが、高潮による被害予測については言及されていない。津波による被害において、危険物タンクの被害予測は定量的に評価し、高圧ガスタンクの被害予測は定性的な評価としていることから、高潮による被害予測の評価においても、津波の被害予測の評価に準じて、危険物タンクは定量的に評価し、危険物タンク以外（ガスタンク、毒性液体タンク、プラント）については定性的に評価することとする。

8.1.1で想定した三重県の高潮浸水想定に基づき、本県の特別防災区域（四日市臨海地区）における、「想定し得る最大規模の高潮浸水（室戸台風級）」の高潮浸水深区分ごとの危険物タンクの施設数を表 8.2.1、高潮浸水区域図を図 8.2.1に示す。また、参考として「想定し得る最大規模以外の高潮浸水（伊勢湾台風級：参考）」及び「想定し得る最大規模以外の高潮浸水（室戸台風級：参考）」の高潮浸水区域図を図 8.2.2に示す。

浸水深が3m以上となる危険物タンクの施設は、容量10,000kl以上が33基、容量1,000kl以上10,000kl未満が88基、容量500kl以上1,000kl未満が26基であった。また、最大浸水深については、容量10,000kl以上が4.95m、容量1,000kl以上10,000kl未満が6.47m、容量500kl以上1,000kl未満が4.71mであった。

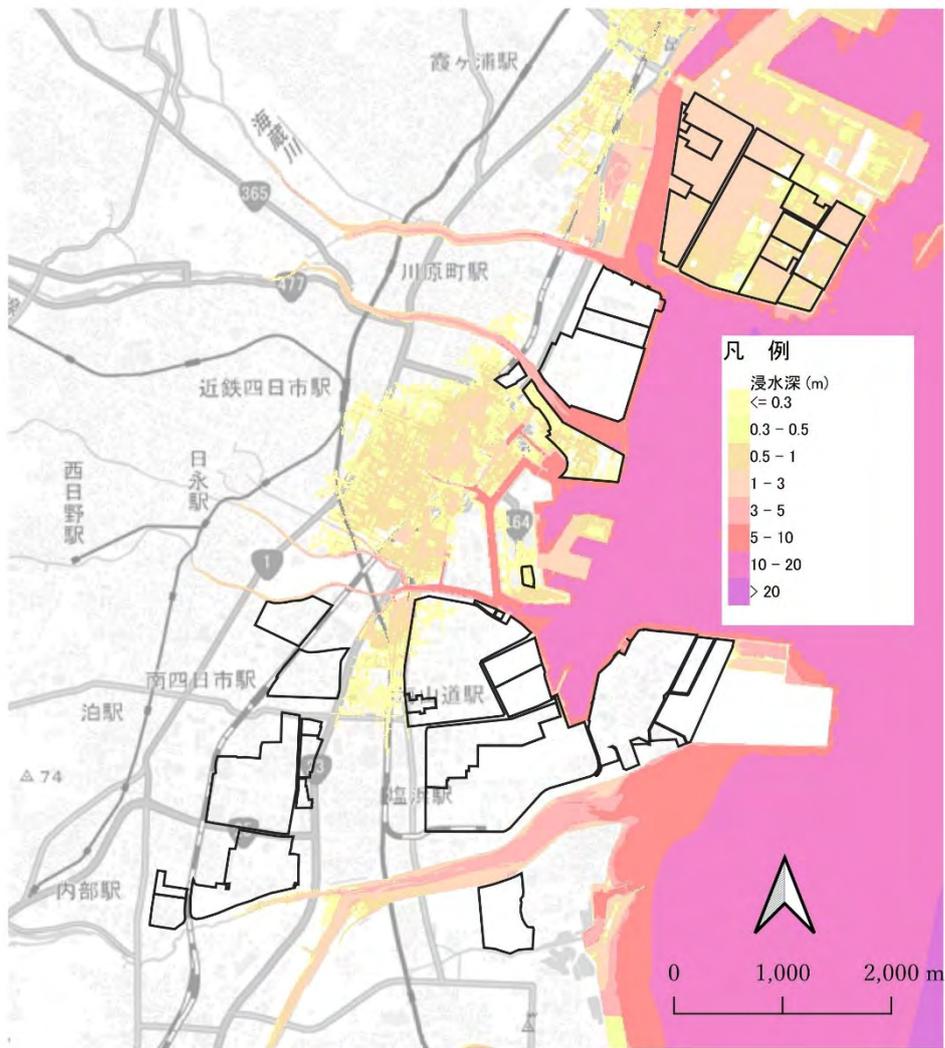
表 8.2.1 高潮浸水深区分ごとの危険物タンクの施設数

| 浸水深 | 危険物タンク | | |
|-------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl～ 10,000kl | 容量 500kl～ 1,000kl |
| 最大浸水深 (m) | 4.95 | 6.47 | 4.71 |
| 3m以上 | 33 | 88 | 26 |
| 2m以上～3m未満 | 35 | 107 | 48 |
| 1m以上～2m未満 | 14 | 7 | 9 |
| 0.3m以上～1m未満 | 5 | 0 | 0 |
| 0.3m未満 | 4 | 0 | 0 |
| 浸水しない | 2 | 2 | 0 |
| 計 | 93 | 204 | 83 |



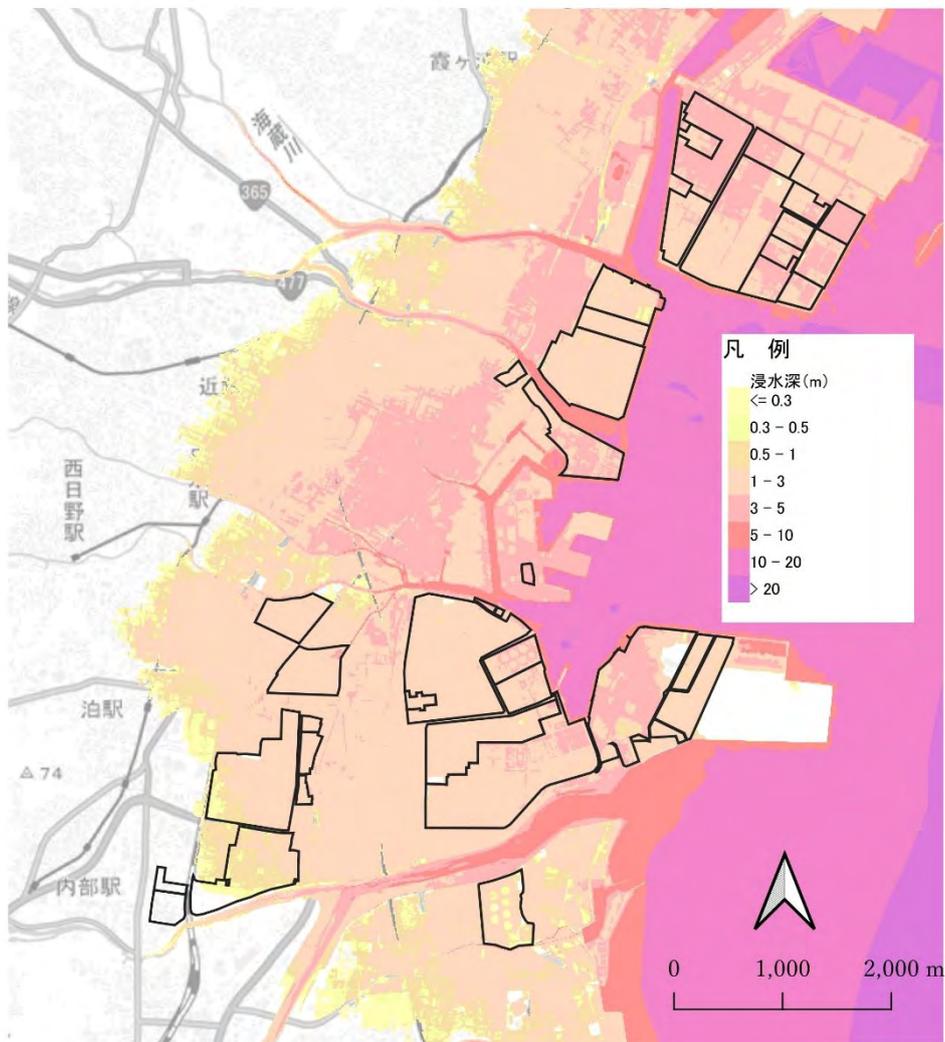
地理院地図（淡色地図）に高潮浸水深を追記して掲載

図 8.2.1 三重県の高潮浸水想定における高潮浸水区域図
（浸水深）（想定し得る最大規模の高潮）



地理院地図（淡色地図）に高潮浸水深を追記して掲載

図 8.2.2(1) 三重県の高潮浸水想定における高潮浸水区域図（浸水深）
 （伊勢湾台風級：参考）



地理院地図（淡色地図）に高潮浸水深を追記して掲載

図 8.2.2(2) 三重県の高潮浸水想定における高潮浸水区域図（浸水深）
（室戸台風級：参考）

8.2.2. 危険物タンクの被害

(1) 危険物タンク付属配管の被害

津波による危険物タンク付属配管の被害については、7.3.2(1)において、東日本大震災の際の石油タンク付属配管の津波被害事例^aから考案された、津波浸水深と津波被害率との関係を示した被害率曲線を用いて定性的に評価した。高潮による浸水が発生した場合においても、危険物タンク付属配管に同様の被害が発生する可能性があると考え、図 8.2.3（再

^a 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），日本地震工学会・大会，2013

掲) の被害率曲線を用いて定性的に評価することとする。

高潮浸水想定では、表 8.2.1 のとおり、浸水深が 3 m 以上の危険物タンクの施設数は全体の 39% (合計 147 基)、浸水深が 2 m 以上 3 m 未満の危険物タンクの施設数は全体の 50% (合計 190 基) を占めており、被害率曲線によると、半数以上のタンクで被害が発生する可能性があると考えられる。

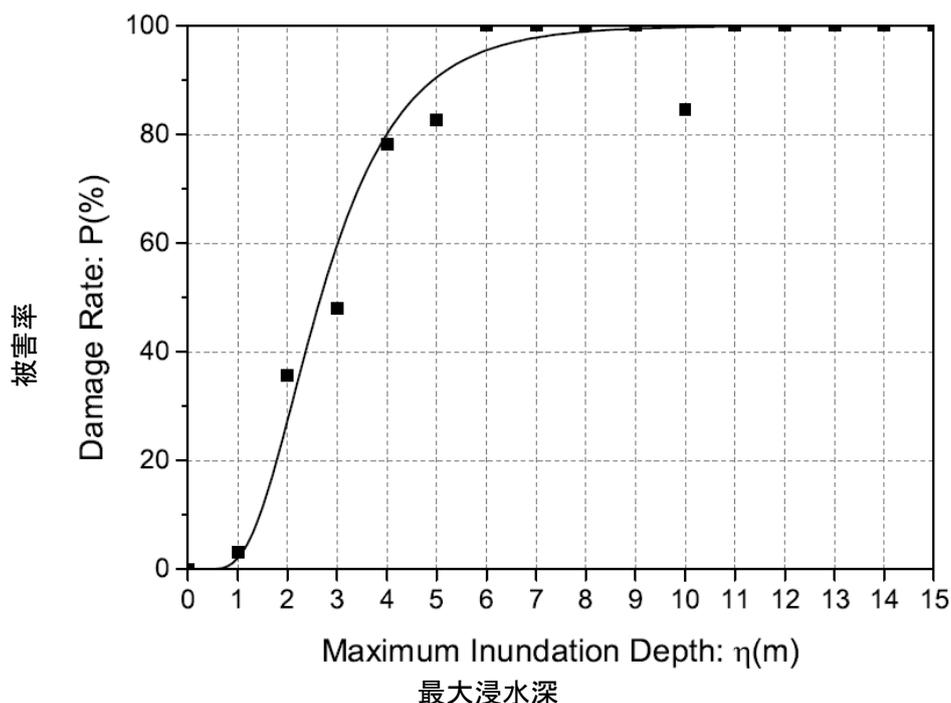


図 8.2.3 2011 年東北地方太平洋沖地震の際の石油タンク付属配管
津波被害率 (■) と被害率曲線 (実線)^a

(2) 高潮による滑動、浮き上がり及びそれらに伴う流出量の想定

7.3.2 と同様に、消防庁が公開している「屋外タンクの津波被害シミュレーションツール」を用いて高潮による危険物タンクの滑動及び浮き上がりの可能性を評価する。

シミュレーションの入力条件を表 8.2.2 に示す。なお、高潮は津波の流速を超えることはない想定して、「津波流速」は「標準的な津波の流れと同等」とする。

^a 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), 日本地震工学会・大会, 2013

表 8.2.2 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。 |
| タンク内容物の 実液比重 | 調査票からの値とした。 |
| 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の値とした。 ^a また、参考値として運用上の最大貯蔵率、最小貯蔵率 ^b の場合のシミュレーションの結果も示す。 |
| 津波浸水深 | 高潮浸水想定における高潮浸水予測図を基に、施設ごとに設定した値よりタンク基礎高さ（調査票からの値）を減じた値とした。 |
| 津波流速 | 標準的な津波の流れ（ $Fr \leq 0.9$ ， Fr ：フルード数）と同等とした。 |

平均貯蔵率の内訳を表 8.2.3 に示す。

表 8.2.3 平均貯蔵率の内訳

| 平均貯蔵率R (%) | タンク基数 (基) |
|---------------------|-----------|
| R = 100 | 0 |
| $75 \leq R < 100$ | 7 |
| $50 \leq R < 75$ | 42 |
| $25 \leq R < 50$ | 35 |
| $0 < R < 25$ | 3 |
| R = 0 | 0 |
| 計 | 87 |
| 平均貯蔵率が示せない | 282 |
| 休止中タンク ^注 | 11 |

注) 建設中タンク (1基) 及び予備タンク (1基) は、貯蔵率0%のため休止中タンクに含まれる。

^a ただし、平均貯蔵率が設定されていない場合には、貯蔵率は10～100%の間で一様に分布すると仮定した。また、休止中タンクは貯蔵率を0%とした。ただし、休止中タンクのうち、津波対策として水を入れている場合は、その貯蔵率、及び実液比重の値とした。

^b 最大・最小貯蔵率は、最高液面高さ、最低液面高さから推計する。

8.1.1で想定した三重県の高潮浸水想定における、シミュレーションツールを用いた滑動及び浮き上がりの判定結果（平均貯蔵率）を表 8.2.4、判定結果のまとめ（平均貯蔵率）を表 8.2.5 に示す。

表 8.2.4 滑動及び浮き上がりの判定結果（平均貯蔵率）

| 項目 | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | | | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) | | |
|------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl |
| 平均貯蔵率が設定可能 | 0 | 1 | 10 | 0 | 1 | 2 |
| 平均貯蔵率が示せない | 26 | 115 | 24 | 25 | 95 | 19 |
| 休止中タンク | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 計 | 29 | 120 | 38 | 28 | 100 | 25 |

表 8.2.5 滑動及び浮き上がりの判定結果のまとめ

| | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) |
|----|-----------------------|--------------------------|
| 合計 | 187 (11) | 153 (11) |

注) 表中の（ ）内の数字は判定された基数のうちの休止中タンクの基数を示す。

滑動及び浮き上がりの判定結果（最大貯蔵率）を表 8.2.6、判定結果のまとめ（最大貯蔵率）表 8.2.7 に示す。

表 8.2.6 滑動及び浮き上がりの判定結果（最大貯蔵率）

| 項目 | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | | | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) | | |
|----------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl |
| 最大貯蔵率を設定 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 休止中タンク | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 計 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 |

表 8.2.7 滑動及び浮き上がりの判定結果のまとめ（最大貯蔵率）

| | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) |
|----|-----------------------|--------------------------|
| 合計 | 12 (11) | 11 (11) |

注) 表中の () 内の数字は判定された基数のうちの休止中タンクの基数を示す。

滑動及び浮き上がりの判定結果（最小貯蔵率）を表 8.2.8、判定結果のまとめ（最小貯蔵率）を表 8.2.9 に示す。

表 8.2.8 滑動及び浮き上がりの判定結果（最小貯蔵率）

| 項目 | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | | | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) | | |
|----------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl |
| 最小貯蔵率を設定 | 40 | 168 | 66 | 34 | 148 | 60 |
| 休止中タンク | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 計 | 43 | 172 | 70 | 37 | 152 | 64 |

表 8.2.9 滑動及び浮き上がりの判定結果のまとめ（最小貯蔵率）

| | 滑動の可能性 が判定された基数(基) | 浮き上がりの可能性 が判定された基数(基) |
|----|-----------------------|--------------------------|
| 合計 | 285 (11) | 253 (11) |

注) 表中の () 内の数字は判定された基数のうちの休止中タンクの基数を示す。

本地区における流出量の積算値及びまとめについて、表 8.2.10 に示す。なお、「－」は流出しなかったことを示す。

表 8.2.10 流出量の積算値（平均貯蔵率）

| 項目 | 滑動もしくは浮き上がりの可能性が判定された流出量(kl) | | | |
|------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------|
| | 容量 10,000kl 以上 | 容量 1,000kl ～ 10,000kl | 容量 500kl ～ 1,000kl | 合計 |
| 平均貯蔵率が設定可能 | － | 186 | 2,612 | 2,798 |
| 平均貯蔵率が示せない | 14,076 | 27,804 | 626 | 42,506 |
| 計 | 14,076 | 27,990 | 3,238 | 45,303 |

8.2.3. 高圧ガス施設等の被害

津波による高圧ガス施設の被害については、7.3.3において、東日本大震災の事業所の浸水深と津波による被害状況から想定される災害を定性的に評価した。したがって、高潮による高圧ガス施設の被害については、津波による被害と同様に、表 8.2.11（再掲）に示した東日本大震災の事業所の浸水深と津波による被害状況から想定される災害が発生する可能性があるものとして定性的に評価する。

8.1 三重県が想定する最大規模の高潮において、高圧ガス施設であるガスタンクについては、浸水深が3 m以上5 m未満（最大浸水深4.41m）の施設が存在することから、表 8.2.11で示されたすべての被害の状況が発生する可能性があり、「高圧ガスローリーの流出」、「高圧ガス容器の流出」等の大きな被害が発生する場合も考えられる。

また、ガスタンク以外の施設（毒性液体タンク、プラント等）については、防災対策アンケート（参考資料6）において、「11. 浸水・高潮発生時のリスクの把握について」の設問及び回答（表 8.2.12）で具体的な被害想定が示されていることから、回答を踏まえて定性的に評価する。

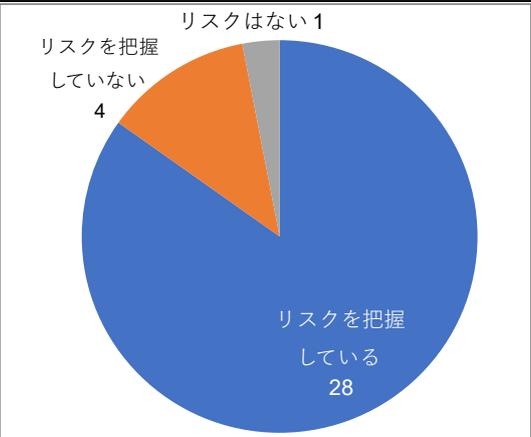
表 8.2.11 事業所の浸水深と津波による高圧ガス施設の被害^a

| 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% |
| 計 | 73 | 5 | 23 | 43 | 32 | 41 | 21 | 27 | 39 | 8 | 8 | 31 |

注) パーセンテージは、津波高さごとの事業所数における被害の割合を示す。

^a 「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」（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、平成 24 年 4 月）

表 8.2.12 浸水・高潮発生時のリスクの把握について（抜粋）

| | |
|---|--|
| <p>①事業所内の施設や設備に関して、浸水や高潮が発生した際の浸水被害のリスクを把握していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <p>リスクを把握している 28 リスクを把握していない 4 リスクはない 1</p> |
| <p>②上記①でリスクを把握している場合、その内容を簡単に記載してください。（主な回答）</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・高潮浸水による危険物タンク浮き上がり、移動 ・浸水によるラック等の転倒 ・高潮浸水の高さ（3～5m）は津波浸水想定より高く、被害が大きくなる ・建屋の電気設備や機械設備の冠水 ・ポンプ、圧送設備、保安用ガスの機能喪失 ・構造物、基礎の損傷 ・危険物、化学薬品の流出 ・変電所、電気室の浸水による停電、プラント停止 ・サーバーや通信機器が浸水し、システムの機能停止 ・エリア毎に敷地の高さを測量し、浸水域を把握している |

三重県が想定する最大規模の高潮において、毒性液体タンク、プラントの最大浸水深はそれぞれ、2.65m、4.31mであった。

表 8.2.11 を参考とした場合、毒性液体タンクは「2m 以上 3m 未満」、プラントは「3m 以上 5m 未満」に該当することから、表 8.2.12 の②で示された施設に関するリスクの被害が発生する可能性があると考えられる。また、施設の被害を除くと、危険物の容器の流出、危険物のタンクローリーの流出、設備機器類の流出も発生する可能性がある。

なお、高潮の発生は数日前から予測が可能であることから、事前に表 8.2.12 のアンケート回答に示された、高潮及び浸水発生時のリスクを十分に把握しておくと共に、高潮による災害のリスクが高まった場合には、予測されるリスクへの対策を取ることが重要である。

8.3. その他の風水害による被害の発生可能性

本節では、過去の風水害による被害事例や事業所への防災対策アンケート（参考資料6）に基づき、台風（大雨、強風、落雷、高波を含む）、豪雨（線状降水帯を含む）等による本県の特別防災区域（四日市臨海地区）における被害の発生可能性を述べる。

最初に、台風、豪雨等によるコンビナート被害の事例を整理し、2つの具体的な被害事例の状況をまとめる。

次に、事業所への防災対策アンケートにおいて、強風時のリスクを把握していることから、コンビナート被害の事例及び防災対策アンケートの回答を参考に、台風、豪雨等による被害の発生可能性を検討する。

8.3.1. 台風、豪雨等によるコンビナート被害の事例

過去に台風（大雨、強風、落雷、高波を含む）、豪雨（線状降水帯を含む）等により、コンビナートの施設等で発生した被害の事例について、公表されている資料をもとに表 8.3.1 に整理した。

表 8.3.1 台風、豪雨等によるコンビナート被害の事例^a

| No. | 年月 | 原因 (台風等) | ハザード | 事例 | 被害情報 | | | |
|-----|--------------|--|---------------------|---|-------------|-------------|--|---|
| | | | | | 場所 | 事業所等 | 施設種類 | 状況 |
| 1 | 1987年 10月 | 1987年台風 19号 | 大雨 | 台風により浮き屋根 式タンクの屋根がナ フサ中に沈没 | 岡山県倉 敷市 | 製油所 | 浮き屋根 式タンク | 台風の豪雨により、浮き屋根の雨水集排水口が閉塞し、浮き屋根上に大 量の雨水が滞留した。さらに、ボンツーン（金属の浮き箱）は、ノズル のキャップ閉め忘れのため浸水し、異常な荷重により座屈した結果、浮 き屋根がナフサ中に沈没した。 |
| 2 | 1991年 9月 | 1991年台風 19号 | 強風、大 雨、高波、 浸水 | 台風による高波によ り、防波堤が倒壊 し、高圧ガス施設の ブタンガスが漏洩 | 福岡県北 九州市 | 油槽所 | LPGタンク (200t) 、LPG施 設、危険 物施設 | 台風による暴風雨の中、構内全域にわたり浸水。高波により、防波堤が 倒壊し、LPガス受入れ配管が損傷を受け、ブタンガス漏えい（34t）事 故が発生した。また、高波及び侵入した海水により、LPG施設の設備や 危険物施設の設備が被災し、使用不可能になった。 |
| 3 | 1995年 6月 | 1995年6月 豪雨 | 落雷、大雨 | 落雷と豪雨のためオ イルセパレーターから 含油排水が溢れ運河 に流出 | 神奈川県 川崎市 | 製油所 | オイルセ パレーター | 落雷による停電のため、含油排水処理設備のポンプが停止したところに 豪雨が重なり、雨水が流れ込んだ結果、廃油が構内および運河に流出 （海上に40L）した。 |
| 4 | 2005年 2月 | 数日前の雨 | 雨水 | 雨水排水配管の閉塞 等により製油所のタ ンク浮き屋根が沈没 | 大分県大 分市 | 製油所 | 灯油用 スロップ タンク | 数日前からの雨により浮き屋根の雨水排水配管が閉塞し、ボンツーン天板 の腐食開口部の不具合が放置されていたため、浮き屋根上に油が漏洩し た。2次災害防止のため、タンク浮き屋根上に消火用泡を投入したが、 浮き屋根は徐々に沈降し、ボンツーンがマンホール部から浸水し始め、 浮き屋根は傾斜しながら最終的に沈没した。 |
| 5 | 2012年 11月 | 2012年台風 15号、台風 16号、台風 17号、11月 豪雨 | 強風、大雨 | 台風の強風や豪雨に より原油タンク浮き 屋根が沈没 | 沖縄県う るま市 | 石油貯蔵 基地 | 浮き屋根 式の原油 タンク | 8月から9月の台風による強風で、浮き屋根の強度不足部位に疲労亀裂が生 じ、ボンツーン内へ油が浸入した。さらに集中豪雨による滞水で浮き屋根 が傾斜し、沈み込む反動で隣接部にも亀裂が連鎖し、仕切り板を越えた 浸油の拡大により、浮き屋根全体が浮力を失い沈没に至った。 |
| 6 | 2017年 8月 | 2017年ハリ ケーン・ ハービー | 大雨、浸水 | ハリケーンによる浸 水で、化学プラント の有機過酸化物が自 然発火し、火災及び 危険物の流出事故が 発生 | 米国テキ サス州 | 工場 | 化学プラ ント | ハリケーンの豪雨（500年に1度の降雨量）により、化学プラント工場 構内が浸水したため、低地に位置した低温倉庫の有機過酸化物を冷蔵ト レーラーへ移動させたが、トレーラーも浸水して電力を喪失し、自然発 火したため火災となり、危険物の流出事故が発生した。 |
| 7 | 2018年 9月 | 2018年台風 21号 | 強風、高波 | 台風の強風や高波に より、空港の給油地 区が浸水 | 大阪府泉 佐野市 | 国際空港 | 給油タン ク、緊急 停止装置 | 台風の強風によって高波が護岸を越えて、空港島内の広範囲が浸水し、 給油地区では、給油タンクやハイランドピットの浸水及び緊急停止装置 の倒壊があった。 |
| 8 | 2019年 10月 | 2019年台風 19号 | 強風 | 台風の強風により製 造施設の配管が破損 し、エタノールが漏 洩 | 神奈川県 川崎市 | アルコー ル工場 | 製造施設 の配管 | 強風により製造施設の配管が破損し、エタノール約600Lが漏洩した。安全 措置を実施。 |
| 9 | 2019年 10月 | 2019年台風 19号 | 強風 | 台風の強風により変 圧器が破損し、絶縁 油が漏洩 | 神奈川県 川崎市 | 工場 | 変圧器 | 鉄骨造6階建て建屋の屋上に設けられた変圧器（絶縁 630L入り）に、 強風で煽られた配管用歩廊（鋼製スチーフ）がぶつかり、変圧器フィン 部が破損したことにより、絶縁油 470 Lが屋上から排水管を通り地上の 排水ピット（施設外に直接排出されないように設けた貯留槽）に流出し た（海上への流出はなし）。 |
| 10 | 2019年 10月 | 2019年台風 19号 | 大雨、強 風、浸水 | 台風により護岸沿い に設置された流出油 等防止堤が破損 | 神奈川県 横浜市 | 製油所 | 流出油等 防止堤 | 台風により護岸沿いに設置された流出油等防止堤が3カ所にわたり破損 した。当製油所では、構内の護岸の損壊が認められ、土壌による応急措 置を実施した（危険物等の漏洩はなし）。また、敷地内の冠水により、 出荷関連設備に不具合が生じ、一時出荷を停止した。なお、近隣の他の 製油所・油槽所は、特に問題はなく、石油製品の安定供給には影響はな かった。 |
| 11 | 2019年 10月 | 2019年台風 19号 | 大雨 | 台風によりタンクの 浮き屋根上及び側溝 に油流出 | 神奈川県 横浜市 | 潤滑油製 造工場 | 浮き屋根 式タンク | 降雨の影響によるドレーンからの逆流により、タンクの浮き屋根上及び 側溝に油が約4L漏えい（施設外への漏えいなし）。潤滑油製造工場の 当製造所（潤滑油、グリース、エンジンテスト用の特殊燃料油など）500 種類の各種石油製品を生産）では、工場内の浮き屋根式タンクの浮き屋 根上とタンク周辺側溝に、油混じりの雨水が10L程度漏えいした（施設 外への漏えいなし）。 |

^a 「豪雨により浮き屋根式タンクの屋根がナフサ中に沈没」（一般財団法人カーボンニュートラル燃料技
術センター 事故事例リスト、昭和 62 年（1987 年）、No. 214） 他

8.3.2. 1991年台風19号による高圧ガス施設のブタンガス漏えい事故

1991年台風19号により、油槽所敷地内に設置された高圧ガス施設（LPGタンク）からブタンガスが漏えいした事故^aについて、被害の状況を以下に示す。

台風19号の暴風雨により油槽所構内全域が浸水する中、高波により防波堤が倒壊（図8.3.1）したことにより、LPGタンク5基のうち1基（No.2タンク）のLPガス受入れ配管が損傷を受け、ブタンガス漏えい（34t）事故が発生した（図8.3.2）。

事故に至る背景として、台風接近による気圧低下のため、通常より約90cm海面が上昇し、これに満潮時が重なったことに加え、強風により沖合いから生じた大波が油槽所北側護岸に押し寄せ、さらに北側護岸の東部分の隅角部で波が増幅されて（推定波高5.3m）、既設護岸の強度以上の波力により、護岸が倒壊したという状況であった。さらに、倒壊した護岸のコンクリートが海岸側に敷設してあったLPガス受入配管上に落下して大きな力が加わり、その力が配管の最も弱い部分に集中し、タンクノズル部と受入配管部が損傷した。

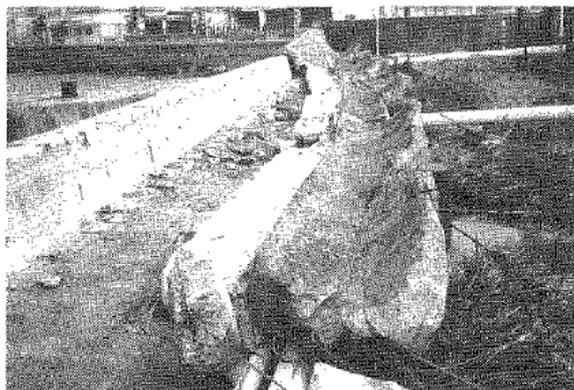


図 8.3.1 倒壊した防波堤の状況

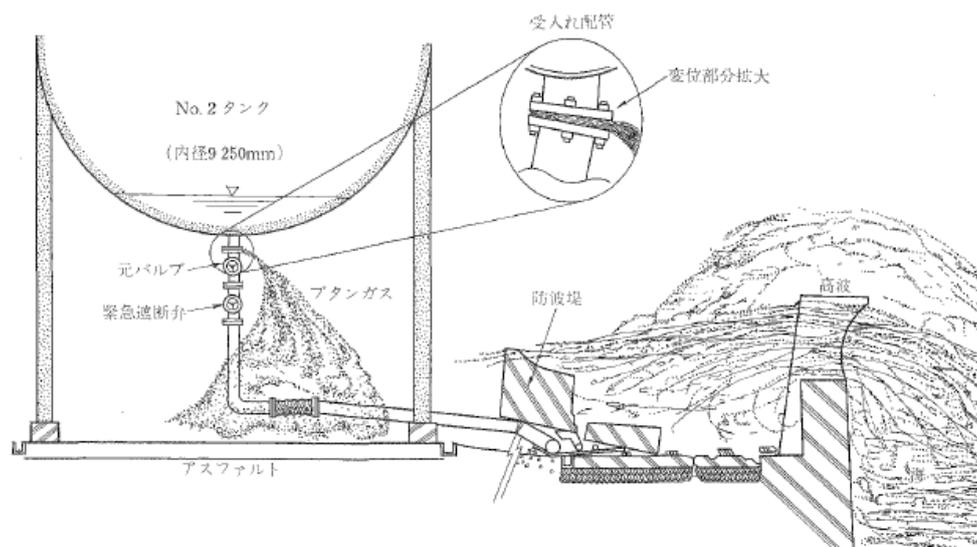


図 8.3.2 被災時のNo.2タンク及び防波堤付近ブタンガス配管姿図

^a 田村 幸達：台風19号災害によるブタンガス漏えい事故，安全工学，1992年31巻4号 p.285-291



(1) 給油地区の浸水



(2) 緊急停止装置の転倒

図 8.3.4 給油地区の主な被害状況

8.3.4. 台風、豪雨等による被害の発生可能性

防災対策アンケートにおいて、「12. 強風時のリスクの把握について」の設問及び回答で、具体的な被害想定が示されている（表 8.3.2）。

表 8.3.2 強風時のリスクの把握について（抜粋）

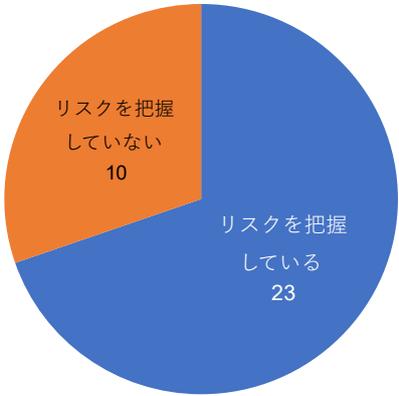
| | |
|---|---|
| <p>①事業所内の施設や設備に関して、台風等による強風や竜巻が発生した際の被害のリスクを把握していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <p>リスクを把握していない 10</p> <p>リスクを把握している 23</p> |
| <p>②上記①でリスクを把握している場合、その内容を簡単に記載してください。（主な回答）</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・強風による容器（コンテナやドラム）の飛散、荷崩れ ・物品、建屋スレートの飛散による配管の破損 ・屋外設備、構造物の倒壊、大規模火災（爆発）の可能性 ・配管、電気ケーブルの断裂 ・工事中防護用シートによる足場崩落 ・屋外タンク開放検査時ジャッキアップタンクの座屈 ・竜巻の被害に関しては把握できない ・平底タンクの横抜き配管が強風で損傷し、危険物流出 ・屋外クレーン設備等の停止 ・空ドラム、廃棄物、製品原資材等の飛散 ・上記の飛散に伴う設備故障などの二次災害 ・窓、シャッター、折半屋根等破損 ・設計風速を超える強風により、施設が破損 ・台風等の暴風雨による従業員、建物、設備等への被害 ・飛来物による建物、配管等の破損、危険物の流出。 |

表 8.3.1 の被害事例や表 8.3.2 で把握しているリスクを踏まえ、台風、豪雨等による被害をハザード（大雨、強風、落雷、高波、浸水）別に整理すると、以下の被害が発生する可能性が考えられる。

大雨が主な原因の被害としては、危険物タンクの浮き屋根が雨水排水口の閉塞等により沈没する可能性があり（表 8.3.1 の No. 1, 4 の事例）、強風が主な原因の被害としては、表 8.3.2 の②で示された「強風による容器（コンテナやドラム）の飛散、荷崩れ」、「物品、建屋スレートの飛散による配管の破損」、「屋外設備、構造物の倒壊、大規模火災（爆発）の可能性」、「配管、電気ケーブルの断裂」、「工事中防護用シートによる足場崩落」、「屋外タンク開放検査時ジャッキアップタンクの座屈」、「平底タンクの横抜き配管が強風で損傷し、危険物流出」、「屋外クレーン設備等の停止」、「空ドラム、廃棄物、製品原資材等の飛散、飛散に伴う設備故障などの二次災害」、「窓、シャッター、折半屋根等破損」、「設計風速を超える強風により、施設が破損」、「台風等の暴風雨による従業員、建物、設備等への被害」、「飛来物による建物、配管等の破損、危険物の流出」や、危険物タンクの浮き屋根が強度不足から破

損し沈没に至る可能性も考えられる（表 8.3.1 の No. 5 の事例）。また、落雷による停電や、大雨による浸水で設備の電力が喪失することにより、危険物等が漏えい・流出する可能性も考えられる（表 8.3.1 の No. 3, 6 の事例）。

さらに、強風、大雨、高波の発生による被害としては、防波堤の破損・倒壊、施設構内の浸水による設備等の倒壊や危険物等の漏えい・流出の可能性も考えられる（表 8.3.1 の No. 2, 7, 10 の事例）。

9. 大規模災害を対象とした評価

消防庁指針に記載されている手法を用いて、大規模災害を対象とした評価を実施する。ここでは、大規模災害として、可燃性液化ガスタンクの爆発による災害、石油類の海上流出、防油堤火災等事業所内での火災をきっかけとしてコンビナート外へ延焼拡大、シーバースにおける事故といった災害を取り上げる。こういった低頻度で起こり得る災害について、災害の発生を妥当に（現実的なものとして）評価することは極めて難しい。したがって発生確率には言及せず、起こった場合の評価を中心に行った。

なお、大規模災害が起こるまでに様々な対応が段階的に取られるため、大規模災害が発生する確率は小さいと考えられる。

9.1. 前提となる大規模災害の想定

ここで言う「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火災・爆発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取り上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非常に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もの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、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上で表現した場合、図 9.1.1 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 9.1.1 リスクマトリックスにおける大規模災害のイメージ

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、危険物タンクのタンク全面火災、防油堤内流出火災、防油堤等からの海上流出、防油堤火災からの延焼拡大、BLEVE に伴う可燃性の加圧液化ガスタンクの爆発による災害、シーバースでの事故とする。

ここで、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、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いる。

9.2. 危険物タンクにおける災害

9.2.1. タンク全面火災

タンク屋根が沈没する等により内容物の液面が露出し、そこに着火しタンク全面火災となった場合には、タンク内の危険物は高い燃焼速度で継続的に燃焼し、火炎はタンク上方に大きく立ち上がるため、周囲に強い放射熱を放出する。この放射熱は極めて大きく、近接する他の危険物タンクや配管設備、建築物等に熱影響を及ぼし、二次火災や延焼を引き起こすおそれがある。また、タンク本体が長時間高温に曝されることで鋼材の強度が低下し、内容物の漏えいやタンクの変形、最悪の場合には破損に至る可能性がある。

タンク全面火災では強烈な放射熱のため作業員が近づくことが困難となり、初動対応や消火活動が著しく制限される。周辺地域においても、放射熱や黒煙、可燃性蒸気の拡散により、避難や交通規制が必要となる場合がある。さらに、消火活動には大量の泡消火剤や水を必要とし、消火水の流出による環境影響や、長時間にわたる操業停止など、社会的・経済的被害も大きい。平成 15 年の十勝沖地震の事例を以下に示す。

○平成 15 年 十勝沖地震の事例

北海道苫小牧市の石油コンビナートで、震度 6 弱の地震が発生した 2 日後に、容量 33,000kl のナフサの貯蔵タンクで火災が起こった。地震により浮き屋根が沈下し、浮き屋根上に全面滞留したナフサに引火したことが原因で、日本で初めての地震によるタンク全面火災となった。泡消火剤が不足したため全国から泡原液を調達し、消防の専門家の派遣、緊急消防援助隊等も出動した火災は、鎮火まで 44 時間を要した。

9.2.2. 防油堤内流出火災

タンクから漏えいした石油類が防油堤内に流出し、これに着火して発生する火災の場合、堤内全体にわたり液面火災が発生し、広範囲で激しい燃焼が継続する。この際、火炎および高温の燃焼ガスにより強い放射熱が発生し、隣接するタンク本体や配管、支持構造物等に深刻な熱影響を及ぼすおそれがある。特に複数のタンクが近接配置されている場合には、タンク外板の加熱による強度低下や内容物の沸騰を招き、二次災害としてのタンク火災や破損、内容物の追加流出につながる危険性が高い。

防油堤内流出火災もタンク全面火災と同様に、強烈な放射熱により消火活動が制限される場合や、周辺地域に放射熱や黒煙、可燃性蒸気の拡散による影響が出る場合がある。

防油堤内流出火災と明記された大規模災害の公表例は少ないものの、災害発生時には、人的・物的・環境的影響が大きいことから、防油堤内流出火災を想定した防災訓練を行っている石油コンビナートもある。

9.2.3. 防油堤等からの海上流出

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、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箇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機能していても、油が排水溝を通過して海上に流出する可能性がある。

昭和 53 年における宮城沖地震の事例を以下に示す。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。

○昭和 53 年 宮城沖地震の事例

重油タンクの側板と底板の接合部付近が破断し、約 70,000k1 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過してガードベースン（容量 6,000k1）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、土嚢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 k1 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。

9.2.4. 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。昭和 39 年の新潟地震の事例を以下に示す。

○昭和 39 年 新潟地震の事例

スロッシングにより 5 基の原油タンク（30,000～45,000k1）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、準特定タンクや 500kl 未満の小容量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いる場合があり、火災が防油堤全面に拡大する可能性がある。

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が難しく、防油堤外に延焼する場合となれば、定量的な予測が不可能である。

しかし、特別防災区域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ず、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。

9.3. ガスタンクにおける災害

9.3.1. 可燃性の加圧液化ガスタンクの爆発による災害

可燃性の加圧液化ガスタンクが外部火災等により加熱され、内部圧力が異常上昇した状態で破裂した場合に、BLEVE が発生することがある。BLEVE では、タンクの破片が高速で飛散するとともに、内容物が瞬時に放出・燃焼し、大規模な火球（ファイヤーボール）が形成される場合がある。

このような爆発災害では、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破片の飛散という複数の危険因子が同時に発生し、被害が広範囲に及ぶ可能性がある。爆風により周辺設備や建築物が損壊し、ガラス破損や構造物倒壊が生じるおそれがある。放射熱は人体に深刻な熱傷を与える可能性があり、比較的離れた位置においても被害が発生する場合がある。また、タンク破片の飛散は二次災害を引き起こす要因となり、隣接設備への衝突による連鎖的事故の危険性が高い。東日本大震災での千葉県市原市の事例を以下に示す。

○東日本大震災での千葉県市原市の事例

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、火災に到ったものである。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 回の大規模災害が発生した。

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 発生可能性がある。可燃性高圧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が設置されており、高圧ガス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、十分な散水冷却を行うことができない場合が予想されるため、注意が必要である。

9.4. その他の災害

9.4.1. シーバースの事故

ここでは、シーバースの過去の事故事例を整理するとともに、現状のシーバースでの防災対策について整理を行う。

(1) 事故事例

①四日市における過去のシーバース事故事例

○隆洋丸流出油事故^a

昭和 53 年 11 月 8 日早朝、四日市港昭和四日市石油（株）アウターバースに着棧荷役中の原油タンカー隆洋丸から原油（イラニアンヘビー）が流出した。

流出した原油の一部は、同船の周りに展張されたオイルフェンス内で回収されたが、その大半は四日市市磯津沖から鈴鹿市沿岸にかけてののり漁場に侵入し被害を与えた後、伊勢湾中央部を経て南下し、11 日早朝には伊勢湾南部の答志島沿岸のり漁場まで接近した。

本事故の原因は、きつ水調整のため海水バラストを取入終了後、シーバースバルブの閉鎖をしないまま油押し（空気抜）作業を行ったため、シーバースを経て原油が排出されたもので、流出油量は、およそ 105 キロリットルであった。

○ワールド・エンデバー号流出油事故^a

昭和 54 年 1 月 19 日午後、四日市港昭和四日市石油（株）アウターバースに着棧荷役中の原油タンカーワールド・エンデバー号から原油（アラビアンヘビー）が流出した。

流出油の防除を実施した結果、流出油の大部分は回収されたが、一部が翌 20 日早朝、四日市市磯津から鈴鹿市若松にかけてののり漁場内に侵入し、被害を与えた。

隆洋丸流出油事故後、僅か 2 ヶ月後の相次ぐ同一シーバースでの原油流出事故であることから、事故後、ワールド・エンデバー号の積載残油の揚荷に対して、地域住民及び庶民より強い反対があり、同シーバースにおける荷役再開が遅れた。

本事故の原因は、油タンク内において、クリーンバラストライン系統パイプに腐食孔を生じていたため、クリーンバラストの排出に伴い、原油が流出したもので、流出油量はおおよそ 38 キロリットルであった。

②全国における過去のシーバース事故事例

○東日本大震災によるバース配管の被害^b

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災による津波被害を受け、鹿島港南航路側の岸壁が崩落しバース配管が損傷した。バースに停泊していたパラキシレン船は、ローディングアームを外した状態で船員が避難した後、津波のためロープがちぎれて漂流した。ま

^a 流出油事故の記録 -隆洋丸- -ワールド・エンデバー号-, 三重県

^b 東日本大震災記録集, 消防庁, 平成 25 年 3 月

た、漂流船舶の衝突により損傷し、配管が引きずられて損傷したバースがあった。特に中央航路との合流地点付近に位置しているバースの損壊が著しく、配管の損傷により重油、ガソリン、灯油、軽油が流出したものと推定された。流出油量の報告は無い。

○機船ヘイムバード棧橋衝突事件^a

1965年5月23日、室蘭港においてノルウェーのタンカー、ヘイムバード号が室蘭製油所の原油棧橋に係留する際、同棧橋に衝突した。積載していた原油が外板の破口から海上に流出し、本船周辺の海面に広がった。燃焼限界内のガスとなって海面上に立ち込めた原油蒸気は、同船煙突からの火の粉又は同船発電機のブラシとスリップリングの間に発生した電気火花により引火して火災となり、火は27日間燃え続けた。

○京葉シーバースでのバース衝突事故^b

令和2年8月7日、千葉県千葉港京葉シーバース東バースに着棧作業中の油送船かいもん丸が北西方へ圧流され、棧橋に衝突した。本船は左舷船首部に亀裂を伴う凹損を生じ、また棧橋の一部に損傷を生じた。本事故は、本船が千葉港において、本件棧橋に向かう潮流の流速が約30～52cm/sの状況下、水先人が、固定式潮流計の測定値よりも実際の流速値が自身の着棧中止の目安である30cm/s未満に下がると予期し、着棧操船を開始したため、予定していた停止位置から棧橋に向けて圧流され、本件棧橋に衝突したものと考えられる。

(2) シーバース事故の現状の対応計画と対策^c

シーバースの防災対策として、大型油タンカー（総トン数5万トン以上）、大型液化ガスタンカー（総トン数2万5千トン以上）、大型液化アンモニアタンカー（総トン数2万5千トン以上）及びそれらのタンカーバースに義務付けられている事項を以下に抜粋する。

A) バースの一般設備（抜粋）

- 緊急時の荷役停止及び離棧を迅速かつ容易にするため、できる限り、十分な強度を有するクイックリリースフック、緊急遮断装置（ESDS）、緊急切離し装置（ERS）等を設備すること。また、設備する装置は、非常用発電機等により電源を二重化し、バース作業員が緊急時に確保できない場合等に備えクイックリリースフックは遠隔操作が可能なものとする等、停電及び当該バースで予想される最大クラスの津波への備えをできる限り考慮したものとする。
- 電気、照明設備等火花を発生おそれのあるものは、危険場所に応じた適切な防爆性能を有すること。
- ドルフィン式又は棧橋式バースにあっては、風向風速計、着棧速度計及び緊急警報装置を

^a 機船ヘイムバード棧橋衝突事件, 国土交通省

^b 運輸安全委員会年報2023, 運輸安全委員会, 令和5年3月

^c 大型タンカー及び大型タンカーバースの安全防災対策基準（行政指導指針）, 海上保安庁, 令和7年3月1日

設置すること。

B) バースの消防設備（大型油タンカー）

- 消火用ノズルは、当該バースに着棧（標）する最大タンカーの空船時における消火作業に有効な高さとする。
- 陸上の消火用ノズル（固定式）は、泡消火剤の放射範囲が、当該バースに着棧する最大タンカーの全タンクを有効にカバーできるように設置すること。ただし、消防船を配備する場合にあってはこの限りでない。
- ドルフィン式又は棧橋式バースの場合、火災による火熱を防止する必要がある箇所には、十分な能力を有するウォーターカーテン装置を設備すること。
- 荷役関連作業に伴う初期火災の消火のため、ドルフィン式又は棧橋式バースにあっては、アーム又はホースの付近に、荷役関連作業者が持運び可能な小型の消火器等その他の適切な器具を備え置くこと。

C) バースの消防設備（大型液化ガスタンカー）

- アーム又はホースの接続部付近に、2 トン以上のドライケミカルを放出できる装置又は火災を制御するに足る十分な量の水霧を広範囲に放水できる装置を設備すること。
- タンカーが、バース前面から着棧して荷役終了後離棧するまでの間、2 トン以上のドライケミカルを放出できる装置を有する消防船を配備すること。ただし、液化水素を取り扱うバースにあっては、上記に加え、十分な量を放水できる消防船を配備すること。
- 火災による火熱に対処するため、アーム又はホースの接続部付近に、十分な能力を有するウォーターカーテン装置等を設備すること。
- 荷役関連作業に伴う初期火災の消火のため、ドルフィン式又は棧橋式バースにあっては、アーム又はホースの付近に、荷役関連作業者が持運び可能な小型の消火器、圧縮空気泡消火装置その他の適切な器具を備え置くこと。

D) バースの消防設備（大型液化アンモニアタンカー）

- アーム又はホースの接続部付近を覆うように、二方向以上から放水できる装置を設備すること。なお、同装置は、ガスの除害拡散防止から火災延焼防止まで対応できるよう、広角水霧から棒状放水まで放水パターンを可変できるものであって、自動又は手動により容易に操作できるものが望ましい。
- タンカーが、バース前面から着棧して荷役終了後離棧するまでの間、放水能力を有する消防船を配備すること。
- 必要に応じ、シート等による蒸発気化抑制、障壁又は水幕装置等によるガス拡散防止のための器具・装置を設備すること。
- 荷役関連作業に伴う初期火災の消火のため、ドルフィン式又は棧橋式バースにあっては、アーム又はホースの付近に、荷役関連作業者が持運び可能な小型の消火器、圧縮空気泡消火装置その他の適切な器具を備え置くこと。また、液化アンモニア漏えい時の緊急対応のため、あらかじめ設定した区域（ガス濃度 25ppm 以上となることが想定される区域又は着

用している個人保護具等に応じた区域)の外側等の適切な場所に、荷役関連作業者が使用可能なハンドノズル(放水パターンを可変できるものが望ましい)、消火ホース、消火栓その他の適切な器具を備え置くこと。

E) 荷役時の事故防止対策(荒天、津波等の対策)

■ 荒天による荷役中止及びアーム又はホースの切離し基準について、その基準値は風速15メートル/秒又は波高1.5メートルを超えない範囲で定めること。

■ 港則法によるほか、次の事項を遵守すること。

(イ) 台風等による荒天が予想される時は、荷役中のタンカーが十分に余裕のある時期に港外の安全な場所に避難することができるよう、荷役中止等の対応をとる。なお、台風対策協議会等により船舶ごとにとるべき対応策が定められている場合は、これによる。また、その際の荒天の基準値は風速20メートル/秒を超えない範囲で定めるものとし、台風の接近等が予想される場合はその情報収集に努める。

(ロ) 津波への対応

① 大津波警報又は津波警報が発せられた場合は、荷役中のタンカーは原則として港外の安全な場所に避難することとなるため、直ちに荷役を中止する。

② 港外に避難することが不可能又は安全上支障がある場合は、係留状態のまま避泊することとなることから、タンカー側と連携して、その場合における係留強化等の手順をあらかじめ定めておく。

③ 津波対策協議会等により船舶ごとにとるべき対応策が定められている場合は、これによる。

F) 事故即応体制等

■ タンカー、警戒船、監視員、陸上コントロールセンター等荷役関係者相互間の即時連絡通報体制の確立を図ること。

■ 事故等が発生した場合に、消防船、防災要員、船艇、資機材を適切かつ速やかに動員、使用できる体制を確立すること。また、要員、資機材等の確保に当たっては、指定海上防災機関等の防災機関、近隣の同種事業所等との連携を考慮すること。

■ 事故が発生した場合に、適切な措置が講じられるよう海上防災マニュアルを作成すること。

■ 非常呼集訓練、人命救助訓練、汚染箇所の除害作業手順の確認等をできる限りタンカー側と一体となって実施すること。なお、指定海上防災機関等の防災機関における研修、訓練には極力参加すること。

■ 事故が発生した場合には、バースの管理者、作業員等は、自ら早急に防除・消火作業等を実施する必要があることから、タンカー側の動員体制を事前に把握し、双方が連携して直ちに防除・消火作業等を行うことができる体制を整えておくこと。

10. 防災対策の基本的事項の検討

本章では、ここまで検討してきた想定災害を踏まえつつ、防災対策の基本的事項の検討・整理を行った。まず、10.1で評価項目ごとに想定される災害をまとめる。次に、10.2及び10.3で、表10.0.1に示す分類に基づき、防災対策の基本的事項を示す。

表 10.0.1 防災対策の分類^a

| 対策種類 | 評価項目 | | | | | |
|----------------------------------|------|---|---|---|---|---|
| | 平 | 短 | 長 | 津 | 風 | 大 |
| 10.2. 災害予防対策 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.2.1. 施設の安全性強化対策 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| (1) 危険物タンクの耐震性強化 | | ● | ● | | | |
| ○危険物タンク本体の新基準適合の促進 | | ● | | | | |
| ○浮き屋根及び内部浮き蓋の技術基準適合の促進 | | | ● | | | |
| ○浮き屋根の被害状況の把握 | | ● | ● | | | |
| ○液面の低下措置 | | | ● | | | |
| ○防災対応力の把握 | | ● | ● | | | |
| ○スロッシング制振技術等の研究・技術開発 | | | ● | | | |
| (2) 高圧ガス設備の耐震性強化 | | ● | | | | ● |
| (3) 液状化対策 | | ● | | | | |
| (4) 防災設備の設置促進・信頼性向上 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| ○緊急遮断弁の設置促進 | ● | ● | | ● | ● | ● |
| ○防災設備の耐震信頼性の向上 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| ○仕切堤・防液堤の設置促進、防油堤の耐震性強化 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| ○海上流出対策 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.2.2. 事業所の安全管理体制 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| (1) 施設の日常的な検査・点検 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| (2) 漏洩等の異常を早期に検知・発見するための体制確立 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| (3) 防災設備の保守点検 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.2.3. 防災資機材の整備 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| (1) 想定災害に対応可能な防災資機材の整備 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| (2) 防災資機材の効果的な運用方法の検討、応援体制の強化 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.2.4. 教育訓練・防災訓練 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| (1) 詳細な操作マニュアルの作成と従業員への周知徹底 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| (2) 防災訓練 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.2.5. 影響防止対策 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.2.6. 津波対策 | | | | ● | | |
| (1) 浮遊流動物対策・浸水防止対策 | | | | ● | | |
| (2) 津波到達時間、従業員の避難に要する時間を考慮した緊急措置 | | | | ● | | |
| 10.3. 災害応急対策 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.3.1. 想定される災害事象の特徴 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.3.2. 避難対象区域 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.3.3. 同時多発災害 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.3.4. 事業所による発災時の応急対応 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.3.5. 周辺住民に対する広報 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 10.3.6. 周辺住民の避難対策 | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

注：評価項目の凡例は、以下のとおり。

平：平常時の事故、短：短周期地震動による被害、長：長周期地震動による被害、津：津波による被害、風：風水害による被害、大：大規模災害

^a 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（消防庁、平成 25 年 3 月）を参考に分類した。

10.1. 災害想定（評価結果のまとめ）

10.1.1. 平常時の事故

(1) 評価方法

災害の発生危険度と影響度を推定し、この両者を基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（安全水準を 10^{-6} /年（Cレベル）と設定）。

○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

<評価にあたっての主な前提>

- 災害の発生危険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必要がある。
- 災害の影響度は4.3で述べた影響距離の算定条件の下で算定するものであり、実際に事故が発生した場合の影響距離を示すものではない。さらに、実際には影響度の大きさは距離だけに依らず、施設の立地状況や周囲の環境によっても異なる。

(2) 評価結果

平常時に想定される災害の概要を表10.1.1に示す。

第1段階及び第2段階の災害としては、可燃性ガスの漏洩に伴う爆発やフラッシュ火災、毒性物質の漏洩に伴う毒性ガス拡散で特別防災区域外に影響を及ぼすような災害が想定される。

表 10.1.1 平常時の想定災害（稼働中の施設のみ）

| 影響範囲 | 第1段階の災害 | 第2段階の災害 |
|------|---|---|
| 大 | <ul style="list-style-type: none"> ・ガスタンク：毒性ガス拡散 ・プラント：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・パイプライン：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 | <ul style="list-style-type: none"> ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・パイプライン：毒性ガス拡散 |
| 中 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：毒性ガス拡散 ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災 ・海上入出荷施設：毒性ガス拡散 ・パイプライン：流出火災 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：流出火災、タンク火災、毒性ガス拡散 ・海上入出荷施設：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・パイプライン：流出火災 |
| 小 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：流出火災、タンク火災 ・毒性液体タンク：毒性ガス拡散 ・プラント：流出火災 ・海上入出荷施設：流出火災、爆発、フラッシュ火災 | <ul style="list-style-type: none"> ・毒性液体タンク：毒性ガス拡散 ・海上入出荷施設：流出火災 |

注) 影響範囲の区分は以下のとおり。

- ・大：特別防災区域外の一般地域に及ぶ場合がある。
- ・中：事業所外に及ぶ場合があるが、概ね特別防災区域内や周辺海域にとどまる。
- ・小：概ね事業所内にとどまる。

10.1.2. 短周期地震動による被害

(1) 評価方法

前提となる地震として、三重県地震被害想定の対象とした地震のうち、本県の特別防災区域（四日市臨海地区）において最大の影響を及ぼすおそれのある地震として、以下に示す地震を選定して評価を行った。

- 南海トラフ地震
 - ・過去最大クラス（以下、L1 地震）
 - ・理論上最大クラス（以下、L2 地震）
- 陸域の活断層を震源とする地震
 - ・養老-桑名-四日市断層地震（以下、陸域断層地震）

評価方法は平常時と同様に、災害の発生危険度と影響度を推定し、この両者を基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。

- 第1段階の災害：災害の発生危険度がBレベル（レベル1の地震： 10^{-3} 程度、レベル2の地震： 10^{-2} 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（レベル1の地震： 10^{-4} 程度、レベル2の地震： 10^{-3} 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

<評価にあたっての主な前提>

- 災害発生危険度は地震時の被災確率であり、安全水準は、地震の発生確率と地震時の被災確率を掛け合わせるにより、平常時と同じ 10^{-6} /年となるように設定している。
- その他、平常時の事故による被害と同じ

(2) 評価結果

地震時に想定される災害の概要を表 10.1.2 に示す。

第1段階及び第2段階の災害としては、危険物の流出火災、可燃性ガスの漏洩に伴う爆発やフラッシュ火災、毒性物質の漏洩に伴う毒性ガス拡散で特別防災区域外に影響を及ぼすような災害が想定される。

表 10.1.2(1) 【L1】南海トラフ地震（過去最大クラス）時の想定災害

| 影響範囲 | 第1段階の災害 | 第2段階の災害 |
|------|--|---|
| 大 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：流出火災 ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・プラント：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・パイプライン：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：流出火災 ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・パイプライン：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 |
| 中 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：毒性ガス拡散 ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災 ・海上入出荷施設：毒性ガス拡散 ・パイプライン：流出火災 | <ul style="list-style-type: none"> ・海上入出荷施設：爆発、フラッシュ火災 ・パイプライン：流出火災 |
| 小 | <ul style="list-style-type: none"> ・毒性液体タンク：毒性ガス拡散 ・プラント：流出火災 ・海上入出荷施設：流出火災、爆発、フラッシュ火災 | <ul style="list-style-type: none"> ・海上入出荷施設：流出火災 |

注) 影響範囲の区分は以下のとおり。

- ・大：特別防災区域外の一般地域に及ぶ場合がある。
- ・中：事業所外に及ぶ場合があるが、概ね特別防災区域内にとどまる。
- ・小：概ね事業所内にとどまる。

表 10.1.2(2) 【L2】南海トラフ地震（理論上最大クラス）時の想定災害

| 影響範囲 | 第1段階の災害 | 第2段階の災害 |
|------|---|---|
| 大 | <ul style="list-style-type: none"> ・ガスタンク：毒性ガス拡散 ・プラント：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・パイプライン：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：流出火災 ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・プラント：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 |
| 中 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：毒性ガス拡散 ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災 ・パイプライン：流出火災 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：毒性ガス拡散 ・海上入出荷施設：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・パイプライン：流出火災 |
| 小 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：流出火災 ・毒性液体タンク：毒性ガス拡散 ・プラント：流出火災 ・海上入出荷施設：流出火災、爆発、フラッシュ火災 | <ul style="list-style-type: none"> ・プラント：流出火災 ・海上入出荷施設：流出火災 |

注) 影響範囲の区分は以下のとおり。

- ・大：特別防災区域外の一般地域に及ぶ場合がある。
- ・中：事業所外に及ぶ場合があるが、概ね特別防災区域内にとどまる。
- ・小：概ね事業所内にとどまる。

表 10.1.2(3) 【陸域断層】養老-桑名-四日市断層時の想定災害

| 影響範囲 | 第1段階の災害 | 第2段階の災害 |
|------|---|---|
| 大 | <ul style="list-style-type: none"> ・ガスタンク：毒性ガス拡散 ・プラント：毒性ガス拡散 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：流出火災 ・ガスタンク：毒性ガス拡散 ・プラント：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・パイプライン：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 |
| 中 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：毒性ガス拡散 ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災 ・パイプライン：流出火災 | <ul style="list-style-type: none"> ・危険物タンク：毒性ガス拡散 ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散 ・海上入出荷施設：爆発、フラッシュ火災 ・パイプライン：流出火災 |
| 小 | <ul style="list-style-type: none"> ・毒性液体タンク：毒性ガス拡散 ・ガスタンク：爆発、フラッシュ火災 ・プラント：流出火災、爆発、フラッシュ火災 ・海上入出荷施設：流出火災、爆発、フラッシュ火災 | <ul style="list-style-type: none"> ・毒性液体タンク：毒性ガス拡散 ・危険物タンク：流出火災 ・プラント：流出火災 ・海上入出荷施設：流出火災 |

注) 影響範囲の区分は以下のとおり。

- ・大：特別防災区域外の一般地域に及ぶ場合がある。
- ・中：事業所外に及ぶ場合があるが、概ね特別防災区域内にとどまる。
- ・小：概ね事業所内にとどまる。

10.1.3. 長周期地震動による被害

(1) 評価方法

前提となる地震として、令和6年度から実施している三重県南海トラフ地震被害想定調査で長周期評価対象としている過去最大クラスの4つの地震（全割れ、西半割れ西端、西半割れ潮岬、東半割れ潮岬）について、固有周期毎に擬似速度応答スペクトルが最大となる地震のスペクトル値（以下、4地震の擬似速度応答スペクトルの包絡線という）を想定して長周期地震動による被害の評価を行った。

評価方法としては、上記の擬似速度応答スペクトルを前提に、危険物タンクのスロッシング被害を対象として以下の評価を行った。

- ① スロッシング最大波高及び溢流量の推定
- ② スロッシングによる災害の危険性
- ③ 災害の影響度の推定

<評価にあたっての主な前提>

- スロッシング最大波高及び溢流量の推定にあたって、液面高さは最高液面高さを想定している。
- 災害の影響度の推定では、タンク全面火災、仕切堤内流出・火災及び防油堤内流出・火災を想定して評価を実施したが、実際にはスロッシングによる影響を受けたとしても必ずしもこれらの災害に至るわけではない（特に固定屋根式タンクや内部浮き蓋付きタンク）。

(2) 評価結果

① スロッシング最大波高及び溢流量の推定

スロッシング最大波高の推定結果は表 10.1.3 に示すとおりである。

容量 1,000kl 以上のタンクについて、最高液面高さ時にスロッシング最大波高が余裕空間高さを超えることが想定されるタンクは、内部浮き蓋付きタンクで 2 基、固定屋根式タンクで 107 基である。

容量 1,000kl 未満のタンクについて、消防法告示の液面管理の規制対象ではなく、参考の結果であるが、最高液面高さ時にスロッシング最大波高が余裕空間高さを超えることが想定されるタンクは、内部浮き蓋付きタンクで 8 基、固定屋根式タンクで 61 基である

また、危険物タンクからの溢流量の推定結果は表 10.1.4 に示すとおりである。

容量 1,000kl 以上のタンクについて、参考値^aであるが、内部浮き蓋付きタンクで最大 0.1m³、固定屋根式タンクで最大 361m³の溢流が想定される。

容量 1,000kl 未満のタンクについて、参考値^aであるが、内部浮き蓋付きタンクで最大 47m³、

^a 固定屋根式タンク及び内部浮き蓋付きタンクについては、液面が屋根に達したとしても、屋根が破損しない限り溢流は生じないが、危険物タンクは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可能性があるため、参考までに溢流量を算定する。

固定屋根式タンクで最大 320m³ の溢流が想定される。

表 10.1.3(1) スロッシング最大波高とタンク余裕空間高さとの比較
(容量 1,000kl 以上のタンク)

(単位：基)

| スロッシング 最大波高が | 浮き屋根 | | 内部 浮き蓋 | 固定 屋根 | 計 |
|-----------------|-------------|------------|-----------|----------|-----|
| | シングル デッキ | ダブル デッキ | | | |
| 余裕空間高さ を超える | 0 | 0 | 2 | 107 | 109 |
| 余裕空間高さ を超えない | 82 | 9 | 37 | 51 | 179 |
| 計 | 82 | 9 | 39 | 158 | 288 |

表 10.1.3(2) 【参考】スロッシング最大波高とタンク余裕空間高さとの比較
(容量 1,000kl 未満のタンク)

(単位：基)

| スロッシング 最大波高が | 浮き屋根 | | 内部 浮き蓋 | 固定 屋根 | 計 |
|-----------------|-------------|------------|-----------|----------|----|
| | シングル デッキ | ダブル デッキ | | | |
| 余裕空間高さ を超える | 0 | 0 | 8 | 61 | 69 |
| 余裕空間高さ を超えない | 0 | 0 | 5 | 7 | 12 |
| 計 | 0 | 0 | 13 | 68 | 81 |

表 10.1.4(1) 溢流量の推定結果 (容量 1,000kl 以上のタンク)

| 屋根形式 | 1 基あたり溢流量 |
|-----------------|------------------------|
| 浮き屋根式 (シングルデッキ) | 0 m ³ |
| 浮き屋根式 (ダブルデッキ) | 0 m ³ |
| 【参考値】 内部浮き蓋付き | 0 ~ 0.1 m ³ |
| 【参考値】 固定屋根式 | 0 ~ 361 m ³ |

表 10.1.4(2) 【参考】溢流量の推定結果（容量1,000kl 未満のタンク）

| 屋根形式 | 1 基あたり溢流量 |
|----------------|------------------------|
| 浮き屋根式（シングルデッキ） | 0 m ³ |
| 浮き屋根式（ダブルデッキ） | 0 m ³ |
| 【参考値】内部浮き蓋付き | 0 ～ 47 m ³ |
| 【参考値】固定屋根式 | 0 ～ 320 m ³ |

② 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等が考えられる。

③ 災害の影響度の推定

スロッシングに起因する火災の影響に関しては、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防油堤内流出火災について、影響度の推定を行った。1分間以内で痛みを感じる強度である2.3kW/m²を基準値とした場合、タンク全面火災の影響距離は最大でⅡレベル（100m以上200m未満）、防油堤内流出火災の影響距離は最大でⅠレベル（200m以上）に及ぶ可能性がある。

10.1.4. 津波による被害

(1) 評価方法

前提となる津波として、三重県の津波浸水想定の対象としたの津波のうち、本県の特別防災区域（四日市臨海地区）に最大の影響を及ぼすおそれのある津波として南海トラフ地震の理論上最大クラスを想定した。

評価方法については、上記の津波による浸水深を前提に、以下のとおり行った。

① 危険物タンクの被害

○タンク付属配管の被害：東日本大震災の事例に基づく定性的評価

○津波による滑動、浮き上がり及びそれらに伴う流出量の想定：

消防庁シミュレーションツールに基づく定量的評価

② 高圧ガス施設等の被害

○東日本大震災の事例及び事業所への防災対策アンケート（参考資料6）に基づく定性的評価

<評価にあたっての主な前提>

- 危険物タンクの滑動、浮き上がりの判定及びそれらに伴う流出量の推定について、被災時の貯蔵率は、調査票からの平均貯蔵率とした。ただし、平均貯蔵率が設定されていない場合には、貯蔵率は10～100%の間で一様に分布すると仮定した。また、休止中タンクは、水張り対策が行われている場合は考慮し、それ以外は貯蔵率を0%とした。

(2) 評価結果

① 危険物タンクの被害

○タンク付属配管の被害

浸水深が2 m以上3 m未満の危険物タンク（容量1,000kl以上10,000kl未満）が2基、1 m以上2 m未満の危険物タンク（容量10,000kl以上、容量1,000kl以上10,000kl未満）が合計33基あると予測された。

以上のことから、被害率曲線によると、タンク付属配管の被害が発生する可能性があるのは35基程度と考えられる。

○津波による滑動、浮き上がり及びそれらに伴う流出量の想定

滑動あるいは浮き上がりの可能性が判定されたタンクは2基（うち休止中タンクが1基）であった。また、想定される流出量は合計で56klとなった。

② 高圧ガス施設等の被害

高圧ガス施設であるガスタンクについては、浸水深が1 m以上2 m未満（最大浸水深1.06 m）の施設が存在することから、「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」、「貯蔵等の基礎、脚部等の損傷」及び「高圧ガス容器の流出」が発生する可能性がある。また、ガスタンク周辺では、「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」が発生する可能性も考えられる。

毒性液体タンクは、浸水しないことから、津波による被害が発生する可能性は極めて低い。また、プラントの最大浸水深は、「30cm以上1m未満」に該当することから、「動機器、静機器の破損・不具合」、「漂流物による設備の破損」、「計器類、ガス警報設備、消火設備等の破損・不具合」、「配管、弁等の変形・破損・不具合」、「事務所等の倒壊・破損」、「容器置き場等の倒壊・破損、危険物や高圧ガス容器の転倒」、「緊急遮断装置の破損・不具合」の被害が発生する可能性がある。また、施設の被害を除くと、「危険物や高圧ガス容器の流出」、「タンクローリーの流出」、「設備機器類の流出」も発生する可能性がある。

10.1.5. 風水害による被害

(1) 評価方法

高潮、台風（大雨、強風、落雷、高波を含む）、豪雨（線状降水帯を含む）等による被害

を対象とした評価を実施する。

高潮による被害を対象とした評価については、三重県の高潮浸水想定を基に特別防災区域内における浸水被害を想定し、その他の風水害による被害の発生可能性については過去の風水害による被害事例や事業所への防災対策アンケート（参考資料6）を参考に特別防災区域内で想定される被害を定性的に評価した。評価方法は以下のとおりである。

①高潮浸水による危険物タンクの被害

○タンク付属配管の被害：東日本大震災の事例に基づく定性的評価

○高潮による滑動、浮き上がり及びそれらに伴う流出量の想定：消防庁シミュレーションツールに基づく定量的評価

②高潮浸水によるその他の施設の被害

○過去の津波や高潮の被害事例等に基づく定性的評価

③その他風水害による被害の発生可能性

○過去の風水害による被害事例や事業所への防災対策アンケート（参考資料6）に基づく定性的評価

<評価にあたっての主な前提>

➤ 危険物タンクの滑動、浮き上がりの判定及びそれらに伴う流出量の推定について、被災時の貯蔵率は、調査票からの平均貯蔵率とした。ただし、平均貯蔵率が設定されていない場合には、貯蔵率は10～100%の間で一様に分布すると仮定した。また、休止中タンクは、水張り対策が行われている場合は考慮し、それ以外は貯蔵率を0%とした。

(2) 評価結果

① 高潮浸水による危険物タンクの被害

○タンク付属配管の被害

高潮浸水想定では、浸水深が3 m以上の危険物タンクの施設数は全体の39%（合計147基）、浸水深が2 m以上3 m未満の危険物タンクの施設数は全体の50%（合計190基）を占めており、被害率曲線によると、半数以上のタンクで被害が発生する可能性があると考えられる。

○高潮による滑動、浮き上がり及びそれらに伴う流出量の想定

滑動あるいは浮き上がりの可能性が判定されたタンクは187基（うち休止中タンクが11基）であった。また、想定される流出量は合計で45,303k1となった。

② 高潮浸水による高圧ガス施設等の被害

高圧ガス施設であるガスタンクについては、浸水深が3 m以上5 m未満（最大浸水深4.41 m）の施設が存在することから、「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」、「貯蔵等の基礎、脚部等の損傷」及び「高圧ガスローリーの流出」、「高圧ガス容器の流出」等の大きな被害が発生する場合も考えられる。

また、ガスタンク以外の施設（毒性液体タンク、プラント等）については、「浸水によるラック等の転倒」、「建屋の電気設備や機械設備の冠水」、「ポンプ、圧送設備、保安用ガスの機能喪失」、「構造物、基礎の損傷」、「危険物、化学薬品の流出」、「変電所、電気室の浸水による停電、プラント停止」、「サーバーや通信機器が浸水し、システムの機能停止」の被害が発生する可能性がある。また、施設の被害を除くと、「危険物の容器の流出」、「危険物のタンクローリーの流出」、「設備機器類の流出」も発生する可能性も考えられる。

なお、高潮の発生は数日前から予測が可能であることから、事前に高潮及び浸水発生時のリスクを十分に把握しておくと共に、高潮による災害のリスクが高まった場合には、予測されるリスクへの対策を取ることが重要である。

③ その他の風水害による被害の発生可能性

大雨が主な原因の被害としては、危険物タンクの浮き屋根が雨水排水口の閉塞等により沈没する可能性があり、強風が主な原因の被害としては、「強風による容器（コンテナやドラム）の飛散、荷崩れ」、「物品、建屋スレートの飛散による配管の破損」、「屋外設備、構造物の倒壊、大規模火災（爆発）の可能性」、「配管、電気ケーブルの断裂」、「工事用防護用シートによる足場崩落」、「屋外タンク開放検査時ジャッキアップタンクの座屈」、「平底タンクの横抜き配管が強風で損傷し、危険物流出」、「屋外クレーン設備等の停止」、「空ドラム、廃棄物、製品原資材等の飛散、飛散に伴う設備故障などの二次災害」、「窓、シャッター、折半屋根等破損」、「設計風速を超える強風により、施設が破損」、「台風等の暴風雨による従業員、建物、設備等への被害」、「飛来物による建物、配管等の破損、危険物の流出」や、危険物タンクの浮き屋根が強度不足から破損し沈没に至る可能性も考えられる。また、落雷による停電や、大雨による浸水で設備の電力が喪失することにより、危険物等が漏えい・流出する可能性も考えられる。

さらに、強風、大雨、高波の発生による被害としては、防波堤の破損・倒壊、施設構内の浸水による設備等の倒壊や危険物等の漏えい・流出の可能性も考えられる。

10.1.6. 大規模災害

(1) 評価方法

発生危険性が極めて低いと考えられるものの発生した時の影響が甚大となると考えられる大規模災害について以下の評価を行った。

- ① 危険物タンクのタンク全面火災による災害
- ② 危険物タンクの防油堤内流出火災による災害
- ③ 防油堤等から海上への流出及び防油堤火災からの延焼拡大
- ④ 可燃性の加圧液化ガスタンクの爆発による災害
- ⑤ シーバーズの事故

(2) 評価結果

① 危険物タンクのタンク全面火災による災害

タンク屋根が沈没する等により内容物の液面が露出し、そこに着火しタンク全面火災となった場合には、タンク内の危険物は高い燃焼速度で継続的に燃焼し、火炎はタンク上方に大きく立ち上がるため、周囲に強い放射熱を放出する。この放射熱は極めて大きく、近接する他の危険物タンクや配管設備、建築物等に熱影響を及ぼし、二次火災や延焼を引き起こすおそれがある。また、タンク本体が長時間高温に曝されることで鋼材の強度が低下し、内容物の漏えいやタンクの変形、最悪の場合には破損に至る可能性がある。

② 危険物タンクの防油堤内流出火災による災害

タンクから漏えいした石油類が防油堤内に流出し、これに着火して発生する火災の場合、堤内全体にわたり液面火災が発生し、広範囲で激しい燃焼が継続する。この際、火炎および高温の燃焼ガスにより強い放射熱が発生し、隣接するタンク本体や配管、支持構造物等に深刻な熱影響を及ぼすおそれがある。特に複数のタンクが近接配置されている場合には、タンク外板の加熱による強度低下や内容物の沸騰を招き、二次災害としてのタンク火災や破損、内容物の追加流出につながる危険性が高い。

③ 防油堤等から海上への流出及び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）を取り上げた。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。定量的な評価が困難であり、発災の抑制及び発災時の緊急対応等が重要である。

④ 可燃性の加圧液化ガスタンクの爆発による災害

可燃性の加圧液化ガスタンクが外部火災等により加熱され、内部圧力が異常上昇した状態で破裂した場合に、BLEVE^aが発生することがある。このような場合、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破片の飛散という複数の影響が同時に発生し、被害が広範囲に及ぶ可能性がある。爆風により周辺設備や建築物が損壊し、ガラス破損や構造物倒壊が生じるおそれがある。放射熱は人体に深刻な熱傷を与える可能性があり、比較的離れた位置においても被害が発生する場合がある。また、タンク破片の飛散は二次災害を引き起こす要因となり、隣接設備への衝突による連鎖的事故の危険性が高い。

⑤ シーバースの事故

^a 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。

シーバースの過去の事故事例の整理及び現状のシーバースの防災対策を取り上げた。シーバースの事故は定量的な評価が困難であり、大型タンカーの安全防災対策基準に基づく対応計画等を引き続き実行していくことが重要である。

10.1.7. 令和6年能登半島地震の被害の内容を踏まえた被害想定

(1) 評価方法

以下のとおり、令和6年能登半島地震の被害に関する文献を調査した。

① 令和6年能登半島地震への対応^a

○高圧法及び石災法に係る設備について

LP ガス・アンモニア等の高圧ガスや原油の漏えい等が一部で発生。いずれも人的被害及び場外への影響は生じていない。(令和6年3月21日時点)

被害は以下のとおり複数発生しており、引き続き、地元自治体・業界団体・関係省庁等と連携し、必要な法令上の措置等により支援。

<LP ガス輸入基地の被害>

七尾基地：設備支障により出荷停止となった。この間、金沢基地、新潟基地、中京等の元売り基地間で連携して代替供給を継続した。なお、応急復旧工事を進め、1月15日から在庫分による限定的な出荷を開始し、3月1日からは船舶による在庫への受入れが可能となったことから、通常量の出荷を再開した。

<LP ガス国家備蓄基地の被害>

七尾国家石油ガス備蓄基地：地震発生直後から設備の点検、補修を実施し、2月27日に応急復旧が完了した。

<充填所の被害>

充填所の被害：奥能登4市町（輪島市、穴水町、能登町、珠洲市）には3箇所の充填所があるが、うち1箇所は早期に復旧のうえ稼働（輪島市）できた。一方で残り2箇所（珠洲市と穴水町）の充填所は地震による地盤や設備の支障により稼働を停止中であるため、県内の別の充填所で空き容器に充填し配送するなど充填済み容器の在庫を確保することで出荷に対応した。

<容器流出・家屋倒壊等に伴う被害>

地震に伴い発生した津波の影響で、海岸沿いの宿泊施設から、LP ガス容器16本が海に流出したが、後日、流出した全ての容器が回収された。

^a 高圧ガスの主な事故・被害状況（LP ガス含む），経済産業省 第18回液化石油ガス小委員会 資料抜粋，令和6年3月19日

地震の影響により、多数の供給設備への被害が発生したが、各事業者による消費者宅のLPガス設備の安全点検を行い、2月中旬に石川県内についても、家屋倒壊等の場合を除いて供給を再開した。

② 高圧ガス保安協会によるヒアリング調査の実施^a

高圧ガス保安協会では、能登半島地震に関連し、富山県、石川県、岐阜県から報告があった6件の高圧ガス事故を調査した。報告された事故（6件）に人的被害はなく、すべて漏えい事象である。漏えい事象は、本震や余震により、震度5弱以上が観測された事業所において発生している。なお、報告された事故6件のうち、5件が高圧ガス設備の締結部からの漏えい事象である。

富山県の事業所で発生した、アンモニアの締結部からの漏えい事故に関して、高圧ガス保安協会は現地でのヒアリング調査を行っている^a（表 10.1.5 参照）。

表 10.1.5 富山県の事業所で発生した地震に関連する事故の調査結果

| | |
|--------|---|
| 事故発生日時 | 令和6年(2024年)1月1日 16時10分頃 |
| 事故発生場所 | 富山県富山市 |
| 施設名称 | アンモニア製造施設 |
| ガスの種類 | アンモニア |
| 事故区分 | 製造事業所(コンビ) |
| 事故概要 | 地震(富山市で震度5強)が発生し、揺れが収まった後、アンモニア製造施設のガス検知器が発報したため、操業員が現場へ急行し、調査を行ったところ、脱圧槽の液面計下部より液化アンモニアの漏えいを確認した。操業員は、空気呼吸器を装着し、液面計元弁の閉止操作を行い、漏えいは停止した。 その後、窒素ガスにより液面計周辺の漏れ試験を実施し、漏えい箇所が液面計下部ねじ込み式継手であることを特定した。 |
| 被害状況 | 人身被害:なし 物的被害:なし |
| 事故分類 | <漏えい②> (締結部:ねじ込み式継手) |
| 事故原因 | 液状化が発生し、直接基礎がめり込み沈下したことにより脱圧槽が傾いたことに加え、地震動により、ねじ込み式継手が緩み、漏えいしたものと考えられる。液状化は、脱圧槽付近にある工業用水の埋設配管が地震以前から漏水しており、地盤が緩んでいたことが推定される。 |
| 再発防止策 | 地盤沈下補修工事および脱圧槽基礎補修を実施。 |

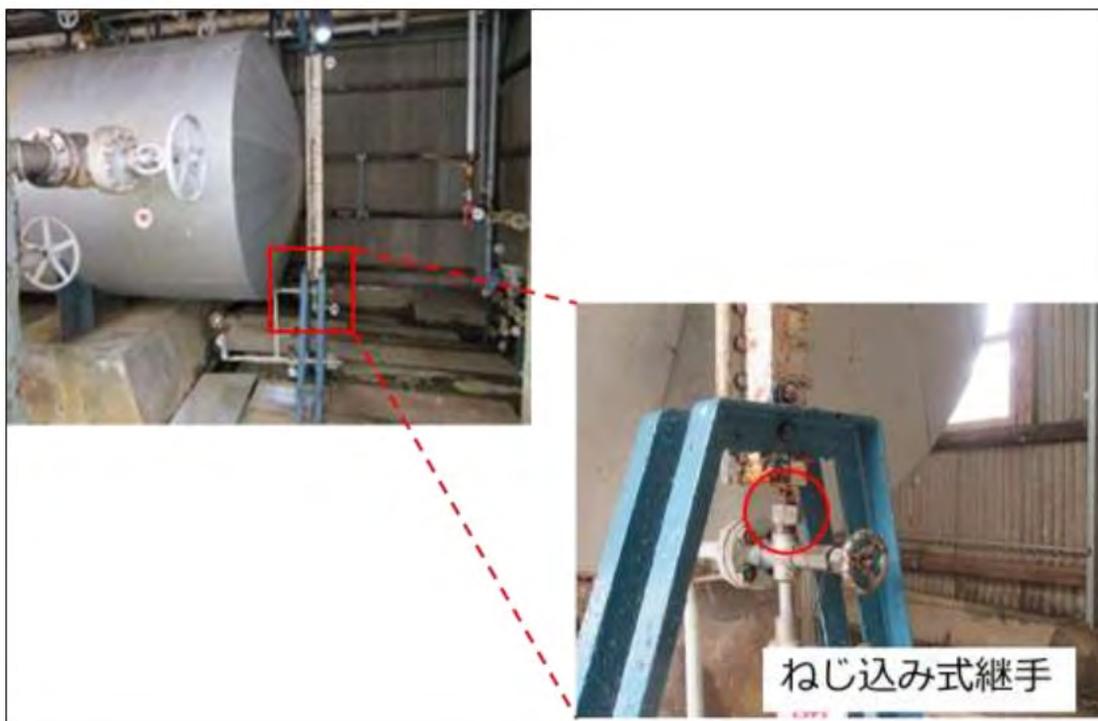
注) 「地震に関連する高圧ガス事故の注意事項」より引用

この事故では、能登半島地震の発生に際し、アンモニア製造施設の脱圧槽液面計下部ねじ込み式継手より、約100ml程度の液化アンモニアが漏えいしたが（図1参照）、人的被害はなく、事業所外にも影響はなかった。事業所において事故の詳細を検証した結果、事業所

^a 地震に関連する高圧ガス事故の注意事項，特別民間法人高圧ガス保安協会，2025年2月26日

外の河川から事業所内へ取り入れている工業用水の埋設配管は、脱圧槽付近で以前から漏水していたと推定される（図10.1.2参照）。埋設配管の漏水により、液状化で地盤沈下が発生し、脱圧槽の直接基礎がめり込み沈下したことが考えられる。事業所は、地震動と脱圧槽の直接基礎のめり込み沈下に伴う傾きにより、ねじ込み式継手に緩みが発生したと推定している。脱圧槽に隣接する別の貯槽も地盤沈下により傾いていた（図10.1.3参照）。

液状化は地下水位が高いと発生しやすくなる。地下水位は、今回のように埋設配管からの漏水以外にも、降雨等にもより変動し、設計時に適切に水位を設定して液状化判定を実施する必要がある。直接基礎形式の場合、液状化により基礎の沈下、傾斜が発生することを避けることは難しい。また、当該事業所のように海や河川に近い場合、地盤が流動化（地面が水平方向に移動）する恐れもある。加えて、現行基準では、貯槽の支柱は同一基礎と緊結することとされているが、当該貯槽の支柱の基礎は独立しており、沈下および傾斜がより大きくなったと考えられる。液状化の発生を適切に評価し、液状化の発生が想定される場合には、液状化対策の実施をするか、杭基礎形式を採用する必要がある。



注) 「地震に関連する高圧ガス事故の注意事項」より引用

図10.1.1 脱圧槽液面計付近（事業所提供）



注) 「地震に関連する高圧ガス事故の注意事項」より引用

図10.1.2 埋設配管概略図 (事業所提供)



注) 「地震に関連する高圧ガス事故の注意事項」より引用

図10.1.3 脱圧槽液面計付近 (事業所提供)

(2) 評価結果

能登半島地震に起因する高圧ガス事故6件のうち、5件が締結部の緩みによる漏えいであった。事故後に、適切な増し締めにより処置が完了した事故が2件あった。締結部の緩みは、地震における漏えいの発生につながるため、事業者は、日常点検において、締結管理を確実にを行うことが重要である。

富山県のアンモニア製造施設で液状化が発生し、直接基礎がめり込み沈下により脱圧槽が傾き、地震動で緩んだねじ込み式継手からアンモニアが漏えいした。事業所においては、液状化の発生を適切に評価すること、また、液状化の発生が想定される場合には、液状化対策工事を実施するか、基礎形式を再検討する必要がある。

10.2. 災害予防対策

災害予防対策は、平常時の事故、地震などの自然災害を対象とした石油コンビナート災害の発生、拡大及び周囲への影響を防止するための事前対策である。

10.2.1. 施設の安全性強化対策

想定災害の発生危険度を低減するための物理的な対策としては、以下のようなものが挙げられる。ここでは、現状の対策の進捗状況を確認し、今後必要な対策を抽出する。

(1) 危険物タンクの耐震性強化

○危険物タンク本体の新基準適合の促進

準特定タンク（容量500kl以上1,000kl未満の屋外タンク貯蔵所）について、平成11年に技術上の基準（新基準）^aが制定されており、これより以前に設置されたタンクも新基準に適合させることが義務付けられている。

タンク直径に対して比較的背の高い準特定タンクは、阪神・淡路大震災において、特定タンクよりも地震の影響を受けやすいことが確認されており、新基準に適合することにより、地震時における危険物タンク本体の破損による漏洩の発生危険度を低減させることができると考えられる。

| 種類 | 内容 |
|---------|--------------------|
| 現状の対策 | ・準特定タンクは全て新基準へ適合済み |
| 今後必要な対策 | — |

^a タンク本体については、地震の影響による保有水平耐力、側板の耐震性能等が規定されている。

○浮き屋根及び内部浮き蓋の技術基準適合の促進

容量2万k1以上または余裕空間高さ（Hc）が2m以上のシングルデッキタイプの浮き屋根式特定タンクについて、浮き屋根の技術上の基準（新基準）が制定されており、スロッシングにより浮き屋根に損傷を生じない構造^aを有することとされている。

また、内部浮き蓋式特定タンクについても技術基準が制定されており、浮き蓋の浮力、耐震強度等について、浮き屋根式タンクの浮き屋根と同等の基準が定められている。

新基準へ適合している浮き屋根式タンクは、東日本大震災において被害が少なかったことが確認されており、上記技術基準への適合により、スロッシングによる浮き屋根／内部浮き蓋の損傷・沈降の発生危険度を低減させることができると考えられる。

| 種類 | 内容 |
|---------|---|
| 現状の対策 | ・ 浮き屋根技術基準 該当タンクは適合済み ・ 内部浮き蓋技術基準 該当タンクは適合済み |
| 今後必要な対策 | — |

○浮き屋根の被害状況の把握

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）^b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。

○液面の低下措置

長周期地震動による被害について、危険物タンクでスロッシング最大波高が余裕空間高さを上回ることが想定されているため、これらのタンクについては、想定されるスロッシング最大波高が大きいもの等から優先的に液面の低下措置を検討することが望ましい。

^a 浮き屋根の浮力を確保する上での想定破損室数、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。

^b 例えば、「地震時における石油貯槽等健全性評価による応急対応支援システム DIRECT」
(<https://direct-ea.com/>)

| 種類 | 内容 |
|---------|---|
| 現状の対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・消防法告示^aに基づくHc（余裕空間高さ）の確保（特定タンク） 現状確保されているのは容量1,000k1以上の危険物タンク297基中296基 ・長周期地震動によるリスクの把握（33事業所中18事業所で把握済）※参考資料6の10参照 |
| 今後必要な対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・自主的な液面低下措置（以下は優先順位が高いもの） <ul style="list-style-type: none"> - 想定されるスロッシング最大波高が大きいタンク - 想定される溢流量が大きいタンク（浮き屋根式） ※ただし、今回調査では浮き屋根式タンクに関して溢流は想定されていない - 第1石油類・アルコール類を貯蔵したタンク |

○防災対応力の把握

南海トラフ沿いの地震などの巨大地震で想定を超えるスロッシングや同時多発災害が発生した場合を想定し、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、屋根形式、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。

| 種類 | 内容 |
|---------|--|
| 現状の対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・南海トラフ沿いの地震などの巨大地震に対する防災対応力の具体的な検討（下記10.2.3も関連） ※参考資料6の6～10, 15参照 |
| 今後必要な対策 | |

○スロッシング制振技術等の研究・技術開発

想定を超える大きなスロッシングが生じた場合には、現行の耐震基準や液面の低下措置等だけでは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、実用化及びそれらの技術の積極的な導入が望まれる。

| 種類 | 内容 |
|---------|---|
| 現状の対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・比較的安価な新規技術の研究開発・実用化の促進 ・新規技術の積極的な導入 |
| 今後必要な対策 | |

^a 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（昭和49年5月1日自治省告示第99号）

(2) 高圧ガス設備の耐震性強化

高圧ガス設備については、平成 26 年 1 月に耐震告示が改正施行され、球形貯槽の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^a。加えて、高圧ガス貯槽等に通常の運転状態における高圧ガスの重量を超える水等を満たす際の安全措置についても規定化された。加えて、以下の既存の高圧ガス施設についても、国からの通知^bを踏まえて評価を行い、都道府県に報告するとともに、必要に応じて耐震補強を行うこととなっている。

- ・鋼管ブレースを有する球形貯槽
- ・コンビナート等保安規則適用事業所における耐震設計設備及び基礎であって耐震設計基準による重要度が I a 及び I に該当するもの

また、平成 30 年 11 月に新たに高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示^c（新耐震告示）が制定され、レベル 1、2 地震動に対して要求される耐震性能が定められた。これを受け、高圧ガス保安協会は要求性能を満たす基準として、令和元年に高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準（レベル 1、レベル 2）^dを発行している。

| 種類 | 内容 |
|---------|--------------------|
| 現状の対策 | ・高圧ガス設備等の新耐震告示への対応 |
| 今後必要な対策 | |

(3) 液状化対策

三重県地震被害想定調査の想定地震（南海トラフ地震）の下では、液状化危険度は特別防災区域内では概ね「極めて高い」（PL>15）となっている。

液状化危険度が高い地盤上の施設から優先的に対策を実施することにより、特に配管の被害の発生危険性を低減させることができると考えられる。

また、10.1.7 に示すとおり、能登半島地震による被害としてアンモニア製造施設で液状化が発生し、直接基礎がめり込み沈下により脱圧槽が傾き、地震動で緩んだねじ込み式継手からアンモニアが漏れ出した事例が報告されていることから、事業所においては、液状化の発生を適切に評価すること、また、液状化の発生が想定される場合には、液状化対策工事を実施するか、基礎形式を再検討することが考えられる。

^a 高圧ガス設備等耐震設計基準の一部改正等について、経済産業省、平成 25 年 11 月 29 日

^b 既存の高圧ガス設備の耐震性向上対策について、20140519 商局第 1 号、平成 26 年 5 月 21 日

^c 高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示、経済産業省、平成 30 年 11 月 14 日

^d 高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準（レベル 1、レベル 2）、高圧ガス保安協会、令和元年 6 月

| 種類 | 内容 |
|---------|--|
| 現状の対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・多数の施設では既に液状化に関する調査の結果、対策の必要なし、あるいは対策実施済み ・その他の施設等として、事業所内配管ラックは33事業所中4事業所で液状化対策済み、事業所内の防災用道路は33事業所中11事業所で液状化対策済み(それぞれ対策不要を含む) ※参考資料6の7～8参照 |
| 今後必要な対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・液状化に関する調査・対策未実施の施設について、 <ul style="list-style-type: none"> -液状化危険性に関する地盤調査の実施 -必要に応じて液状化対策の実施や基礎形式の再検討 |

(4) 防災設備の設置促進・信頼性向上

○緊急遮断弁の設置促進

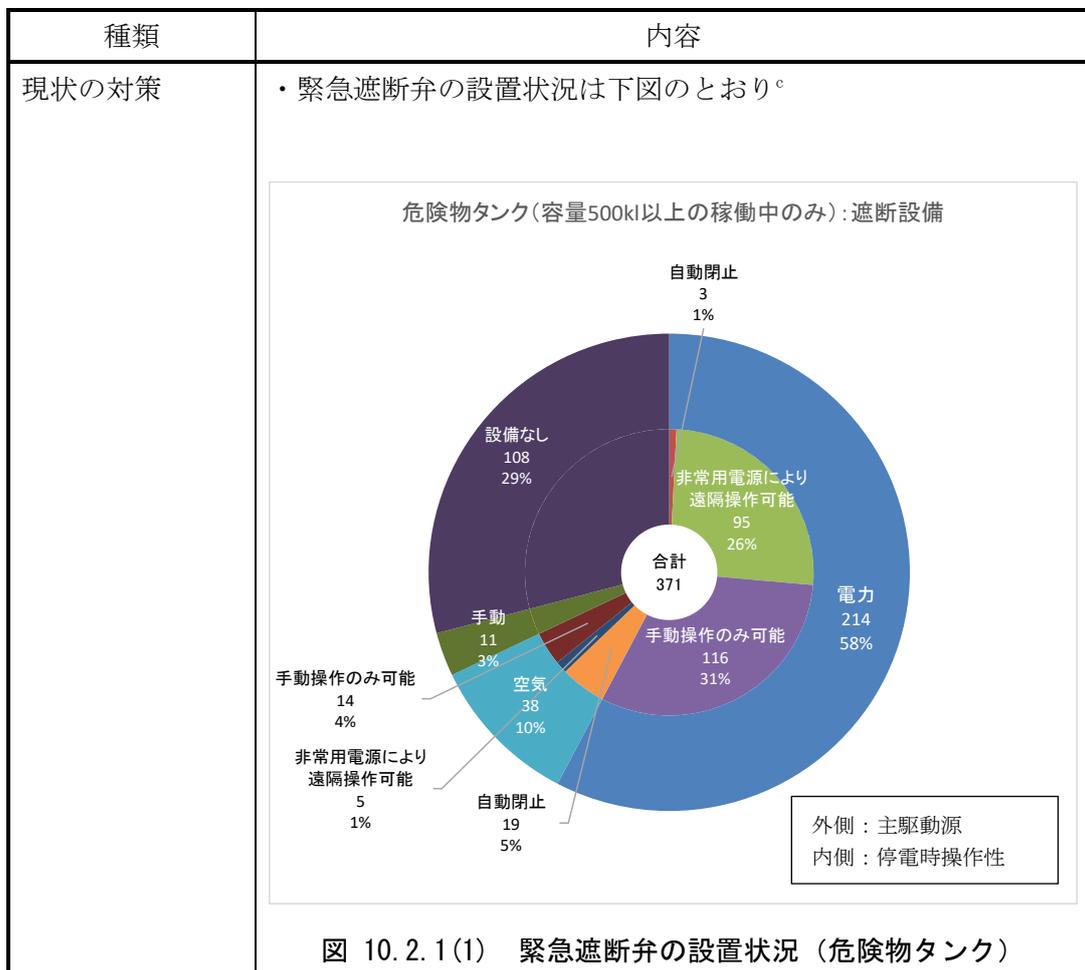
容量1万k1以上の危険物タンクには、遠隔操作で閉止可能かつそのための予備動力源を有する緊急遮断弁の設置が義務付けられている(一部例外あり)。

| 種類 | 内容 |
|---------|---|
| 現状の対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・容量1万k1以上の危険物タンクで、遠隔操作で閉止可能かつそのための予備動力源を有する緊急遮断弁の設置数：48基/90基中 |
| 今後必要な対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・遠隔操作で閉止可能かつそのための予備動力源を有する緊急遮断弁の設置促進 |

一方で、東日本大震災の津波被害を受けて、津波浸水深が3 m以上となる容量1,000kl以上の危険物タンクにも緊急遮断弁を設置すべきとされている^a。

危険物タンクに限らず、緊急遮断弁の作動により、平常時及び地震時における配管の破損による漏洩量を最小限にとどめることが可能になり、規模の大きな災害の発生危険度を低減することができると考えられる。

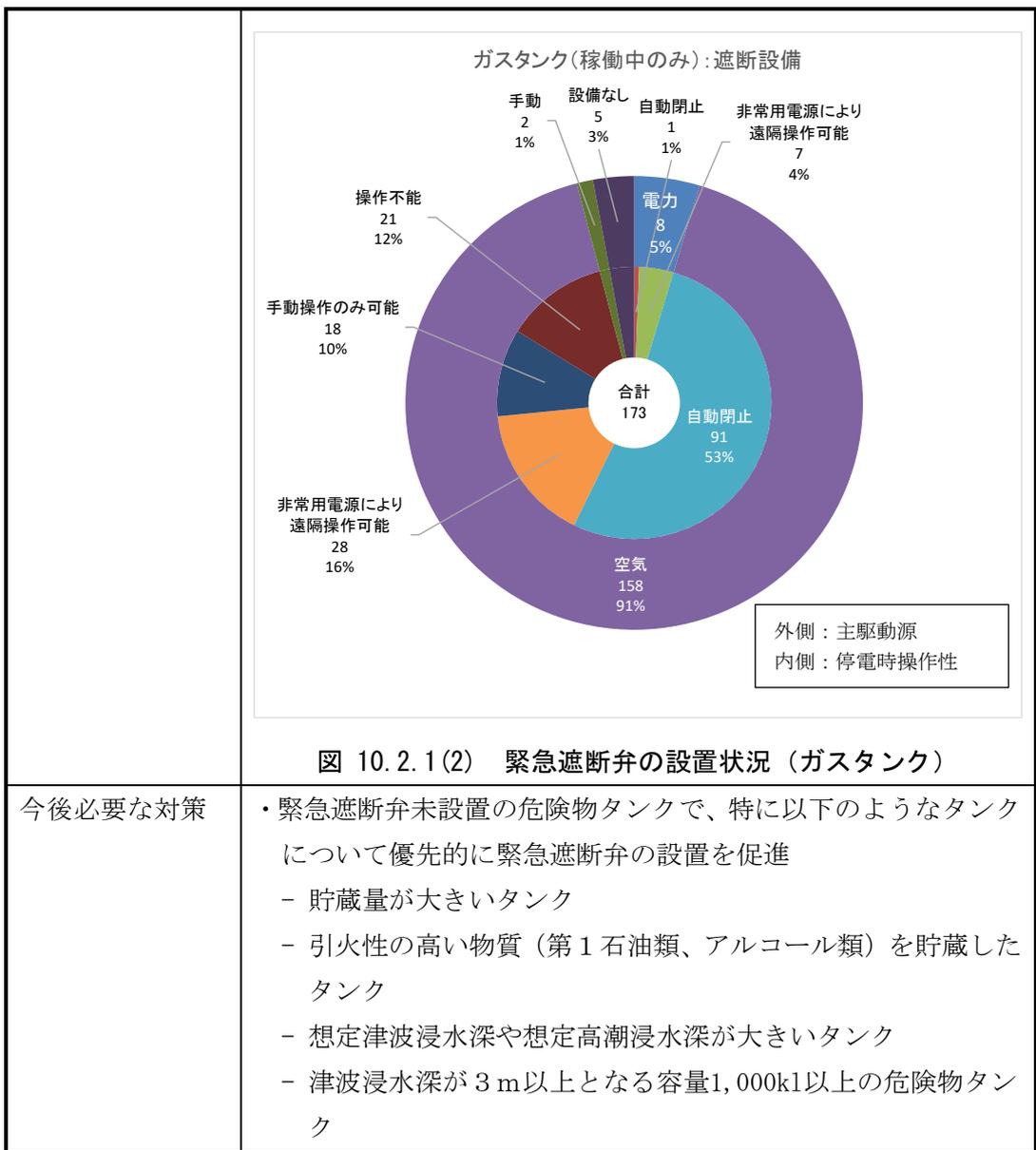
また、津波の際に、タンク本体は移動しないものの配管が被害を受けるケースが想定される場合、緊急遮断弁の設置が有効な対策となる^b。津波が到達する前に弁を閉止することができれば、タンク内の危険物が配管を通じてタンク外に流出することを防ぐことが可能であると考えられる。



^a 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，消防庁危険物保安室・特殊災害室，平成23年12月

^b 例えば、電気を使わず津波の水圧を検知し弁を閉止する浸感弁 (<https://www.tepsco.co.jp/asbdw/>)

^c 本防災アセスメント調査の施設調査データ (令和7年1月1日現在) より作成



○防災設備の耐震信頼性の向上

地震時においても、緊急遮断弁、内容物移送設備、蒸発・拡散防止設備、消火設備などの防災設備や特定防災施設等が正常に機能するか検証するとともに、検証結果に応じた応急措置マニュアルを整備する必要がある。なお、特定防災施設等の地震による影響を評価するにあたっては消防庁の影響評価マニュアル「特定防災施設等の地震による影響評価方法の検討報告書」の活用が有効である^a。

特に、地震時には、常用電源（送電及び自家発）が停止する可能性が高いことから、防災設備の非常用電源の確保が重要である。また、緊急遮断弁については、ディーゼル発電機（電気駆動）よりもバッテリー（エア駆動）の方が損傷確率は小さいと考え

^a 石油コンビナート等の大規模な災害時に係る防災対策の充実強化等について（通知），消防庁特殊災害室，平成25年3月28日

られるとともに、停電時に自動閉止する設備の設置がさらに有効である。

| 種類 | 内容 |
|---------|---|
| 現状の対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・緊急遮断弁の停電時可動性は図 10.2.1の内側の円グラフに示すとおりで、危険物タンクは確保されているが、一部のガスタンクでは確保されていない ・内容物移送設備の停電時可動性は、一部の危険物タンク、一部のガスタンクでは確保されていない ・LNGタンクの蒸発・拡散防止設備の停電時可動性は確保されている |
| 今後必要な対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・ガスタンクの緊急遮断弁について、停電時可動性の確保 ・危険物タンク、ガスタンクの内容物移送設備等について、停電時可動性の確保 |

○仕切堤・防液堤の設置促進、防油堤の耐震性強化

危険物タンクの防油堤及び仕切堤、ガスタンクの防液堤は、万一内容物が漏洩した場合に災害を局所化する効果がある。なお、これらの設備は法令に基づくものは既に設置されているが、以下では法令に捉われないさらなる対策として記載する。

仕切堤については、容量1万kl以上の危険物タンクについて設置が定められている。特に広大な防油堤の中に複数のタンクが設置されているような場合には、仕切堤の設置により、防油堤内全面火災に至る危険性を低減することができると考えられる。

また、防油堤については、平成10年に防油堤目地部の漏えい防止措置に関する通知が出されており、未対応の防油堤については、これを満たすことで地震時に防油堤が損傷して防油堤外流出に至る危険性を低減することができると考えられる。

さらに、LPGタンクの防液堤については、個々のタンクが当該タンク1基分の容量が確保された防液堤により仕切られていれば、隣接タンクで漏洩が生じた場合でも、BLEVEの発生危険性を低減することができると考えられる。

| 種類 | 内容 |
|---------|--|
| 現状の対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・仕切堤設置タンク：210基／371基中 ・防油堤目地部の漏洩防止措置済みタンク：177基／371基中 ・防液堤設置LPGタンク：89基／108基中 |
| 今後必要な対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・仕切堤の設置促進（特に広大な防油堤の中に複数のタンクが設置されているもの） ・防油堤目地部の漏洩防止措置への対応促進 ・1基分の容量を有する防液堤設置促進（LPGタンク） |

○海上流出対策

石油類が海上に流出する事故としては、地上のタンクから流出して海上に流出するケースと、タンカーからの受け入れ中（あるいは出荷中）に流出して海上に流出するケースが考えられ、このような事故は全国的に見ると平常時にときおり発生している。

平常時における海上流出事故の場合には、流出量は数k1～10k1程度と予想される。このような災害の発生・拡大防止のために次のような防災対策を徹底・強化する必要がある。

- ・気象条件（風速）が急変したときの入出荷の停止
- ・入出荷中の監視体制の強化
- ・入出荷時のオイルフェンスの展開

また、特に地震により大量流出が懸念される事業所では、タンクの立地条件、流出油防止堤の状況や周囲の地形条件を詳細に調べ、海上流出の危険性がある場合には、防油堤や流出油防止堤の耐震強化とあわせて、発災時のガードベースンのゲート閉止、オイルフェンスの展張等の緊急措置についてよく検討しておく必要がある。また、万一、大量の危険物が海上に流出・拡大した場合は、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律に基づき、事業所、海上保安本部、公設消防機関などが協力して防除を行う必要があることから、災害拡大時の対応や関係機関の連携体制について再度確認し、円滑な対応が可能となるよう備えておく必要がある。

| 種類 | 内容 |
|---------|--|
| 現状の対策 | <ul style="list-style-type: none">・入出荷時の防災対策の徹底・強化・海上流出の危険性がある場合、防油堤や流出油防止堤の耐震強化及び発災時の緊急措置の検討・災害拡大時の対応や関係機関の連携体制について確認 |
| 今後必要な対策 | →33事業所中31事業所で油の海上流出を防止するための設備あり、33事業所中27事業所で油の海上流出時の緊急対応の内容あり（それぞれ危険物施設なしを含む） ※参考資料6の1, 2, 15参照 |

10.2.2. 事業所の安全管理体制

想定災害の発生危険度を低減するためのソフト対策としては、以下のようなものが挙げられる。安全管理体制の強化は、物理的な強化対策のように多大なコストを要することなく、災害の発生防止、特に大規模災害の発生危険度低減に大きく寄与すると考えられ、極めて重要な対策である。

(1) 施設の日常的な検査・点検

令和6年中の石油コンビナート等における事故情報^aによると、地震によらない一般事故の発生原因としては、物的要因が56%、次いで人的要因が38%となっている。個別に見ると、「腐食疲労等劣化（物的要因）」が32%と最も高く、次いで「操作確認不十分（人的要因）」が16%となっており、特にこれらの防止対策が重要であることがわかる。

また、火災事故の発生原因としては、人的要因が55%、次いで物的要因が31%となっている。個別に見ると、「維持管理不十分（人的要因）」が19%、次いで「操作確認不十分（人的要因）」が17%となっており、火災事故については、特にこれらの防止対策が重要であることがわかる。

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、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の作成、従業員へのマニュアルの徹底、マニュアルの適宜見直し等が重要である。

また、物的要因による事故防止のためには、日常及び定期的な施設の点検方法や点検箇所の見直しや施設・設備の更新スケジュールの見直し等が重要である。

| 実施主体 | 対策 |
|--------|---|
| 事業所 | <ul style="list-style-type: none">・ 保安全管理を改めて見直す<ul style="list-style-type: none">- 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 |
| 防災関係機関 | <ul style="list-style-type: none">・ 自主基準の整備促進・ 自主点検体制の強化指導 |

(2) 漏洩等の異常を早期に検知・発見するための体制確立

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が有効に機能することが重要になる。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。

^a 令和6年中の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，令和7年5月

| 実施主体 | 対策 |
|--------|---|
| 事業所 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 防災監視システムの基本的な機能要件の確認 - 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 |
| 防災関係機関 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 防災本部関係機関間の連携体制の強化 |

(3) 防災設備の保守点検

災害の拡大防止のためには各種の防災設備が有効であるが、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考えられるため、それらの一層の信頼性向上が望まれる。

| 実施主体 | 対策 |
|--------|---|
| 事業所 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 日頃の操作訓練やメンテナンスの実施 |
| 防災関係機関 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 点検体制の強化促進 ・ 維持管理基準の見直し促進 |

10.2.3. 防災資機材の整備

防災資機材とは、石油コンビナート災害に対する消防車両、大容量泡放射システム及び消火薬剤等を指し、これらの整備や運用に関する対策としては、以下のようなものが挙げられる。

(1) 想定災害に対応可能な防災資機材の整備

特定事業所は、自衛防災組織や共同防災組織により法令に基づく防災要員や防災資機材等を整備している。

防災資機材の整備に関しては、事業所、共同防災を形成する区域、あるいは石油コンビナート全域における最大規模の想定災害を基に進められることになり、そのために必要な火災規模（火災面積）などは本調査により概ね把握することが可能であり、想定される災害に対して資機材が不足する場合には、必要に応じて増強していくことが望ましい。

| 実施主体 | 対策 |
|--------|--|
| 事業所 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 想定される火災規模に基づいた消防力の増強 |
| 防災関係機関 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 消防車の進入困難時や電源喪失時の消火対策の充実（可搬型ポンプ等） |

(2) 防災資機材の効果的な運用方法の検討、応援体制の強化

大規模地震が発生した場合には、市街地においても多数の火災や建物倒壊等の被害が発生することが想定され、優先度を考慮した結果、消防本部（公設消防署）がコンビナート地区において十分対応できないことも予想される。

さらには、コンビナート地区においても多数の被害が発生することが想定されているため、自衛防災組織や共同防災組織の限られた対応力を被害の優先度（施設の被害程度、貯蔵物質、立地条件等）に応じた効率的な配分を行うための応急体制について十分検討するとともに、より広域的な応援体制についても検討しておく必要がある。

| 実施主体 | 対策 |
|--------|--|
| 事業所 | <ul style="list-style-type: none"> ・共同防災組織、近隣事業所間での防災資機材等の相互応援協定の拡充 ・消防本部（公設消防署）が十分対応できないことも念頭に置いた対応力の検証、応急体制の検討 ・事業所間の応援・連携体制の強化 ・消防機関等との直通回線、災害時無線電話、無線設備等の通信回線の輻輳対策 |
| 防災関係機関 | <ul style="list-style-type: none"> ・市街地被災も想定した対応力の検証 ・防災本部や現地防災本部含めた合同防災訓練の実施 ・県内外、国との応援体制の整備強化 |

10.2.4. 教育訓練・防災訓練

教育訓練・防災訓練に関する事項としては、以下のようなものが挙げられる。

(1) 詳細な操作マニュアルの作成と従業員への周知徹底

近年の異常現象では、認知・確認ミスや点検不良等の運転管理面での要因も同様に多い。いわゆるうっかりミスも多く見受けられるとともに、協力会社によるものも多いため、運転・操作マニュアル等の習熟と見直し等が求められる。

| 実施主体 | 対策 |
|--------|---|
| 事業所 | <ul style="list-style-type: none"> ・運転・操作に関する知識・技術の習熟 ・安全管理マニュアルの従業員等への徹底と適切な見直し ・熟練技術者等からの技術伝承の強化 |
| 防災関係機関 | <ul style="list-style-type: none"> ・特定事業所等への技術的指導、助言 ・保安防災に係る人材育成の仕組みづくり |

(2) 防災訓練

災害を想定した防災訓練は、各事業所において定期的に行われているが、関係機

関も含め、本調査で検討した大規模災害も想定災害として取り上げて訓練を行っておくことが望ましい。

また、大規模災害に発展するおそれのある危険源をあらかじめ把握し、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、影響の空間的、時間的な拡大様相や必要な対応力を把握しておく必要がある。

さらに、重大事故等の背景には過去にも類似災害が発生していることを踏まえ、社内外における事故情報を広く共有することが必要である。

| 実施主体 | 対策 |
|--------|---|
| 事業所 | <ul style="list-style-type: none"> ・協力会社等も含めた防災教育や防災訓練の実施強化（特に、大規模災害を想定した訓練の実施） ・事業所外へも影響が及ぶおそれ等のある災害事象、具体的な施設設備等についての危険源の把握 ・企業内や業界内での事故情報の積極的な情報発信 |
| 防災関係機関 | <ul style="list-style-type: none"> ・自衛防災組織、共同防災組織との連携体制の強化 ・合同防災訓練の実施 ・過去の事故を風化させない仕組みづくり ・大規模災害の現場経験者等からの幅広い教訓の共有 |

10.2.5. 影響防止対策

10.1 に示すように、想定災害の中には隣接事業所に影響を及ぼす災害があり、大規模災害については、特別防災区域外の一般地域に影響を及ぼす災害がある。

隣接事業所への影響が問題になる場合には、塀等の物理的対策と合わせて、迅速な情報提供による影響の回避等の対策を事業所間で協議しておく必要がある。

一方、LPG タンクの BLEVE に伴う災害等の大規模災害が万一発生した場合、物理的な影響防止対策は困難と考えられ、周辺住民の避難等により、影響を回避するための防災対策を考慮する必要がある（10.3 参照）。

| 実施主体 | 対策 |
|--------|--|
| 事業所 | <ul style="list-style-type: none"> ・隣接事業所に影響が及ぶことが想定される場合、塀等の物理的対策の実施 ・迅速な情報提供による影響の回避等の対策を事業所間で検討 |
| 防災関係機関 | <ul style="list-style-type: none"> ・発災事業所等からの迅速な情報収集・共有体制の強化 ・災害の拡大状況に応じた防災資機材の調達や国への応援要請の体制強化など、迅速かつ総合的な応急活動体制の整備 |

10.2.6. 津波対策

想定される浸水深や津波到達時間に応じた対策としては、以下のようなものが挙げられ

る。

(1) 浮遊流動物対策・浸水防止対策

内容物が少なくタンクが軽い場合には津波による移動の可能性が想定されることから、特に浸水が想定される休止中の危険物タンクについては、水張り等の対策を行うことが考えられる（多くの休止中タンクで既に実施中）。

また、高圧ガス容器の流出や電気設備等の冠水被害についても想定されているため、可能な限りこれら設備の流出・浸水対策を講じるとともに、冠水等による電気設備等の機能不全も想定しておく必要がある。

加えて、先進的な津波対策として、油流出時に油分散剤を自動散布するシステム^aなどの研究がなされおり、これらの実用化及び積極的な導入が望まれる。

また、特定防災施設等や防災資機材等の保安用設備については、津波の発生を踏まえた機能確保を図る必要がある。

| 実施主体 | 対策 |
|--------|---|
| 事業所 | <ul style="list-style-type: none">・重要設備・機器への浸水防止・津波被害想定を踏まえた危険物タンクの貯蔵量管理等による浮き上がり等の防止・タンクローリーや高圧ガス容器等の流出防止・特定防災施設等、防災資機材等その他の保安用設備（計器室、予備動力源等）の機能維持若しくは応急措置による復旧対策・漂流物の衝突防止対策 |
| 防災関係機関 | <ul style="list-style-type: none">・津波対策事例等の提示 |

(2) 津波到達時間、従業員の避難に要する時間を考慮した緊急措置

津波警報発表時など津波により浸水するおそれがある場合には、人命第一の避難を優先させる必要がある。したがって、従業員や協力会社の作業員の他、来所者等も含めた避難対策について事前に計画しておくことが必要である。また、停電時や休日・夜間を想定した津波情報の収集・伝達体制、避難誘導体制等についても整備しておく必要がある。

また、令和6年度から実施している三重県南海トラフ地震被害想定調査では、南海トラフの理論上最大クラスの地震を想定した場合の津波の影響を予測している。その結果によると、四日市市の最大浸水深は最大5m、津波浸水深30cm到達予測時間はおおむね90～720分、最短津波到達時間（津波高+1m）は70～76分と予測されており、これらの想定時間を十分考慮した避難体制についても確認する必要がある。また、場所によっては、津波の第一波ではなく、第二波以降に津波高が最大となることにも留

^a 石油コンビナート防災対策技術研究会、産業防災研究所 <http://idplab.org/activity/index.html>

意する必要がある。

| 実施主体 | 対策 |
|--------|--|
| 事業所 | ・ 休日・夜間や停電時等を想定した避難の実施体制の確認 ・ 備蓄品等の浸水対策 |
| 防災関係機関 | ・ 津波対策事例等の提示 |

10.3. 災害応急対策

災害応急対策は、実際に石油コンビナートで災害が発生したときの行政機関、関係機関、事業所などが実施する対策であり、防災本部の活動体制、情報連絡体制、各種災害に対する防御対策、災害広報、警戒区域、避難、交通規制、応援要請、救急医療等に関する事項がある。

10.3.1. 想定される災害事象の特徴

災害応急対策のうち、災害広報、警戒区域、避難については、災害の形態とその影響範囲を把握することが前提となり、表 10.3.1 に示すような本調査の結果を活用することができる。また、防災本部の活動体制は、石油コンビナートで想定される最大規模の災害を前提として準備しておく必要がある。加えて、コンビナートにおけるリスクについての適切な情報発信を行うなど、普段から周辺住民の理解促進を図ることが望ましい。

10.3.2. 避難対象区域

避難対象区域は、発災施設における影響範囲の評価結果に基づき設定することになるが、実際の災害状況や気象条件（風向・風速等）に基づき再評価した上で決定することが望ましい。

10.3.3. 同時多発災害

大規模地震が発生した場合、同時多発災害による影響（短周期地震動及び長周期地震動による被害、地震後の津波による被害）や避難経路となる道路や橋梁等を含む市街地の被害も想定されるため、地域全体の被害状況に応じて、石油コンビナート災害に対する応急対策（広報・避難体制等）を検討する必要がある。

具体的には、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。

10.3.4. 事業所による発災時の応急対応

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（従業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
 - ・地震動記録のリアルタイム処理によって、多数あるタンクの被害状況を予測し、合理的な点検に資する。
 - ・高所カメラなどによるモニタリングに基づいて合理的点検に資する。
- 従業員の非常参集（特に休日・夜間の対応）
- 人員・消防力の効率的な運用

10.3.5. 周辺住民に対する広報

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るため、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がほぼない場合でも、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（誰が、いつ、どのように、等）を整備しておくことが重要である。

また、以上の対応を円滑に行う前提として、例えば有害物質等の流出時にリアルタイムで拡散予測ができるように、拡散予測システム等^aを配備することも考えられる。

なお、現状としては、防災対策アンケートを実施した 33 事業所中 26 事業所で敷地外への影響に関して対処方針（周辺住民に対する情報提供方針などを含む）をあらかじめ計画し、明確化（あるいはある程度明確化）している。また、33 事業所中 23 事業所で敷地外へ影響が及ぶような災害を想定し、その対処（周辺住民に対する情報提供方針などを含む）を検討する訓練を実施した事例がある。 ※参考資料 6 の 15 参照

10.3.6. 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。

^a 例えば、「漏洩化学物質の拡散解析による緊急対応支援システム」(<https://direct-ea.com/>)

表 10.3.1 想定される災害事象の特徴（特に影響の大きな災害）^{注)}

| 災害事象 | 想定される影響の規模 | 影響の継続時間 | 想定されるシナリオ | 住民避難の可否等 |
|------------------------------|--------------------------------|--|--|--|
| 危険物タンクによるタンク全面火災による災害 | タンク周辺へ放射熱の影響が及ぶ可能性がある。 | 火災規模が大きい場合には消火活動が困難となり、火災が長時間継続するおそれがある。 | タンク屋根が沈没する等により内容物の液面が露出し、そこに着火しタンク全面火災となる。 | 一般地域へ放射熱の影響が及ぶおそれがある場合には住民避難等を要する。ボイラーオーバーが発生するの可能性があるも留意する。 |
| 危険物タンクの防油堤内流出火災による災害 | 防油堤周辺へ放射熱の影響が及ぶ可能性がある。 | 火災規模が大きい場合には消火活動が困難となり、火災が長時間継続するおそれがある。 | 防油堤内全面に流出油が拡がり、そこに着火し防油堤内流出火災となる。 | 一般地域へ放射熱の影響が及ぶおそれがある場合には住民避難等を要する。 |
| 防油堤等から海上への流出 防油堤火災からの延焼拡大 | 広範囲へ放射熱の影響、海域へ流出油の影響が及ぶ可能性がある。 | 火災が長時間継続するおそれがある。また、海域へ大量の油が漏洩した場合、処理や回収等には長い時間を要するおそれがある。 | 防油堤外流出火災から周辺へ火災が拡大する。 | 一般地域へ延焼拡大のおそれがある場合には住民避難等を要する。 |
| 可燃性の加圧液化ガスタンクの爆発による災害 | 広範囲へ放射熱や爆風圧、破片飛散等の影響が及ぶ可能性がある。 | 短時間の影響 | 危険物や可燃性ガスの火災により、可燃性の加圧液化ガスタンクが長時間あぶられ、BLEVEが生じる。 | BLEVEの発生の可能性がある場合には、直ちに（発生前に）住民避難等を要する。 |

| | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| シーバースの事故 | 海域へ流出油の影響が及ぶ可能性がある。 | 海域へ流出した油等の処理や回収等には長い時間を有するおそれがある。 | 荷役時等においてシーバースで事故が発生し、油等が海域へ流出する。 | 一般地域からは距離が離れており、住民避難が必要となる可能性は低い。 |
| 毒性物質の漏洩による毒性ガス拡散 | 広範囲へ毒性ガスの影響が及ぶ可能性がある。 | ガスの漏洩が停止するまで影響が継続する。 | 貯槽や配管から毒性物質が流出後気化し、大気中に拡散する。 | 漏洩停止できず大規模なガスの拡散が生じるおそれがある場合には直ちに住民避難等を要する。 |

注) 実際には、このような災害が起こるまでに様々な対応が段階的に取られるため、このような災害が発生する確率は小さい。

10.4. 能登半島地震の教訓、経験からの対策

能登半島地震の教訓、経験を踏まえて、事業所で自主的に実施している対策として、以下が挙げられる。 ※参考資料6の16参照

- ・タンク基礎ボルトの緩みチェック、耐震調査
- ・共通ラックと事務所の耐震診断と補強工事
- ・スターリンクの導入（能登半島地震での有効活用事例）
- ・長期にインフラ途絶することによる孤立に備えた自立運転、備蓄、通信確保
- ・人命優先の避難、生活支援体制の整備
- ・事前準備の重要性を認識し、備蓄品のリスト化、避難経路の各所への明示
- ・地域連携と協力の為、自治体、協議会等訓練への参加

10.5. 防災アセスメント結果の活用について

本防災アセスメント結果を有効に活用するために留意すべき点を以下に示す。

○事業者は、関係法令の遵守はもちろん、様々な自主保安対策により、リスクの低減に努め、適切な安全レベルを確保する必要があることはいうまでもないが、本防災アセスメント調査は、科学的・合理的な範囲で想定外をなくすという観点から、めったに起きない低頻度大規模災害まで着目し、その影響を評価し、行政としての対応策を検討するための参考とするものである。

○参考資料6に記述しているとおり、行政及び事業者が災害リスクを把握した上で、継続的に対策を進めていくことが重要である。本防災アセスメント調査の結果を参考に、個別の事業所ごとにさらに詳細なリスクの把握と対策の検討を推進していくことが望ましい。

○日常生活において、絶対安全は理想であるが、達成困難である。安全な状態とはリスクがない状態ではなく、リスクが小さい状態であることに留意する必要がある。

○県は、今回の調査で新たに得られた想定される災害事象に対して的確に対応できるよう、防災対策を進める必要がある。その過程で事業所や防災関係機関へのアンケート調査を継続的に実施し、可能であれば学識者を交えた委員会の設置等を通じて、災害対策の現状を把握するとともに、事業所のハード、ソフト対策を支援することが重要である。また、目標を定めて、対策を推進し、PDCAを回していくことが肝心である。この点、神奈川県や大阪府は、アクションプランなどを作成し実行している点で参考になる。

参 考 资 料

参考資料 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 |
| 平成 27 | 火災 | 件数 | 28 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 19 | 2 | 156 |
| | | 発生率 | 55 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 18 | 25 |
| | 流出 | 件数 | 20 | 2 | 63 | 9 | 44 | 0 | 46 | 1 | 61 | 12 | 87 |
| | | 発生率 | 39 | 0 | 10 | 8 | 5 | 0 | 7 | 1 | 10 | 106 | 14 |
| 施設数 | | | 5,106 | 50,553 | 63,093 | 11,021 | 85,499 | 1,019 | 67,498 | 10,351 | 62,269 | 1,127 | 62,766 |
| 平成 28 | 火災 | 件数 | 30 | 4 | 6 | 0 | 1 | 0 | 8 | 0 | 32 | 1 | 133 |
| | | 発生率 | 59 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 9 | 21 |
| | 流出 | 件数 | 22 | 1 | 64 | 7 | 33 | 0 | 57 | 1 | 69 | 10 | 92 |
| | | 発生率 | 43 | 0 | 10 | 6 | 4 | 0 | 8 | 1 | 11 | 90 | 15 |
| 施設数 | | | 5,088 | 50,201 | 62,120 | 10,802 | 83,341 | 1,002 | 67,170 | 10,213 | 61,401 | 1,111 | 62,097 |
| 平成 29 | 火災 | 件数 | 38 | 2 | 12 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 26 | 0 | 115 |
| | | 発生率 | 75 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 19 |
| | 流出 | 件数 | 26 | 0 | 77 | 6 | 44 | 0 | 72 | 1 | 52 | 9 | 82 |
| | | 発生率 | 51 | 0 | 13 | 6 | 5 | 0 | 11 | 1 | 9 | 82 | 13 |
| 施設数 | | | 5,096 | 50,023 | 61,124 | 10,586 | 81,417 | 986 | 66,733 | 9,994 | 60,585 | 1,098 | 61,372 |
| 平成 30 | 火災 | 件数 | 39 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 23 | 1 | 131 |
| | | 発生率 | 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 9 | 22 |
| | 流出 | 件数 | 33 | 2 | 76 | 4 | 39 | 0 | 72 | 2 | 77 | 10 | 88 |
| | | 発生率 | 65 | 0 | 13 | 4 | 5 | 0 | 11 | 2 | 13 | 92 | 14 |
| 施設数 | | | 5,093 | 49,811 | 60,360 | 10,386 | 79,723 | 961 | 65,806 | 9,832 | 59,715 | 1,084 | 60,867 |
| 平成 31 | 火災 | 件数 | 30 | 6 | 9 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 31 | 1 | 137 |
| | | 発生率 | 59 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 9 | 23 |
| | 流出 | 件数 | 38 | 4 | 70 | 4 | 31 | 0 | 59 | 1 | 71 | 18 | 84 |
| | | 発生率 | 75 | 1 | 12 | 4 | 4 | 0 | 9 | 1 | 12 | 167 | 14 |
| 施設数 | | | 5,098 | 49,717 | 59,699 | 10,170 | 77,988 | 940 | 65,425 | 9,702 | 58,865 | 1,077 | 60,398 |
| 令和 2 | 火災 | 件数 | 27 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 30 | 0 | 122 |
| | | 発生率 | 53 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 20 |
| | 流出 | 件数 | 36 | 5 | 71 | 7 | 35 | 0 | 57 | 0 | 62 | 11 | 91 |
| | | 発生率 | 71 | 1 | 12 | 7 | 5 | 0 | 9 | 0 | 11 | 104 | 15 |
| 施設数 | | | 5,077 | 49,613 | 59,035 | 9,988 | 76,425 | 933 | 65,124 | 9,604 | 58,124 | 1,062 | 59,948 |
| 令和 3 | 火災 | 件数 | 44 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | 35 | 0 | 134 |
| | | 発生率 | 87 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | 23 |
| | 流出 | 件数 | 52 | 1 | 72 | 7 | 32 | 1 | 66 | 3 | 75 | 14 | 99 |
| | | 発生率 | 103 | 0 | 12 | 7 | 4 | 11 | 10 | 3 | 13 | 134 | 17 |
| 施設数 | | | 5,045 | 49,590 | 58,225 | 9,837 | 74,938 | 908 | 64,965 | 9,611 | 57,497 | 1,048 | 59,458 |
| 令和 4 | 火災 | 件数 | 29 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 31 | 1 | 152 |
| | | 発生率 | 57 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 5 | 10 | 26 |
| | 流出 | 件数 | 46 | 0 | 78 | 7 | 36 | 0 | 55 | 0 | 63 | 9 | 121 |
| | | 発生率 | 91 | 0 | 14 | 7 | 5 | 0 | 9 | 0 | 11 | 87 | 21 |
| 施設数 | | | 5,051 | 49,502 | 57,525 | 9,687 | 73,554 | 893 | 64,679 | 9,493 | 56,807 | 1,035 | 58,889 |
| 令和 5 | 火災 | 件数 | 50 | 4 | 3 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 39 | 1 | 141 |
| | | 発生率 | 99 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 10 | 24 |
| | 流出 | 件数 | 73 | 4 | 103 | 3 | 36 | 0 | 51 | 2 | 70 | 20 | 106 |
| | | 発生率 | 145 | 1 | 18 | 3 | 5 | 0 | 8 | 2 | 12 | 194 | 18 |
| 施設数 | | | 5,046 | 49,532 | 56,893 | 9,557 | 72,359 | 886 | 64,318 | 9,414 | 56,158 | 1,029 | 58,515 |
| 令和 6 | 火災 | 件数 | 56 | 4 | 3 | 0 | 1 | 0 | 10 | 0 | 45 | 1 | 147 |
| | | 発生率 | 111 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 8 | 11 | 25 |
| | 流出 | 件数 | 87 | 1 | 92 | 1 | 29 | 0 | 62 | 1 | 56 | 18 | 139 |
| | | 発生率 | 172 | 0 | 16 | 1 | 4 | 0 | 10 | 1 | 10 | 191 | 24 |
| 施設数 | | | 5,047 | 49,453 | 56,312 | 9,379 | 71,159 | 882 | 63,941 | 9,312 | 55,537 | 940 | 58,137 |
| 計 | 火災 | 件数 | 371 | 27 | 50 | 1 | 5 | 0 | 52 | 2 | 311 | 8 | 1,368 |
| | | 発生率 | 73 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 8 | 23 |
| | 流出 | 件数 | 433 | 20 | 766 | 55 | 359 | 1 | 597 | 12 | 656 | 131 | 989 |
| | | 発生率 | 85 | 0 | 13 | 5 | 5 | 1 | 9 | 1 | 11 | 125 | 16 |

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示す（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」の発生率は各年の平均である。

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 | 屋外タンク 貯蔵所 | 高圧ガス 施設 |
|---------------------|------|--------------|------------|
| 平成 27 年 | 火災 | 3 | 2 |
| | 爆発 | 0 | 0 |
| | 漏洩 | 32 | 11 |
| | その他 | 2 | 0 |
| | 合計 | 37 | 13 |
| 平成 28 年 | 火災 | 4 | 5 |
| | 爆発 | 1 | 0 |
| | 漏洩 | 34 | 6 |
| | その他 | 3 | 0 |
| | 合計 | 42 | 11 |
| 平成 29 年 | 火災 | 8 | 1 |
| | 爆発 | 0 | 0 |
| | 漏洩 | 33 | 6 |
| | その他 | 2 | 1 |
| | 合計 | 43 | 8 |
| 平成 30 年 | 火災 | 1 | 2 |
| | 爆発 | 1 | 0 |
| | 漏洩 | 38 | 10 |
| | その他 | 2 | 0 |
| | 合計 | 42 | 12 |
| 平成 31 年 | 火災 | 6 | 2 |
| | 爆発 | 1 | 0 |
| | 漏洩 | 35 | 6 |
| | その他 | 5 | 0 |
| | 合計 | 47 | 8 |
| 令和 2 年 | 火災 | 1 | 3 |
| | 爆発 | 0 | 0 |
| | 漏洩 | 33 | 9 |
| | その他 | 5 | 1 |
| | 合計 | 39 | 13 |
| 令和 3 年 | 火災 | 3 | 1 |
| | 爆発 | 0 | 0 |
| | 漏洩 | 32 | 8 |
| | その他 | 2 | 0 |
| | 合計 | 37 | 9 |
| 令和 4 年 | 火災 | 4 | 1 |
| | 爆発 | 0 | 1 |
| | 漏洩 | 37 | 8 |
| | その他 | 4 | 0 |
| | 合計 | 45 | 10 |
| 令和 5 年 | 火災 | 3 | 0 |
| | 爆発 | 0 | 0 |
| | 漏洩 | 55 | 13 |
| | その他 | 2 | 1 |
| | 合計 | 60 | 14 |
| 令和 6 年 | 火災 | 2 | 0 |
| | 爆発 | 0 | 0 |
| | 漏洩 | 51 | 11 |
| | その他 | 3 | 1 |
| | 合計 | 56 | 12 |
| 計 | 火災 | 35 | 17 |
| | 爆発 | 3 | 1 |
| | 漏洩 | 380 | 88 |
| | その他 | 30 | 4 |
| | 合計 | 448 | 110 |
| 施設数 | | 17,478 | 2,110 |
| 事故発生率 (1 万施設あたり) | 火災 | 2.0 | 8.1 |
| | 爆発 | 0.2 | 0.5 |
| | 漏洩 | 21.7 | 41.7 |
| | その他 | 1.7 | 1.9 |
| | 合計 | 25.6 | 52.1 |

注 1) 事故発生件数は消防庁特殊災害室「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」による

注 2) 施設数は消防庁「石油コンビナート等実態調査」による

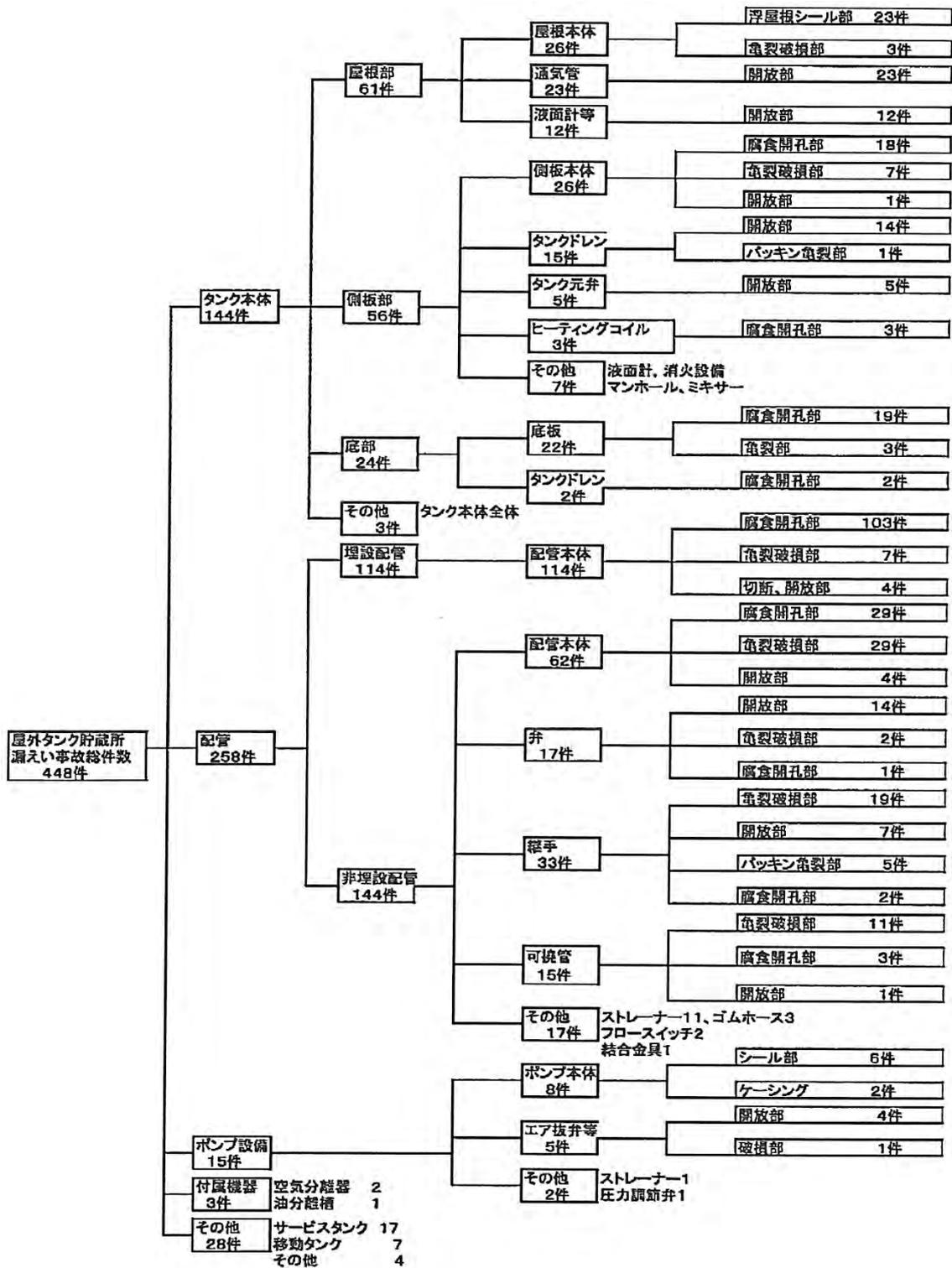


図 1.1 危険物タンク（屋外タンク貯蔵所）における漏洩事故の発生部位の分類^a

^a Safety & Tomorrow, 危険物保安技術協会, No. 97, 2004. 9

参考資料 2 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側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

$$q_G = cap \sqrt{\frac{M}{ZRT} \gamma \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \dots \dots \dots (4)$$

ここで、

$$\gamma_c = \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

- 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。

$$w = 0.033 \rho_g u \left(\frac{p_v}{p_a} \right) \left(\frac{\nu}{ul} \right)^{0.2} \dots\dots\dots (5)$$

- 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_a : 大気圧 (Pa)
- u : 風速 (m/s)
- l : 風に平行方向の囲いの長さ (m)
- ν : 空気の動粘性係数 (※)

(※) 空気の動粘性係数

$$\nu = 1.328 \times 10^{-5} \cdot \left(\frac{273 + T_a}{273} \right)^{1.754}$$

ただし、 T_a は大気温度 (°C) である^a。

^a 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、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全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、坂上モデル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。

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{uB\sqrt{\pi A}} \exp\left(-\frac{y^2}{A}\right) \exp\left(-\frac{(h+z)}{B}\right) I_0\left(\frac{2\sqrt{hz}}{B}\right) \dots\dots\dots (6)$$

$$A = q_A[\varphi_A x + \exp(-\varphi_A x) - 1]$$

$$B = q_B[\varphi_B x + \exp(-\varphi_B x) - 1]$$

- 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2.1)
- φ_A, φ_b : 拡散パラメータ (表2.1)
- I_0 : 0 次の虚数単位ベッセル関数 ($I_0(x) = J_0(ix)$)
 J_0 : 0 次ベッセル関数)

表 2.1 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) を基に、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) を基に、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)と同じである。

$$Q = \frac{q_G R T_a}{M p_0} \dots\dots\dots (8)$$

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。

$$C(x, y, z) = \frac{Q' e^{-\frac{z+h}{B} \sqrt{A}}}{4uB} \left\{ \Lambda \left(\frac{x+n}{\sqrt{A}} \right) - \Lambda \left(\frac{x-n}{\sqrt{A}} \right) \right\} \left\{ \operatorname{erf} \left(\frac{y+m}{\sqrt{A}} \right) - \operatorname{erf} \left(\frac{y-m}{\sqrt{A}} \right) \right\} I_0 \left(\frac{2\sqrt{hz}}{B} \right) \dots\dots (9)$$

$$\Lambda(\eta) = \eta \operatorname{erf}(\eta) + \eta + \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-\eta^2}$$

$$\operatorname{erf}(\eta) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\eta e^{-t^2} dt$$

Q' : 単位時間、単位面積あたりの拡散ガス量 ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$)

m : 風に直角方向の面源の幅の1/2 (m)

n : 風に平行方向の面源の幅の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。

$$E = \varphi \varepsilon \sigma T^4 \dots\dots\dots (10)$$

E : 放射熱強度 (W/m^2)

T : 火炎温度 (K)

σ : ステファン・ボルツマン定数 ($5.6703 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$)

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、

$R_f = \varepsilon \sigma T^4$ (W/m^2) とおいて次式で計算してよい。

$$E = \varphi R_f \dots\dots\dots (11)$$

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2.2 に示すような値をとる。なお、放射熱の単位は慣習的に $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}$ 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 2.2 主な可燃性液体の放射発散度

(単位：kW/m²、括弧内はkcal/m²h)

| 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 (35×10 ³) | メタノール | 9.8 (8.4×10 ³) |
| ガソリン・ナフサ | 58 (50×10 ³) | エタノール | 12 (10×10 ³) |
| 灯油 | 50 (43×10 ³) | LNG (メタン) | 76 (65×10 ³) |
| 軽油 | 42 (36×10 ³) | エチレン | 134 (115×10 ³) |
| 重油 | 23 (20×10 ³) | プロパン | 74 (64×10 ³) |
| ベンゼン | 62 (53×10 ³) | プロピレン | 73 (53×10 ³) |
| n-ヘキサン | 85 (73×10 ³) | n-ブタン | 83 (71×10 ³) |

イ. 形態係数

①円筒形の火災

円筒形の火災を想定し、図2.1 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2.2 による。

$$\varphi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right) \right] \dots\dots\dots (12)$$

$$A = (1+n)^2 + m^2$$

$$B = (1-n)^2 + m^2$$

$$m = H/R$$

$$n = L/R$$

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)

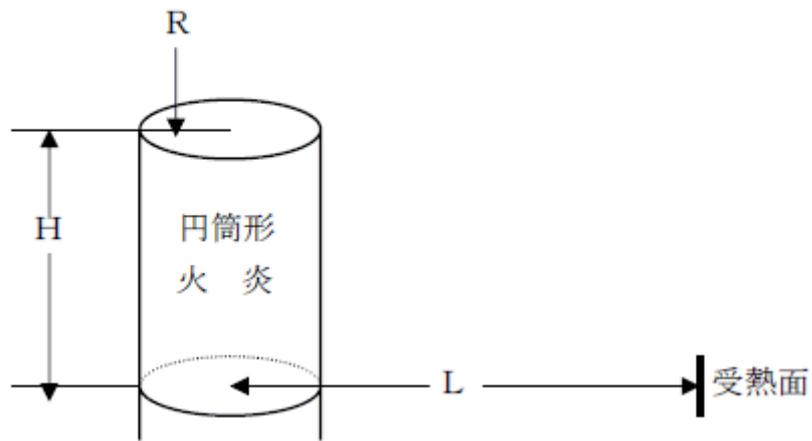


図 2.1 円筒形火炎と受熱面の位置関係

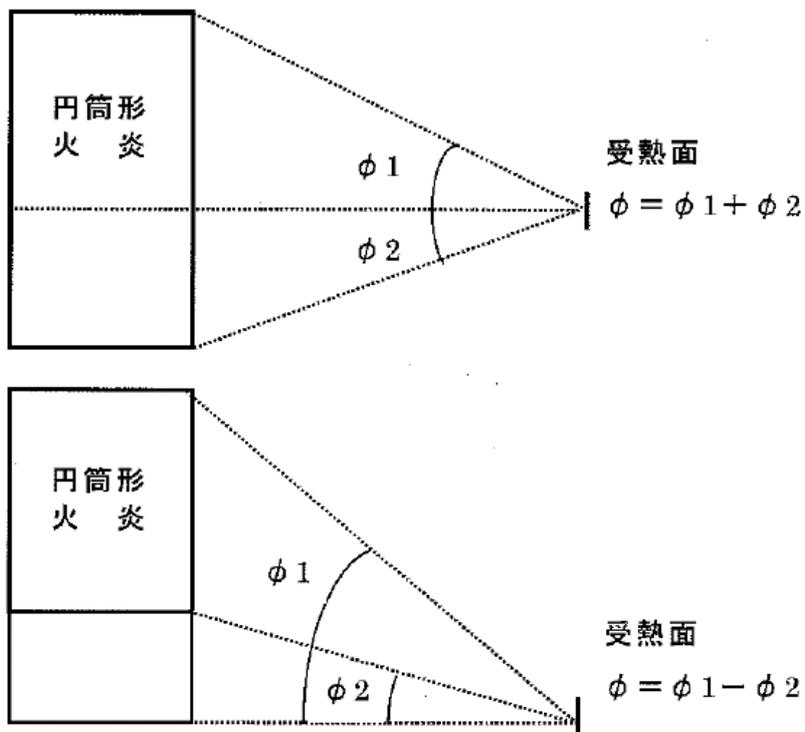


図 2.2 受熱面の高さによる形態係数の計算例

②直方体の火災

直方体の火炎を想定したときの形態係数は、図2.3 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。

$$\varphi = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{X}{\sqrt{X^2+1}} \tan^{-1} \left(\frac{Y}{\sqrt{X^2+1}} \right) + \frac{Y}{\sqrt{Y^2+1}} \tan^{-1} \left(\frac{X}{\sqrt{Y^2+1}} \right) \right\} \dots\dots\dots (13)$$

$$X = \frac{H}{L}$$

$$Y = \frac{W}{L}$$

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)

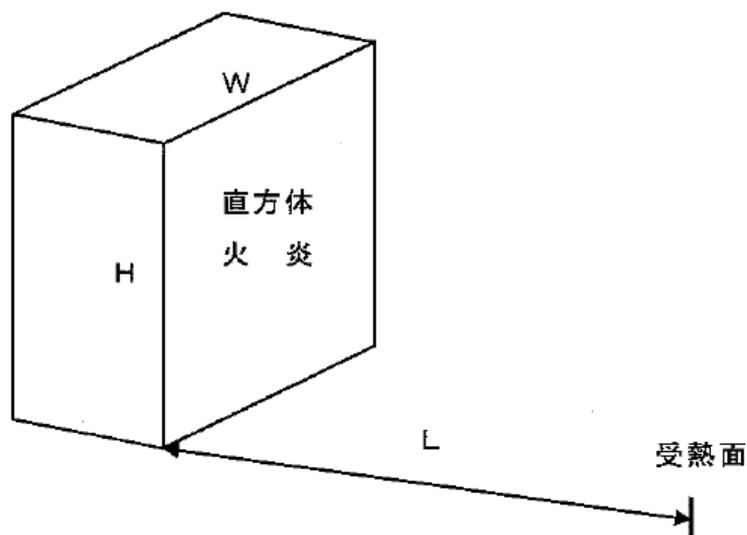


図 2.3 直方体火炎と受熱面の位置関係

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2.3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 2.3 主な可燃性液体の燃焼速度（液面降下速度）

| 可燃性液体 | 燃焼速度 (m/s) | 可燃性液体 | 燃焼速度 (m/s) |
|----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| カフジ原油 | 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} |

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、囲いと同等面積の底面をもち、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2.4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2.5)。

$$r = \exp(-0.06D) \dots \dots \dots (15)$$

本調査では、式(15)を適用して低減率を算出した。放射発散度の下限值については、 $D=20\text{m}$ 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。

ただし、アルコールやLNGは燃焼しても黒煙が発生しにくいため、放射発散度は低減しないものと考えた。

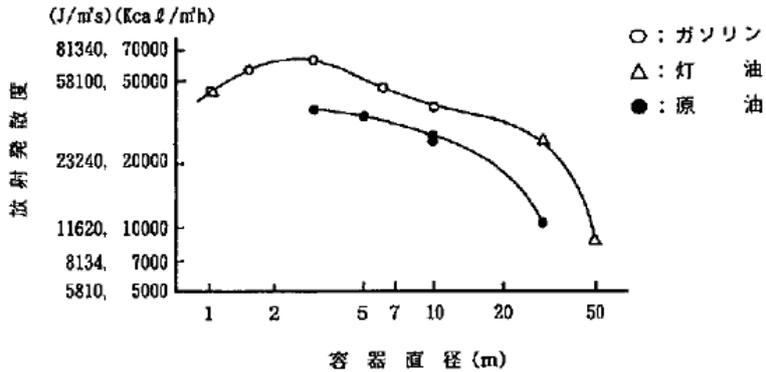


図 2.4 燃焼容器直径と放射発散度との関係^a

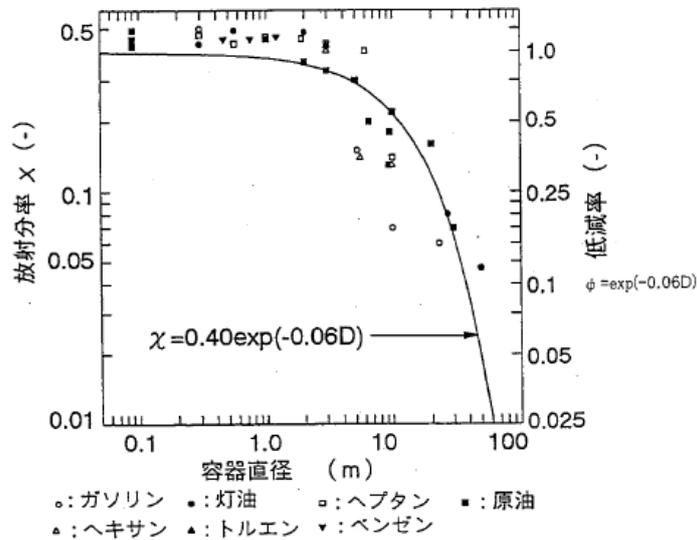


図 2.5 各種燃料の放射分率と燃焼容器直径との関係^b
(図中の式は、原油火災に対するもの)

^a 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

^b 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。

$$R = \lambda^3 \sqrt{W_{\text{TNT}}} = \lambda^3 \sqrt{\frac{W_G f \varphi Q_G \gamma}{Q_T}} \dots \dots \dots (16)$$

- 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2.6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）^a。

- P < 0.035 : $\lambda = 2.7944 P^{-0.71448}$
- 0.035 ≤ P < 0.2 : $\lambda = 2.4311 P^{-0.75698}$
- 0.2 ≤ P < 0.65 : $\lambda = 3.143 P^{-0.59261}$
- P ≥ 0.65 : $\lambda = 3.2781 P^{-0.48551}$

^a 石油工学協会編：安全工学講座2・爆発，1983

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。

$$R = 0.04\lambda^3\sqrt{KW_G} \dots\dots\dots (17)$$

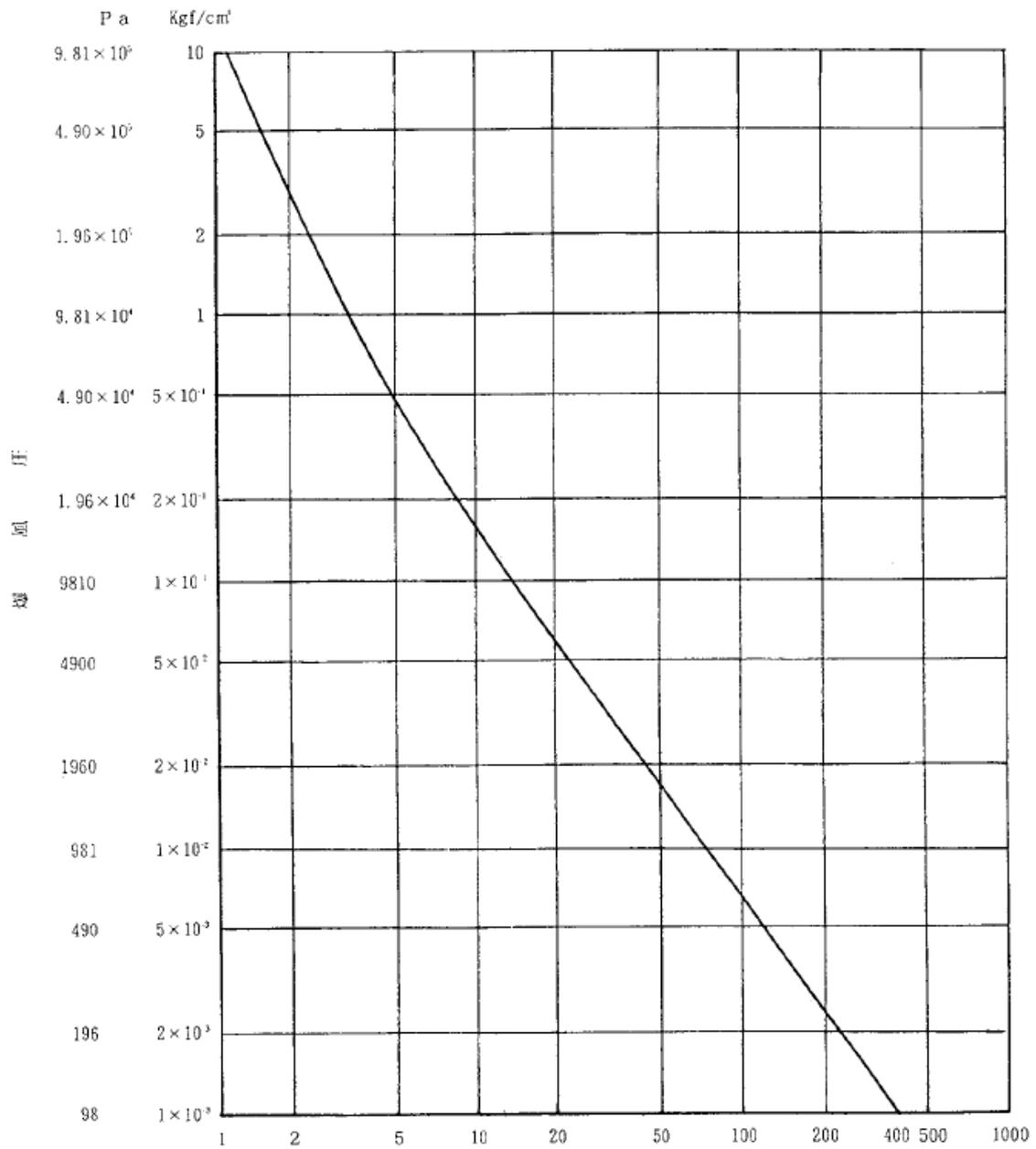
$$K = f\psi Q_G \times 10^3$$

- R : 爆心からの距離 (m)
- λ : 換算距離 (m/kg^{1/3})
- K : ガスの種類ごとに与える

(高圧ガス保安法・コンビナート等保安規則(別表ニ)による)

| 物質名(例) | 温度℃ | K値 |
|------------|----------|-----|
| ブタン・ブチレン | ～ 40 | 128 |
| | 40 ～ 70 | 229 |
| | 70 ～100 | 360 |
| | 100 ～130 | 503 |
| | 130 ～ | 640 |
| プロパン・プロピレン | ～ 10 | 178 |
| | 10 ～ 40 | 328 |
| | 40 ～ 70 | 497 |
| | 70 ～ | 737 |
| | 100 | 888 |
| メタン | ～- | 143 |
| | 110 | |
| | -110 ～ - | 357 |
| | 80 | |
| | -80 ～ | 714 |

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 2.6 換算距離 λ と爆風圧との関係^a

^a 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殆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。

参考資料3 コンビナート地区の気象条件

1. 気象条件の設定

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殆ど拡散されず、拡散幅は狭く拡散距離は最も長くなる。

本調査では、特別防災区域周辺の測定局の観測値を用いて、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。表3.1に収集した気象データの一覧を示す。

風向については、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が、測定局の選定にあたってデータの収集は行った。風速については、特別防災地区からの距離や測定値の安定性等を考慮して、四日市特別地域気象観測所の観測値を用いることとした。大気安定度は拡散モデルの特性を考慮し、中立とした。

使用する気象データの対象期間は、平成27（2015年）4月～令和7年（2025年）3月の10年間とした。

表 3.1 収集した気象データ一覧

| 測定局名称 | 住所 | 収集データ | 風速計の高さ(m) |
|--------------|--------|-------|-----------|
| 四日市特別地域気象観測所 | 四日市市日永 | 風向・風速 | 10.7 |

2. 風向及び風速

風速は、次式により10m高さにおける風速に換算した。

$$\text{換算風速} = \text{測定した風速} \times (10 / \text{風速計の高さ})^{0.25}$$

10m高さに換算した風配図（10年間の平均）を図3.1に示す。

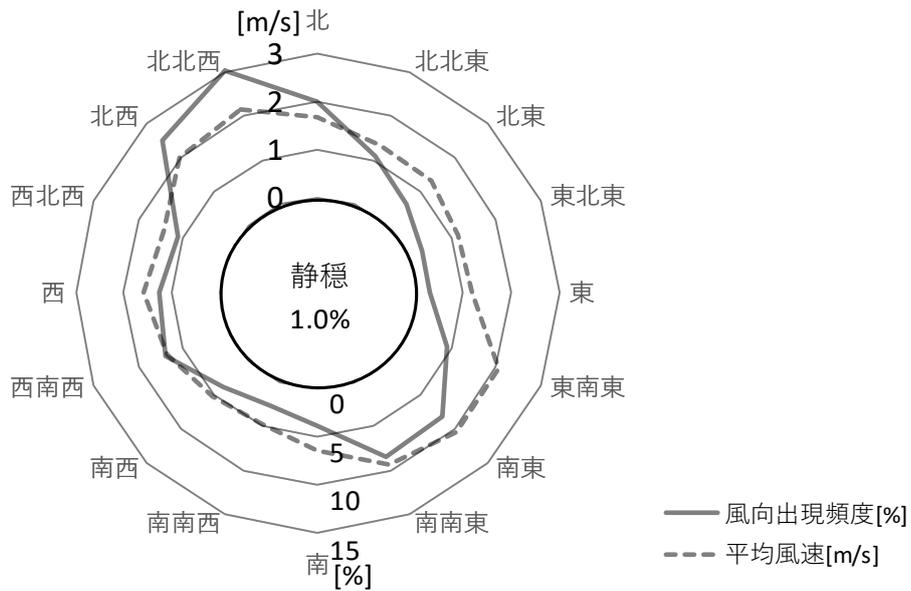


図 3.1 風配図（四日市特別地域気象観測所、10年間の平均・高さ10m補正）

表 3.2 風向頻度分布及び平均風速（四日市特別地域気象観測所）

| 年度 | 風向頻度 (%) | | | | | | | | | | | | | | 平均風速 (m/s) | | | |
|-----|----------|-----|----|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|---|-----|----|------------|-----|----|-----|
| | 北 | 北北東 | 北東 | 東 | 東南東 | 南東 | 南南東 | 南 | 南南西 | 南西 | 西南西 | 西 | 西北西 | 北西 | | 北北西 | 静穏 | |
| H27 | 10 | 5 | 3 | 2 | 1 | 5 | 7 | 9 | 4 | 3 | 4 | 7 | 6 | 5 | 12 | 16 | 1 | 1.7 |
| H28 | 10 | 6 | 3 | 2 | 2 | 4 | 8 | 10 | 4 | 2 | 3 | 6 | 6 | 6 | 14 | 15 | 1 | 1.7 |
| H29 | 11 | 5 | 3 | 2 | 2 | 4 | 8 | 8 | 4 | 3 | 3 | 8 | 8 | 5 | 11 | 15 | 1 | 1.7 |
| H30 | 11 | 5 | 3 | 1 | 1 | 4 | 8 | 8 | 3 | 3 | 3 | 6 | 6 | 5 | 13 | 17 | 1 | 1.7 |
| R1 | 10 | 5 | 3 | 2 | 1 | 4 | 8 | 9 | 4 | 3 | 4 | 6 | 6 | 6 | 13 | 15 | 1 | 1.7 |
| R2 | 9 | 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 8 | 7 | 4 | 3 | 4 | 7 | 7 | 6 | 13 | 15 | 1 | 1.7 |
| R3 | 10 | 6 | 3 | 1 | 1 | 4 | 8 | 9 | 4 | 3 | 4 | 7 | 6 | 6 | 13 | 13 | 1 | 1.6 |
| R4 | 10 | 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 8 | 9 | 4 | 2 | 4 | 7 | 6 | 6 | 13 | 15 | 1 | 1.6 |
| R5 | 10 | 5 | 4 | 2 | 2 | 6 | 9 | 8 | 4 | 3 | 4 | 7 | 5 | 5 | 12 | 15 | 1 | 1.6 |
| R6 | 9 | 6 | 3 | 2 | 2 | 4 | 8 | 8 | 4 | 3 | 5 | 8 | 7 | 6 | 11 | 14 | 1 | 1.6 |
| 平均 | 10 | 5 | 3 | 2 | 2 | 4 | 8 | 8 | 4 | 3 | 4 | 7 | 6 | 6 | 12 | 15 | 1 | 1.7 |

注1) 静穏とは、風速0.4m/s未満を表す。

注2) 四捨五入の関係で風向頻度の合計が100%にならないことや平均が一致しないことがある。

参考資料4 石油タンクのスロッシングに伴う溢流量の算定方法

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^aを用いて、満液時における危険物タンクの最大溢流量を推定した。

スロッシングに伴う溢流量の算定手法の概要を以下に示す。

1. 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^+) とタンク側板の余裕空間高さ (H_c) 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。タンク側板上の液体の体積 (溢流体積、 δv) を近似的に式(1)で表したとき、 Δ と δv の関係は経験的に式(2)で表される。

ここで、 r_0 は式(3)において、 $\eta^+(r_0, 0) = H_c$ を解いて求め、 θ_0 は式(3)において $\eta^+(R, \theta_0) = H_c$ を解いて求める。

$$\delta v = \delta h \cdot (R - r_0) \cdot R \cdot \theta_0 \cdots \cdots \cdots (1)$$

- δv : 溢流体積 (図5.1の斜線で示す部分)
- δh : 溢流高さ (m) ($= \eta^+(R, 0) - H_c$)
- r_0 : $\theta = 0^\circ$ においてスロッシング波高が H_c と等しくなる動径方向の距離
- 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の角度
- R : タンク半径 (m)

$$\frac{\Delta}{R} = \alpha \cdot \frac{\delta v}{R^3} \cdots \cdots \cdots (2)$$

- Δ : スロッシングによる液面減少高さ (m)
- α : 比例係数 (自由液面 : 0.659、浮き屋根 : 0.4023)

$$\eta^+(r, \theta) = \eta_{max}^{(1)} \frac{J_1(\varepsilon_1 \frac{r}{R})}{J_1(\varepsilon_1)} \cos \theta + \frac{r}{R} \Delta \eta \cos 2\theta \cdots \cdots \cdots (3)$$

- $\eta_{max}^{(1)}$: 微小波高を仮定した場合のスロッシングの線形解の最大波高
- J_1 : 第1種ベッセル関数 (1次)
- ε_1 : J_1 の微分 $dJ_1(x)/dx = 0$ の1番目の正根 ($= 1.84118$)
- $\Delta \eta$: 非線形効果による波高の増分 ($= 0.91 \cdot R \cdot (\eta_{max}^{(1)}/R)^2$)

^a 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，p. 276-284，2008

なお、微小波高を仮定した場合のスロッシングの線形解の最大波高($\eta_{max}^{(1)}$)は地震動の速度応答スペクトル(S_v)と式(4)の関係にある。

$$\eta_{max}^{(1)} = \frac{D}{2g} \cdot 0.837 \cdot \frac{2\pi}{T_{s1}} S_v \dots\dots\dots (4)$$

$$T_{s1} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{1.841g} \coth\left(\frac{1.841H_L}{R}\right)}$$

- T_{s1} : スロッシング 1 次固有周期 (s)
- H_L : 液高 (m)
- g : 重力加速度 (m/s^2)
- D : タンク直径 (m) (= $2R$)

従って、溢流量の推定値は式(5)により求められる。

$$\begin{aligned} \Delta v &= (\pi R^2) \cdot \Delta \\ &= (\pi R^2) \cdot (\alpha \cdot \delta v / R^2) \dots\dots\dots (5) \\ &= (\pi R^2) \cdot (\alpha \cdot \delta h \cdot (R - r_0) \cdot \theta_0 / R) \end{aligned}$$

Δv : 溢流量 (kL)

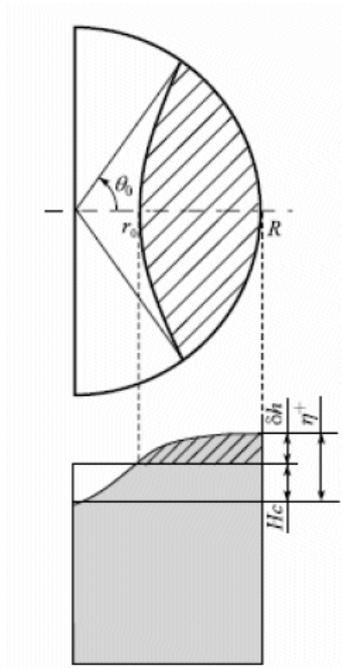


図 5.1 非線形スロッシングによる溢流体積の模式図^a

^a 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，p. 276-284，2008

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、平成15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。

参考資料 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、消防庁のホームページ^a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、次式で示される浮き上がり安全率 (F_{Sa}) によって、被害のおそれを評価する。

$$F_{Sa} = \frac{W_T + W_L}{F_{tV}} \dots \dots \dots (1)$$

- 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鉛直力 (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、被害のおそれを評価する。

$$F_{Sb} = \frac{\mu(W_T + W_L - F_{tV})}{F_{tH}} \dots \dots \dots (2)$$

- 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水平力 (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ている。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。

^a 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/>

$$F_{tH} = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \rho g \left[\alpha \eta_{max} \sum_{m=0}^3 p_m \cos(m\theta) \right]^2 R \cos\theta d\theta \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$F_{tV} = 2 \int_0^{\pi} \rho g \left[\beta \eta_{max} \sum_{m=0}^3 q_m \cos(m\theta) \right] R^2 \cos^2 \theta d\theta \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$p_0 = 0.680$$

$$p_1 = 0.340$$

$$p_2 = 0.015$$

$$p_3 = -0.035$$

$$q_0 = 0.720$$

$$q_1 = 0.308$$

$$q_2 = 0.014$$

$$q_3 = -0.042$$

- 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以下の場合は、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以下の場合は、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)

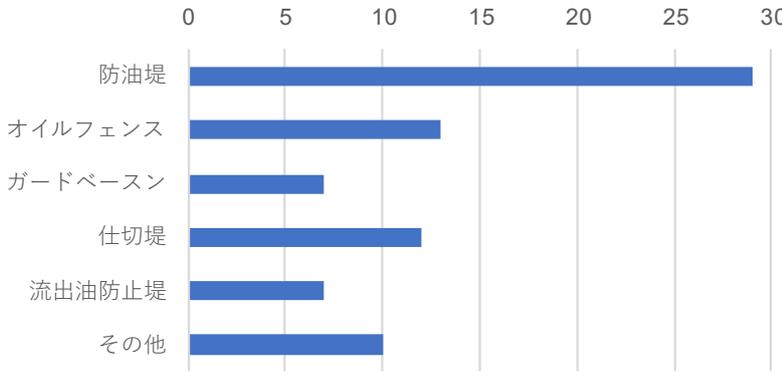
参考資料6 防災対策アンケートについて

三重県において実施した、特定事業所等を対象とする防災対策アンケートの結果について、本資料に取りまとめた。

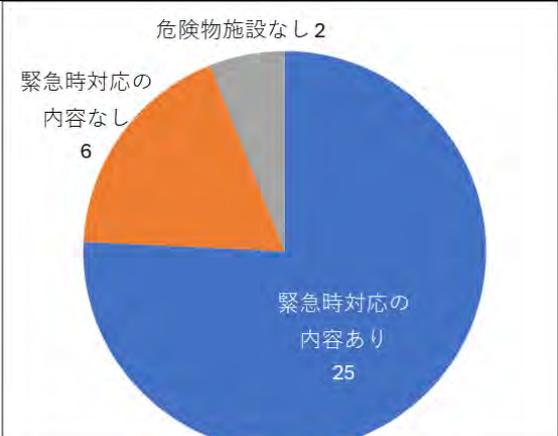
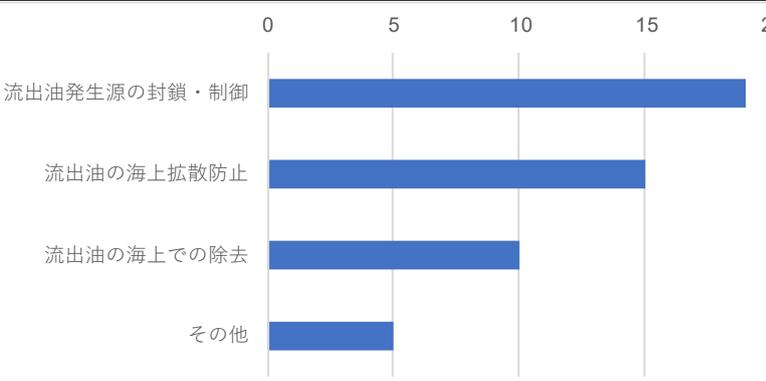
回答期間：2025年11月～2026年1月

回答事業所数：33事業所

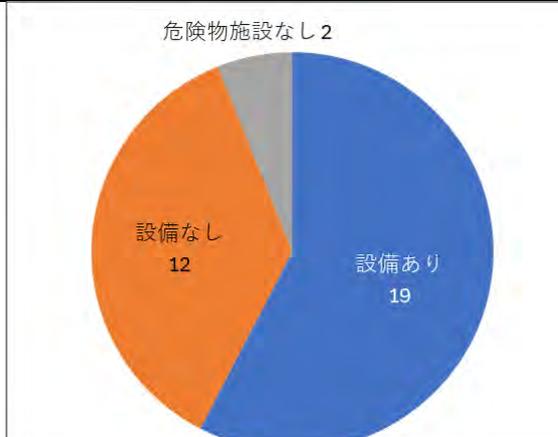
1. 油の海上流出を防止するための設備について

| <p>①危険物施設において油流出が生じた場合を想定し、海上への流出を防止するために設置されている設備の有無をご回答ください。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>設備の有無に関する回答結果</caption> <thead> <tr> <th>設備の有無</th> <th>数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設備あり</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>設備なし</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | 設備の有無 | 数 | 設備あり | 29 | 設備なし | 2 | | | | | | | | |
|--|---|-------|---|------|----|---------|----|---------|---|-----|----|--------|---|-----|----|
| 設備の有無 | 数 | | | | | | | | | | | | | | |
| 設備あり | 29 | | | | | | | | | | | | | | |
| 設備なし | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>②上記①で設備ありと答えた場合、その内容について該当するものを選択してください。(複数回答可)</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>設備ありと答えた事業所の設備内容</caption> <thead> <tr> <th>設備の種類</th> <th>数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>防油堤</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>オイルフェンス</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>ガードベースン</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>仕切堤</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>流出油防止堤</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> <p>その他の内容：浮遊油回収スキーマー、側溝仕切板、側溝自動遮断弁、排水仕切弁、オイルマット、油水分離ピット、排水末端閉止板、油水分離槽、油検出器、油分計</p> | 設備の種類 | 数 | 防油堤 | 29 | オイルフェンス | 13 | ガードベースン | 7 | 仕切堤 | 12 | 流出油防止堤 | 7 | その他 | 10 |
| 設備の種類 | 数 | | | | | | | | | | | | | | |
| 防油堤 | 29 | | | | | | | | | | | | | | |
| オイルフェンス | 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| ガードベースン | 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 仕切堤 | 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 流出油防止堤 | 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| その他 | 10 | | | | | | | | | | | | | | |

2. 油の海上流出時の緊急対応について

| <p>①危険物施設からの油が海上へ流出した際の緊急時対応を検討しているかご回答ください。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>緊急時対応の内容</caption> <thead> <tr> <th>内容</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>緊急時対応の内容あり</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>緊急時対応の内容なし</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>危険物施設なし</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | 内容 | 回数 | 緊急時対応の内容あり | 25 | 緊急時対応の内容なし | 6 | 危険物施設なし | 2 | | |
|--|---|----|----|--------------|----|------------|----|------------|----|-----|---|
| 内容 | 回数 | | | | | | | | | | |
| 緊急時対応の内容あり | 25 | | | | | | | | | | |
| 緊急時対応の内容なし | 6 | | | | | | | | | | |
| 危険物施設なし | 2 | | | | | | | | | | |
| <p>②上記①で緊急時対応の内容ありと答えた場合、その内容について以下の該当するものを選択してください。 (複数回答可)</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>緊急時対応の内容 (複数回答可)</caption> <thead> <tr> <th>内容</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>流出油発生源の封鎖・制御</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>流出油の海上拡散防止</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>流出油の海上での除去</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>その他の内容：海上災害防止センターとの契約、オイル吸着マットや土のうによる流出拡大防止、連絡先のリストアップと共有</p> | 内容 | 回数 | 流出油発生源の封鎖・制御 | 18 | 流出油の海上拡散防止 | 15 | 流出油の海上での除去 | 10 | その他 | 5 |
| 内容 | 回数 | | | | | | | | | | |
| 流出油発生源の封鎖・制御 | 18 | | | | | | | | | | |
| 流出油の海上拡散防止 | 15 | | | | | | | | | | |
| 流出油の海上での除去 | 10 | | | | | | | | | | |
| その他 | 5 | | | | | | | | | | |

3. 流出油から火災が発生し、防油堤外への延焼拡大を防止するための設備について

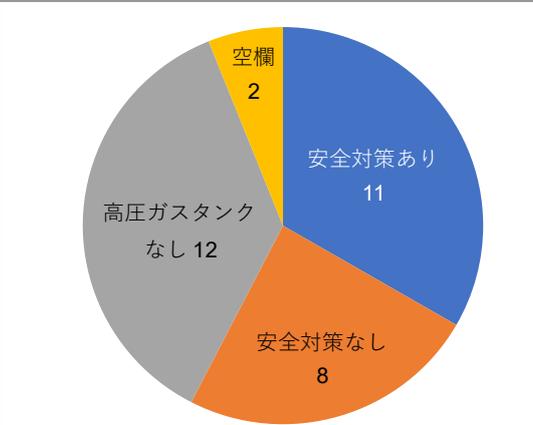
| <p>①危険物施設において、防油堤が地震・津波等により破壊され、大量流出した油に引火し、火災が防油堤外、さらには事業所敷地外へ拡大した場合を想定し、流出範囲の拡大、延焼の拡大を阻止するための設備の有無についてご回答ください。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>火災防止設備の有無</caption> <thead> <tr> <th>内容</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設備あり</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>設備なし</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>危険物施設なし</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | 内容 | 回数 | 設備あり | 19 | 設備なし | 12 | 危険物施設なし | 2 |
|--|---|----|----|------|----|------|----|---------|---|
| 内容 | 回数 | | | | | | | | |
| 設備あり | 19 | | | | | | | | |
| 設備なし | 12 | | | | | | | | |
| 危険物施設なし | 2 | | | | | | | | |

| ②上記①で設備ありと答えた場合、その内容について以下の該当するものを選択してください。 (複数回答可) | 【回答】 | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|----|--------|---|---------|---|-------------|----|------|---|-----|---|
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th>設備名</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>流出油防止堤</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>防火シャッター</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>大型消火器・消防ポンプ</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>水幕設備</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> | 設備名 | 回数 | 流出油防止堤 | 7 | 防火シャッター | 4 | 大型消火器・消防ポンプ | 17 | 水幕設備 | 9 | その他 | 5 |
| | 設備名 | 回数 | | | | | | | | | | | |
| 流出油防止堤 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| 防火シャッター | 4 | | | | | | | | | | | | |
| 大型消火器・消防ポンプ | 17 | | | | | | | | | | | | |
| 水幕設備 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| その他 | 5 | | | | | | | | | | | | |
| その他の内容：甲種化学消防車、土のう、消防車、排水仕切弁、泡消火薬剤、水幕、チューブ管破損によるポンプ停止 | | | | | | | | | | | | | |

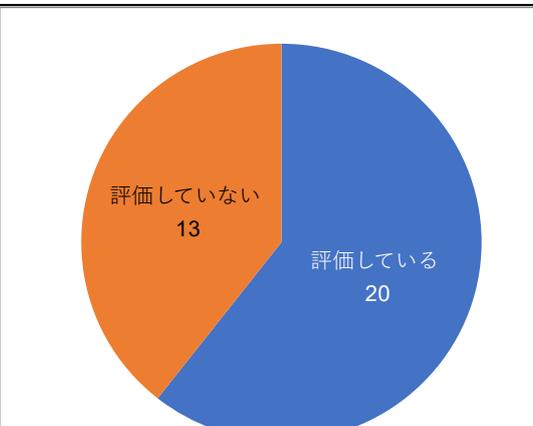
4. 火災の延焼拡大時の緊急対応について

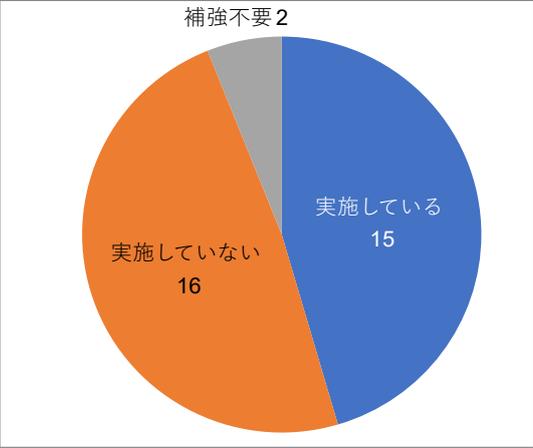
| ①危険物施設において、防油堤が地震等により破壊され、大量流出した油に引火し、火災が防油油外、さらには事業所敷地外へ拡大した場合を想定した際の緊急時対応を検討しているかご回答ください。 | 【回答】 | | | | | | | | | | |
|---|--|----|----|------------------|----|------------|----|---------|----|-----|---|
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th>内容</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>緊急時対応の内容あり</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>緊急時対応の内容なし</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>危険物施設なし</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | 内容 | 回数 | 緊急時対応の内容あり | 20 | 緊急時対応の内容なし | 11 | 危険物施設なし | 2 | | |
| 内容 | 回数 | | | | | | | | | | |
| 緊急時対応の内容あり | 20 | | | | | | | | | | |
| 緊急時対応の内容なし | 11 | | | | | | | | | | |
| 危険物施設なし | 2 | | | | | | | | | | |
| ②上記①で緊急時対応の内容ありと答えた場合、その内容について以下の該当するものを選択してください。 (複数回答可) | 【回答】 | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th>内容</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>流出油・火災の発生源の封鎖・制御</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>消火剤等の散布</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>設備の冷却</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | 内容 | 回数 | 流出油・火災の発生源の封鎖・制御 | 17 | 消火剤等の散布 | 12 | 設備の冷却 | 13 | その他 | 1 |
| | 内容 | 回数 | | | | | | | | | |
| 流出油・火災の発生源の封鎖・制御 | 17 | | | | | | | | | | |
| 消火剤等の散布 | 12 | | | | | | | | | | |
| 設備の冷却 | 13 | | | | | | | | | | |
| その他 | 1 | | | | | | | | | | |
| その他の内容：土のうによる拡大防止 | | | | | | | | | | | |

5. BLEVE による災害時の安全対策について

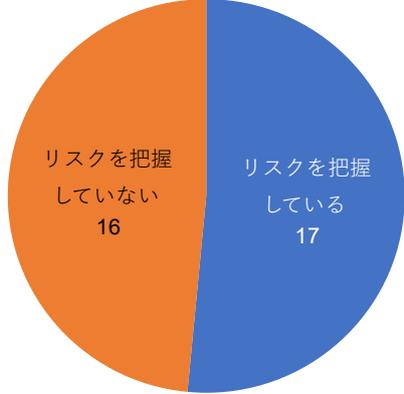
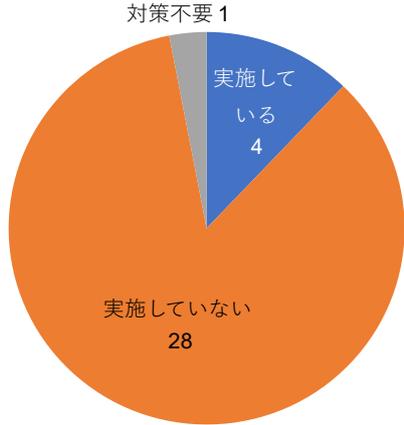
| <p>① 高圧ガスタンクが BLEVE により連鎖的に爆発・炎上した場合、事業所外の周辺環境及び周辺住民に対する安全対策を検討しているかご回答ください。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>BLEVE 安全対策に関する回答の割合</caption> <thead> <tr> <th>回答内容</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>安全対策あり</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>安全対策なし</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>空欄</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>高圧ガスタンクなし</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table> | 回答内容 | 件数 | 安全対策あり | 11 | 安全対策なし | 8 | 空欄 | 2 | 高圧ガスタンクなし | 12 |
|--|---|------|----|--------|----|--------|---|----|---|-----------|----|
| 回答内容 | 件数 | | | | | | | | | | |
| 安全対策あり | 11 | | | | | | | | | | |
| 安全対策なし | 8 | | | | | | | | | | |
| 空欄 | 2 | | | | | | | | | | |
| 高圧ガスタンクなし | 12 | | | | | | | | | | |
| <p>② 上記①で安全対策ありと答えた場合、その内容についてご記入ください。（主な回答）</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・工場敷地境界と貯蔵設備の安全距離、設備間距離の確保 ・敷地外で保安物件、住居地域との間に緩衝地帯を設置 ・住居地域との間に築山や防護壁など緩衝ゾーンを確保 ・貯槽内ガスの貯留量の制限（耐震対応含む） ・有事に確実に操作できるよう普段から散水テストを実施 ・球形タンク下部のコンクリート化により液の滞留防止、火炎によるタンクへの影響を軽減し、タンクの熱劣化、破断を防止、BLEVE への進展や連鎖リスクを低減 ・重大事故のリスクアセスメント結果より、住民避難方法を関係官庁と情報交換し、具体的な手順を策定 ・災害が敷地外へ影響を及ぼす場合は、近隣企業や自治体へ速やかに連絡すると共に、必要に応じて社有車で地域住民への情報提供、避難誘導を実施 ・地域住民を対象とした緊急放送設備や四日市市防災行政無線の遠隔操作を用いて、災害発生時に迅速な安全情報の伝達及び避難指示が行える体制 | | | | | | | | | | |

6. 事業所内配管ラックの耐震対策について

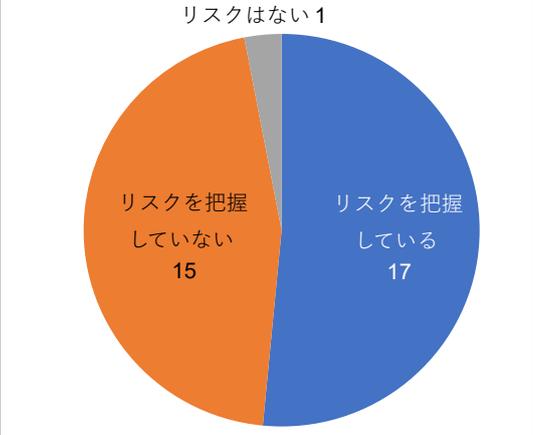
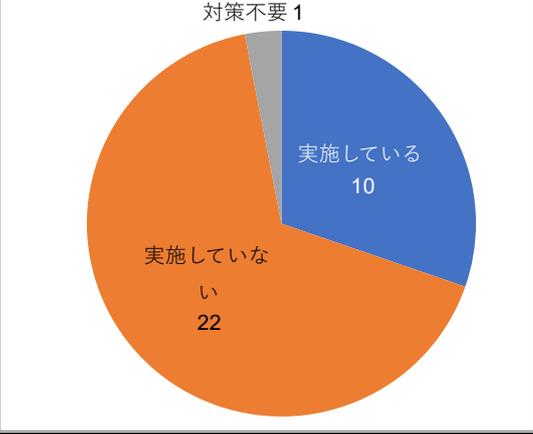
| <p>① 耐震性について評価していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>配管ラックの耐震性評価に関する回答の割合</caption> <thead> <tr> <th>回答内容</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>評価している</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>評価していない</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table> | 回答内容 | 件数 | 評価している | 20 | 評価していない | 13 |
|---------------------------|--|------|----|--------|----|---------|----|
| 回答内容 | 件数 | | | | | | |
| 評価している | 20 | | | | | | |
| 評価していない | 13 | | | | | | |

| <p>②上記①で評価している場合、評価結果を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・配管ラックをエリア分割し、重要度の高い配管ラックから評価実施。社内基準を設けて補強工事を実施 ・評価では慣性力や地盤変状の項目で不適合がある傾向。 ・評価結果に基づき想定地震力 300Gal 相当 (IS 値 0.4) を目標とした耐震補強を計画的に実施 ・既設ラックへの現行基準での評価は未実施 (建設当時の基準での評価) ・ラックの配管本数を増やさなければ問題ない ・配管を新設・追加工事するごとに耐震性評価を実施 ・変更工事の際、重量が増加しないよう荷重相殺で対応 ・国が公表する南海トラフ巨大地震(理論上最大クラス)の耐震性能(機能維持)を評価し、満足していることを確認 | | | | | | | | |
|---|--|------|----|--------|----|---------|----|------|---|
| <p>③事業所内配管ラックの耐震補強等の対策を実施していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>耐震補強等の対策実施状況</caption> <thead> <tr> <th>実施状況</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実施している</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>実施していない</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>補強不要</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | 実施状況 | 件数 | 実施している | 15 | 実施していない | 16 | 補強不要 | 2 |
| 実施状況 | 件数 | | | | | | | | |
| 実施している | 15 | | | | | | | | |
| 実施していない | 16 | | | | | | | | |
| 補強不要 | 2 | | | | | | | | |
| <p>④上記③で対策を実施している場合、その内容を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・配管ラックのサポートおよび振動対策実施 ・新規配管敷設時に耐震評価しブレース、基礎等を補強 ・不要配管撤去(荷重軽減措置) ・配管およびケーブル類の移設、迂回、基礎及び鉄骨補強 ・座屈に対する柱の断面性能が不足する部分に巾止め材設置 ・柱に生じた曲げ応力に対処するため、柱材を補強 ・配管の軸ブレース材がない部分はブレース材を設置 ・慣性力への対策として配管軸直角方向拘束拘束を追加 ・地盤変状に対する対策として配管の変位吸収能力が低い箇所の拘束を撤去して拘束開放 ・地盤沈下の影響を考慮した鉛直方向の拘束がないサポート ・評価結果を基に危険度から優先順位付けし計画的に対策 ・プラント配管では、オイルダンパーやスプリングハンガーの取替や追加、梁、ブレース、ガイドの追加を実施 ・固定ボルト数量の増強などを行い構造全体の安全性を向上 ・高圧ガス配管の配管可とう制評価を実施 (ストッパー追加、ガイド追加及び削除、ボルト固定の廃止、サポート削除) | | | | | | | | |

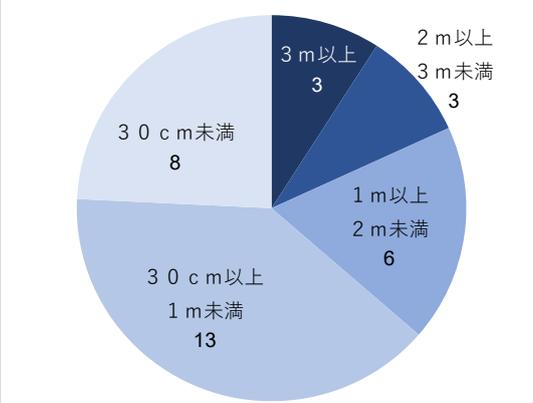
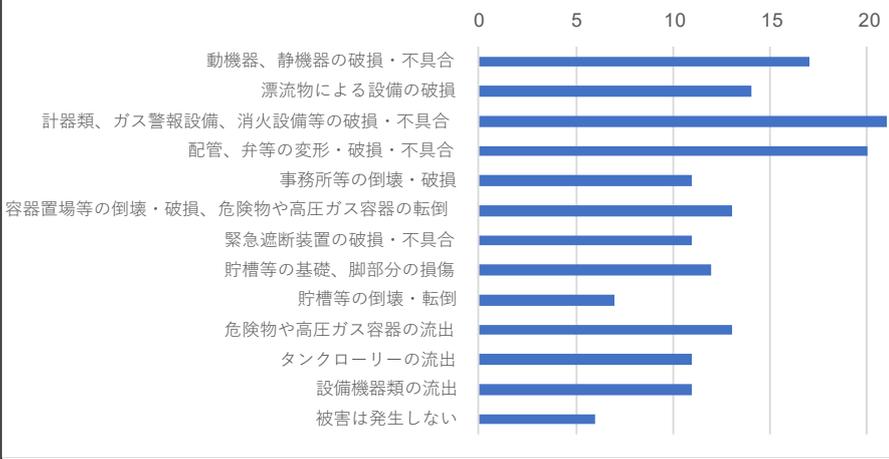
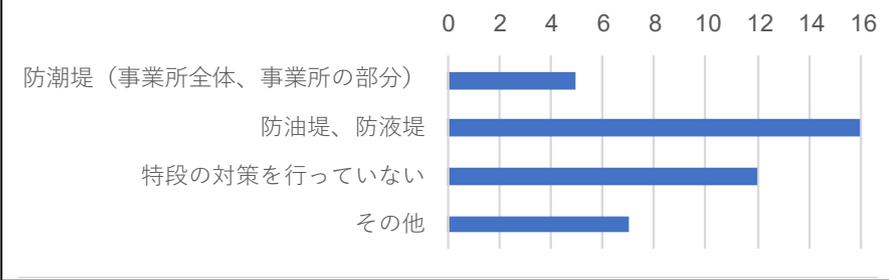
7. 事業所内配管ラックの液状化対策について

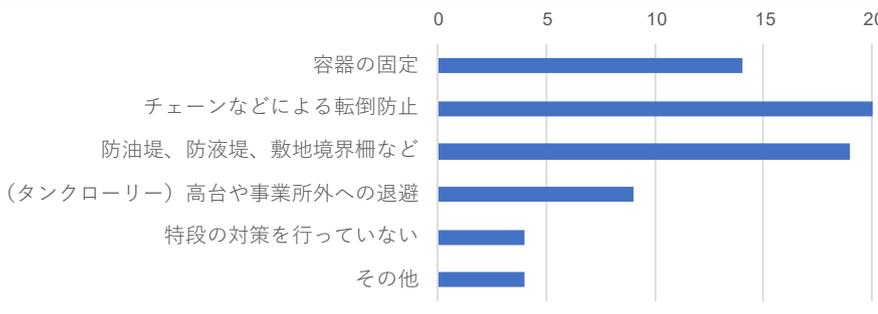
| <p>①事業所内の配管ラックに関して、液状化のリスクを把握していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>液状化リスク把握状況</caption> <thead> <tr> <th>リスクを把握していない</th> <th>リスクを把握している</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table> | リスクを把握していない | リスクを把握している | 16 | 17 | | |
|--|--|-------------|------------|---------|----|---|----|
| リスクを把握していない | リスクを把握している | | | | | | |
| 16 | 17 | | | | | | |
| <p>②上記①でリスクを把握している場合、その内容を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・場内の液状化想定範囲を把握している ・工場敷地内で液状化が発生しやすい砂層は無い ・工場全域で簡易的な液状化シミュレーションを行った結果、液状化する箇所は限定的であり影響は少ない結果 ・南海トラフ巨大地震をベースにした地盤の液状化評価を実施。液状化マップおよび沈下量マップを作成 ・敷地内の沈下量や護岸の側方流動量を把握している ・埋立地なのである程度は把握できるが、液状化に関して不明確な部分もあり被害想定の見積もりは若干あまい ・調査結果より、地震動強度が300～600galの範囲で液状化の可能性があることを確認し、柱状プロット図を作成して継続的な地盤状況を管理している ・東日本大震災で被害を受け他社へヒヤリングを行い、基礎に影響がなかった事例を調査したところ、ラック本体の補強を行えば配管漏洩等のリスクは無いと判断した | | | | | | |
| <p>③事業所内の配管ラックに関して、液状化対策を実施していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>液状化対策実施状況</caption> <thead> <tr> <th>対策不要</th> <th>実施している</th> <th>実施していない</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4</td> <td>28</td> </tr> </tbody> </table> | 対策不要 | 実施している | 実施していない | 1 | 4 | 28 |
| 対策不要 | 実施している | 実施していない | | | | | |
| 1 | 4 | 28 | | | | | |
| <p>④上記③で対策を実施している場合、その内容を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・BCP対応として災害時にいち早くライフライン（ガソリン等燃料）を出荷再開できるように、それらの配管ラックは優先的に液状化対策を実施 ・工場建設時に地盤改良（バーチカルドレーン+載荷盛土工法）を実施 | | | | | | |

8. 事業所内の防災用道路の液状化対策について

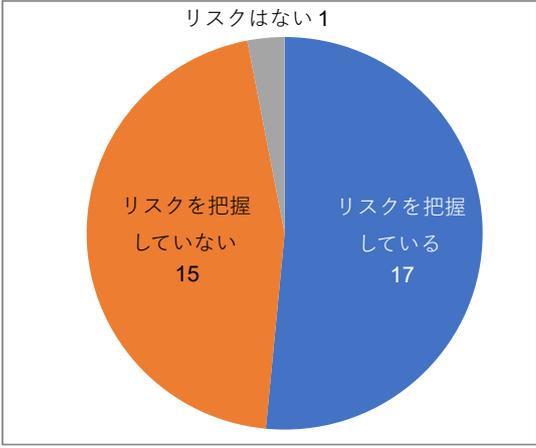
| <p>①事業所内の防災用道路に関して、液状化のリスクを把握していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>液状化リスク把握状況</caption> <thead> <tr> <th>リスク把握状況</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>リスクを把握している</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>リスクを把握していない</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>リスクはない</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | リスク把握状況 | 件数 | リスクを把握している | 17 | リスクを把握していない | 15 | リスクはない | 1 |
|--|---|---------|----|------------|----|-------------|----|--------|---|
| リスク把握状況 | 件数 | | | | | | | | |
| リスクを把握している | 17 | | | | | | | | |
| リスクを把握していない | 15 | | | | | | | | |
| リスクはない | 1 | | | | | | | | |
| <p>②上記①でリスクを把握している場合、その内容を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・地中探査を一部の地盤で実施した ・工場全域で簡易的な液状化シミュレーションを行った結果、液状化する箇所は限定的であり影響は少ない ・南海トラフ地震を想定した際に液状化で地下ピット等の埋設物が10cm以上浮き上がり、避難や防災活動に支障が発生する可能性あり ・南海トラフ巨大地震をベースにした地盤の液状化評価を実施。液状化マップおよび沈下量マップを作成 ・ホイールローダーで土砂を補充する対策を取っている | | | | | | | | |
| <p>③事業所内の防災用道路に関して、液状化対策を実施していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>液状化対策実施状況</caption> <thead> <tr> <th>対策実施状況</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実施している</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>実施していない</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>対策不要</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | 対策実施状況 | 件数 | 実施している | 10 | 実施していない | 22 | 対策不要 | 1 |
| 対策実施状況 | 件数 | | | | | | | | |
| 実施している | 10 | | | | | | | | |
| 実施していない | 22 | | | | | | | | |
| 対策不要 | 1 | | | | | | | | |
| <p>④上記③で対策を実施している場合、その内容を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・人の通路確保として、通路確保用の足場板を各所の配備 ・液状化に備えて、避難通路確保用の敷鉄板などの資材の準備や業者との協力体制を取っている ・側方流動の影響がある護岸沿い道路は、高圧噴射攪拌工法の地盤改良を実施 ・移動式水利システムが通行する防災道路は鉄板敷き、土のうで通行確保する ・主要道路上のマンホール、地下ピット等の浮き上がりにより避難や防災活動に支障が発生する可能性がある部分に対策を実施 | | | | | | | | |

9. 津波による被害の対策について

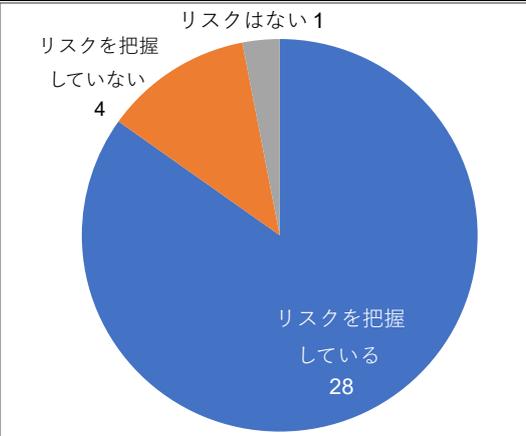
| <p>①事業所において想定(県の浸水想定又は事業所シミュレーション)している南海トラフ地震発生時の津波の最大浸水深をご回答ください。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>最大浸水深の分布</caption> <thead> <tr> <th>浸水深</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 cm未満</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>30 cm以上 1 m未満</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>1 m以上 2 m未満</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>2 m以上 3 m未満</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3 m以上</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> | 浸水深 | 件数 | 30 cm未満 | 8 | 30 cm以上 1 m未満 | 13 | 1 m以上 2 m未満 | 6 | 2 m以上 3 m未満 | 3 | 3 m以上 | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|----|-------------------------|----|-----------------|----|----------------|----|-------------------|----|---------------------------|----|---------------|----|------------|----|---------------|----|---------------|----|------------|----|----------|----|----------|---|
| 浸水深 | 件数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 cm未満 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 cm以上 1 m未満 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 m以上 2 m未満 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 m以上 3 m未満 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 m以上 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>②事業所において想定される津波による具体的な被害想定に該当するものをご回答ください。 (複数回答可)</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>被害想定に該当するもの</caption> <thead> <tr> <th>被害想定</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>計器類、ガス警報設備、消火設備等の破損・不具合</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>配管、弁等の変形・破損・不具合</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>動機器、静機器の破損・不具合</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>漂流物による設備の破損</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>容器置場等の倒壊・破損、危険物や高圧ガス容器の転倒</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>緊急遮断装置の破損・不具合</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>事務所等の倒壊・破損</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>貯槽等の基礎、脚部分の損傷</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>危険物や高圧ガス容器の流出</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>タンクローリーの流出</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>設備機器類の流出</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>被害は発生しない</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> | 被害想定 | 件数 | 計器類、ガス警報設備、消火設備等の破損・不具合 | 21 | 配管、弁等の変形・破損・不具合 | 20 | 動機器、静機器の破損・不具合 | 17 | 漂流物による設備の破損 | 16 | 容器置場等の倒壊・破損、危険物や高圧ガス容器の転倒 | 12 | 緊急遮断装置の破損・不具合 | 10 | 事務所等の倒壊・破損 | 10 | 貯槽等の基礎、脚部分の損傷 | 10 | 危険物や高圧ガス容器の流出 | 11 | タンクローリーの流出 | 10 | 設備機器類の流出 | 10 | 被害は発生しない | 6 |
| 被害想定 | 件数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 計器類、ガス警報設備、消火設備等の破損・不具合 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 配管、弁等の変形・破損・不具合 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 動機器、静機器の破損・不具合 | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 漂流物による設備の破損 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 容器置場等の倒壊・破損、危険物や高圧ガス容器の転倒 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 緊急遮断装置の破損・不具合 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 事務所等の倒壊・破損 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 貯槽等の基礎、脚部分の損傷 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 危険物や高圧ガス容器の流出 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| タンクローリーの流出 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 設備機器類の流出 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 被害は発生しない | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>③上記②で浸水による建屋・設備の倒壊、破損、不具合を防止するための対策を行っていますか。 (複数回答可)</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>浸水による被害防止のための対策</caption> <thead> <tr> <th>対策</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>防油堤、防液堤</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>特段の対策を行っていない</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>防潮堤(事業所全体、事業所の部分)</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>その他の内容：電気室や禁水性物質の設置高さの把握と対策、建屋の補強、機器と配管の接続補強、止水版や土嚢での対応、嵩上げによる浸水対策、電気室防水扉への変更、共用護岸道路防潮堤、シャッター閉止、防災拠点の耐震性確保、自家発電所の浸水対策</p> | 対策 | 件数 | 防油堤、防液堤 | 15 | 特段の対策を行っていない | 12 | その他 | 7 | 防潮堤(事業所全体、事業所の部分) | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 対策 | 件数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 防油堤、防液堤 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 特段の対策を行っていない | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| その他 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 防潮堤(事業所全体、事業所の部分) | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| <p>④ 上記②で危険物容器、高圧ガス容器、タンクローリー等の流出を防止するための対策を行っていますか。（複数回答可）</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1" data-bbox="478 268 1356 582"> <thead> <tr> <th>対策</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>容器の固定</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>チェーンなどによる転倒防止</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>防油堤、防液堤、敷地境界柵など</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>(タンクローリー) 高台や事業所外への退避</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>特段の対策を行っていない</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p>その他の内容：屋外貯蔵所の一部で流出防止柵設置、正門の封鎖、ローリーの荷役を停止し場内の指定場所への退避をルール化、危険物容器の流出・浮揚対応として許可数量の30%以上の量を保持するように努める</p> | 対策 | 回数 | 容器の固定 | 14 | チェーンなどによる転倒防止 | 20 | 防油堤、防液堤、敷地境界柵など | 19 | (タンクローリー) 高台や事業所外への退避 | 10 | 特段の対策を行っていない | 4 | その他 | 4 |
|--|---|----|----|-------|----|---------------|----|-----------------|----|-----------------------|----|--------------|---|-----|---|
| 対策 | 回数 | | | | | | | | | | | | | | |
| 容器の固定 | 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| チェーンなどによる転倒防止 | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| 防油堤、防液堤、敷地境界柵など | 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| (タンクローリー) 高台や事業所外への退避 | 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 特段の対策を行っていない | 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| その他 | 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>⑤ 上記②で高圧ガスや危険物の流出防止に特に配慮している事項がある場合は、その内容を記載してください。（主な回答）</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・防油堤と防液堤を、津波高さ以上にかさ上げしている ・東日本大震災を踏まえた軽油タンクへのアンカーボルト打設 ・大規模地震の際は配管からのタンク内容物漏洩防止のため、一部の危険物タンクの元弁を手動閉止する。 ・場内側溝遮断弁を設置。自動、手動でも開閉可能。 ・場内からの流出と場外からの侵入に対して門扉、侵入防止ポール設置の検討 ・屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツールを使用し、津波浸水で屋外タンク貯蔵所の浮き上がり・滑動を防止するため、安全率が常に1.0以上となるように、屋外タンク貯蔵所の貯蔵量（ミニマム在庫引上げ）を管理。 ・津波による浸水について「防潮堤が機能しないケース」を想定し、安全率1.0以上になるように、液移送を行い、安全を担保する。 ・津波被害を防止するため液面管理や避難ルールを策定 ・地震発生後のパトロールによる設備損傷の早期発見、二次災害への対策（漏えい個所のブロック、回収等） ・遊休タンクで安全率が1未満のタンクは水張りして流出を防止 ・遠隔操作による緊急遮断弁を設置し、異常時に迅速に閉止する | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>⑥ 上記②で事業所内外からの漂流物による設備の破損に特に配慮している事項がある場合は、その内容を記載してください。（主な回答）</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・水素カードルは、転倒対策としてベルトで地盤に固定 ・N2ボンベは、転倒対策としてチェーンで支柱に固定 ・一部設備については、津波浸水予測を元に基礎を嵩上げ実施 ・津波警報発令時は、正門を閉止し、漂流物を所外へ出入させない ・外周フェンスの設置（漂流物を完全に止められるわけではない） ・津波時は陸上出荷地区のタンクローリー車を構外へ避難、海上出荷地区の船舶は直ちに離棧し沖合に避難し船首（船尾）を波方向へ向けて待機 ・構内の容器等（特に高圧ガスボンベ等）は、通常からチェーンで固縛し、事業所の門扉を全て閉鎖して構外への漂流を防止 ・自衛消防車両は、構内の高台に退避させる | | | | | | | | | | | | | | |

10. 長周期地震動によるリスクについて

| <p>①大規模地震や遠方の地震では振動周期が比較的長い揺れが発生することがあり、長周期地震動はコンビナートの施設、とりわけ大規模タンクに有害な影響を及ぼす可能性が懸念されています。事業所において、長周期地震動によるリスクを把握していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>リスク把握状況</caption> <thead> <tr> <th>リスク把握状況</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>リスクを把握している</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>リスクを把握していない</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>リスクはない</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | リスク把握状況 | 件数 | リスクを把握している | 17 | リスクを把握していない | 15 | リスクはない | 1 |
|--|---|---------|----|------------|----|-------------|----|--------|---|
| リスク把握状況 | 件数 | | | | | | | | |
| リスクを把握している | 17 | | | | | | | | |
| リスクを把握していない | 15 | | | | | | | | |
| リスクはない | 1 | | | | | | | | |
| <p>②上記①でリスクを把握している場合、その内容を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・事業所のプラントやタンクは、長周期地震動による内部の液体の揺れにより、屋根等の破損や液体が漏れる可能性 ・貯蔵タンクの亀裂等による内容物の漏洩 ・揮発性危険物の大気放出、これに伴う火災や爆発 ・浮屋根（内部浮屋根）式タンク、ポンツーンの破断 ・長周期地震動の疑似速度応答スペクトルが、タンクの設計速度応答スペクトルより小さいため安全 ・スロッシングによる影響を評価し、設計上十分な裕度があることを確認済 ・長周期地震動の影響が大きいとされる 1,000kL 以上の特定タンクおよび浮き屋根式屋外貯蔵タンクは保有しておらず、保有設備はすべて比較的小規模な固定屋根式屋外貯蔵タンクで、長周期地震動による影響が軽微 ・高圧ガス貯槽は法令で求める耐震基準に適合した設計としており、定期的な点検・保守を通じて安全性を確保 | | | | | | | | |
| <p>③上記②のリスクに関して、事業所で実施している対策があれば記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・スロッシング検討結果を受けて最大液面を管理 ・低温 LPG タンクの運用最高液位を下げ対策している ・消防法に基づきスロッシング検討（許可液面の検討）や法要求事項に沿った対策を実施 ・配管・支持構造の柔軟化・補強 ・緊急遮断システムの自動化 ・浮屋根式（FRT）タンクはポンツーン式を現行法に則して補強し、内部浮屋根式（CFRT）タンクはアルミ製簡易フロート型に変更する工事を実施 ・排水処理に使用するシクナーについては、長周期地震動の影響を受け、白濁水が流出する可能性があるため、緊急貯水池（排水量の 1 時間程度受入れ可能）を設置して、工場外への流出を防御する。 ・防災訓練・BCP（事業継続計画）の整備 | | | | | | | | |

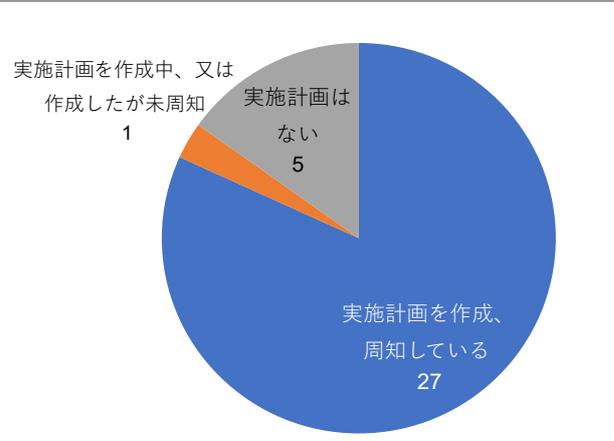
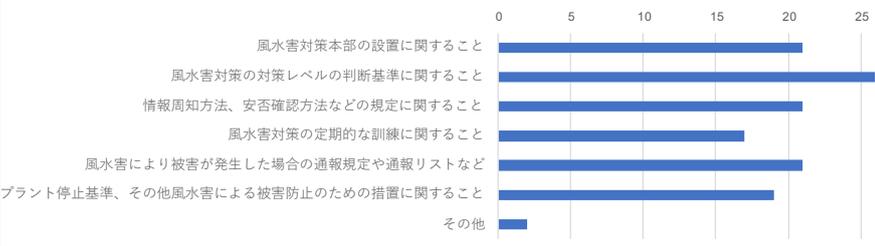
1.1. 浸水・高潮発生時のリスクの把握について

| <p>①事業所内の施設や設備に関して、浸水や高潮が発生した際の浸水被害のリスクを把握していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <p>A pie chart illustrating the distribution of responses regarding risk awareness. The largest segment, colored blue, represents 'リスクを把握している' (Risk awareness) with a count of 28. A smaller orange segment represents 'リスクを把握していない' (No risk awareness) with a count of 4. A very small grey segment represents 'リスクはない' (No risk) with a count of 1.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Count</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>リスクを把握している</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>リスクを把握していない</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>リスクはない</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | Category | Count | リスクを把握している | 28 | リスクを把握していない | 4 | リスクはない | 1 |
|---|--|----------|-------|------------|----|-------------|---|--------|---|
| Category | Count | | | | | | | | |
| リスクを把握している | 28 | | | | | | | | |
| リスクを把握していない | 4 | | | | | | | | |
| リスクはない | 1 | | | | | | | | |
| <p>②上記①でリスクを把握している場合、その内容を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・高潮浸水による危険物タンク浮き上がり、移動 ・浸水によるラック等の転倒 ・高潮浸水の高さ（3～5m）は津波浸水想定より高く、被害が大きくなる ・建屋の電気設備や機械設備の冠水 ・ポンプ、圧送設備、保安用ガスの機能喪失 ・構造物、基礎の損傷 ・危険物、化学薬品の流出 ・変電所、電気室の浸水による停電、プラント停止 ・サーバーや通信機器が浸水し、システムの機能停止 ・エリア毎に敷地の高さを測量し、浸水域を把握している | | | | | | | | |
| <p>③上記②のリスクに関して、事業所で実施している対策があれば記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・機器類の設置時、グラウンドラインより高く（基礎を盛って）設置している。 ・危険物容器や危険物タンクの流出、浮き上がり対策として許可数量の30%以上のように努めている ・電気室内電気機器のかさ上げと侵入防止を検討 ・タンク浸水深さに応じて滑動安全率が1.0以上になる保有量を保持するほか、アンカーボルト強化、浮力対策 ・災害時備蓄品、情報機器（電話・放送）、サーバー室を高層階に移動 ・浸水センサーによる自動遮断 ・防潮堤、排水設備の整備、定期点検 ・浸水時の緊急停止手順、避難計画整備、代替電源確保 ・必要な資機材（土のう、油吸着材、排水ポンプ、止水板等）を配備 ・屋外の危険物容器やコンテナ流出防止のため相互の緊結 ・上長者がいなくても、直ちに対応できるよう雨量を基にした防災マニュアルを作成、運用 ・配管の弁やマンホールを閉鎖し、危険物の流出防止とともに、タンクや配管への水や土砂の混入を防止 ・水と接触することで反応する物品は、高所へ移動 ・屋外にある危険物を収容した容器及びコンテナは、流出防止のため屋内へ移動させる | | | | | | | | |

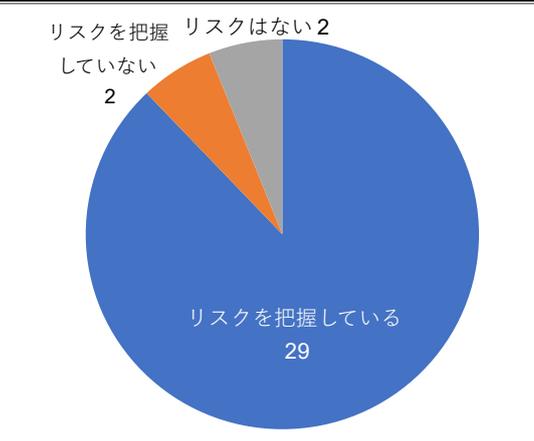
1 2. 強風時のリスクの把握について

| <p>①事業所内の施設や設備に関して、台風等による強風や竜巻が発生した際の被害のリスクを把握していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>強風時のリスク把握状況</caption> <thead> <tr> <th>リスクを把握している</th> <th>リスクを把握していない</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> | リスクを把握している | リスクを把握していない | 23 | 10 |
|---|---|------------|-------------|----|----|
| リスクを把握している | リスクを把握していない | | | | |
| 23 | 10 | | | | |
| <p>②上記①でリスクを把握している場合、その内容を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・強風による容器（コンテナやドラム）の飛散、荷崩れ ・物品、建屋スレートの飛散による配管の破損 ・屋外設備、構造物の倒壊、大規模火災（爆発）の可能性 ・配管、電気ケーブルの断裂 ・工事用防護用シートによる足場崩落 ・屋外タンク開放検査時ジャッキアップタンクの座屈 ・竜巻の被害に関しては把握できない ・平底タンクの横抜き配管が強風で損傷し、危険物流出 ・屋外クレーン設備等の停止 ・空ドラム、廃棄物、製品原資材等の飛散 ・上記の飛散に伴う設備故障などの二次災害 ・窓、シャッター、折半屋根等破損 ・設計風速を超える強風により、施設が破損 ・台風等の暴風雨による従業員、建物、設備等への被害 ・飛来物による建物、配管等の破損、危険物の流出。 | | | | |
| <p>③上記②のリスクに関して、事業所で実施している対策があれば記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・塔槽類等の耐風性能の再確認、腐食等の確認 ・タンク、配管のアンカー強化 ・平底タンクの底抜き配管を横抜き配管に改造 ・防風のためシャッター閉止、ガラス飛散防止対策 ・飛散物の保護、固定、相互緊結、防止ネット、移動等 ・衝突防止柵設置、上部機器の防風カバー ・事前にロープ等での固定や段積みから平置きに変更 ・危険物の屋内保管、防護囲い設置、漏えい防止堤 ・工事用資材の固縛、工事用足場の防護用シート撤去 ・開放検査中タンクのジャッキダウンする ・予想風速が大きい場合はプラントの停止の検討 ・屋外クレーン設備等停止の準備 ・台風接近時の情報収集、事前停止手順確認 ・竜巻警報発令時の屋内退避指示、対応訓練 ・過去の台風被害やリスクを整理し、台風襲来前にチェックシートにより、事前に対策を講じて被害防止・社内管理者を収集した会議で事前避難等を協議 | | | | |

1 3. 風水害対策の実施計画の作成状況について

| <p>①風水害への備えを事業所においてあらかじめ計画し文書化（以下、実施計画）して従業員への周知・徹底を行っていますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>実施計画の作成状況</caption> <thead> <tr> <th>状況</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>実施計画を作成、周知している</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>実施計画はない</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>実施計画を作成中、又は作成したが未周知</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | 状況 | 回数 | 実施計画を作成、周知している | 27 | 実施計画はない | 5 | 実施計画を作成中、又は作成したが未周知 | 1 | | | | | | | | |
|--|---|----|----|------------------|----|------------------------|----|--------------------------|----|--------------------|----|------------------------------|----|------------------------------------|----|-----|---|
| 状況 | 回数 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 実施計画を作成、周知している | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 実施計画はない | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 実施計画を作成中、又は作成したが未周知 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>②上記①の実施計画に盛り込まれている、又は盛り込む予定の内容をご回答ください。（複数回答可）</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>実施計画に盛り込まれる内容</caption> <thead> <tr> <th>内容</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>風水害対策本部の設置に関すること</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>風水害対策の対策レベルの判断基準に関すること</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>情報周知方法、安否確認方法などの規定に関すること</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>風水害対策の定期的な訓練に関すること</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>風水害により被害が発生した場合の通報規定や通報リストなど</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>プラント停止基準、その他風水害による被害防止のための措置に関すること</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>その他の内容：プラント復旧時の措置について</p> | 内容 | 回数 | 風水害対策本部の設置に関すること | 21 | 風水害対策の対策レベルの判断基準に関すること | 25 | 情報周知方法、安否確認方法などの規定に関すること | 21 | 風水害対策の定期的な訓練に関すること | 16 | 風水害により被害が発生した場合の通報規定や通報リストなど | 21 | プラント停止基準、その他風水害による被害防止のための措置に関すること | 19 | その他 | 1 |
| 内容 | 回数 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 風水害対策本部の設置に関すること | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 風水害対策の対策レベルの判断基準に関すること | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 情報周知方法、安否確認方法などの規定に関すること | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 風水害対策の定期的な訓練に関すること | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 風水害により被害が発生した場合の通報規定や通報リストなど | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| プラント停止基準、その他風水害による被害防止のための措置に関すること | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| その他 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |

1 4. 自然災害による停電やその他のユーティリティ喪失時のリスクの把握について

| <p>①事業所内の施設や設備に関して、自然災害による停電が発生した際、またその他のユーティリティ（保安用窒素、スチーム、冷却水、計装用空気）を喪失した際のリスクを把握していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>リスクの把握状況</caption> <thead> <tr> <th>状況</th> <th>回数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>リスクを把握している</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>リスクを把握していない</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>リスクはない</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | 状況 | 回数 | リスクを把握している | 29 | リスクを把握していない | 2 | リスクはない | 2 |
|--|---|----|----|------------|----|-------------|---|--------|---|
| 状況 | 回数 | | | | | | | | |
| リスクを把握している | 29 | | | | | | | | |
| リスクを把握していない | 2 | | | | | | | | |
| リスクはない | 2 | | | | | | | | |

| | |
|---|--|
| <p>②上記①でリスクを把握している場合、その内容を簡単に記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・プラント制御動力源の喪失 ・自家発電、買電の同時電力喪失によるブラックアウト ・高圧ガス(毒性、可燃性)の置換用の窒素の供給停止 ・高温高圧設備の暴走反応、弁不作動等による異常反応 ・停電により、生産・安全機能の停止、計装・監視機能の喪失 ・プラントはフェイルセーフによる安全停止の設計 ・化学反応はなく、爆発火災のリスクは無い ・プラント復旧し、再起動時の予期せぬトラブル ・夜間停電時は照明が消えて避難困難となる ・緊急遮断弁の動作不良による漏洩・火災 ・プラントのHAZOP手法で設備単位での影響把握 ・ユーティリティ喪失を想定したリスクアセスメント実施 ・停電、計装用空気停止、工業用水停止、冷却水停止、窒素ガス停止、台風接近、工水・冷却水・上水道の凍結。 ・通信手段喪失。復旧に必要な連絡が取れない ・DCSダウンによる制御、監視が不可となり運転継続不可 ・蒸気停止で冬期は配管内容物が凍結し配管の破損、漏洩 ・全停止後の処置が遅れると高圧ガスの配管が破裂する |
| <p>③上記②のリスクに関して、事業所で実施している対策があれば記載してください。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・制御弁の動力源喪失時、安全方向に作動する設計 ・自家発電と買電の二重化し、さらに買電は2系統を確保 ・保安用窒素についてCEを保有し停電時に備える ・緊急遮断弁は計装用空気の喪失時には閉となる ・電源確保：非常用発電機、無停電電源装置(UPS)の設置、重要設備への優先供給 ・バックアップ電源により停電後一定時間反応器の監視可 ・ユーティリティ冗長化、他プラントからバックアップ ・窒素、冷却水、計装空気の供給の二重系統化 ・地震計連動緊急停止シーケンスにより全装置緊急停止 ・停電時も非常照明灯はバックアップバッテリーで点灯 ・緊急遮断弁等は動力源喪失時も動作可能 ・自動弁操作用ポンペ、窒素ポンペ、自動遮断弁の設置等 ・構内放送やDCS監視装置の無停電電源確保 ・冷却水はストックタンクを設置し、常時一定量を確保 ・外気温低下による配管内容物の凍結対策 ・防災無線(MCA無線)の配備 ・災害時優先携帯電話、iPhone等代替の通信手段を常備。 ・ガスボンベ式の簡易発電機を保有 ・従業員3日分の非常用備蓄食料の確保 ・非常用電源車の構内走行及び接続試運転等 ・非常用発電機の定期的に健全性確認し、運転訓練も実施 ・BCP(事業継続計画):電力・ユーティリティ復旧までの操業停止・人員安全確保計画の策定 ・ユーティリティ喪失を想定した基準書の策定や教育訓練 ・製造プラントの緊急停止操作訓練 ・緊急事態対応マニュアルに基づき緊急シャットダウン ・防災訓練にて停電や断水等を想定した訓練 |

15. 東日本大震災の教訓、経験からの対策

| | |
|--|--|
| <p>東日本大震災の教訓、経験を踏まえて、事業所で自主的に実施している対策があれば、自由形式で記載願います。(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ 入場門の更新と防護柵、安全柵の二重化、電気室のかさ上げを検討中 ・ 既に地震対策マニュアル等があったが、防災対策の委員会を立ち上げて定期的に審議と進捗状況の確認を実施 ・ ワーキング等を設置し、BCP、耐震化等テーマごとに具体的対策を実行 ・ 安否確認システムの導入 ・ 昭和56年以前の建物で、計器室等で人が集まる場所近くにシェルター設置 ・ 緊急地震速報サイレンの設置 (FM地震速報と連動) ・ 地震計連動緊急停止システムの設置 (高圧ガス、危険物タンク等の緊急遮断弁と連動) ・ BCPによる操業継続、地域・行政との連携強化 ・ BCP対策として、発災後24時間以内にガソリン等のライフライン燃料の出荷を確保する減災対策工事 (ローリー出荷場の耐震工事、移動式水利システム導入) ・ BCP (事業継続計画) 訓練 ・ 海上入荷栈橋の耐震工事 (護岸、荷役栈橋本体、配管) ・ ドラム出荷設備の停電対応 (エンジンコンプレッサー、発電機、空気駆動ポンプの設置) ・ 陸上出荷制御システム停電対応 (代替サーバ) ・ 足場板の配備など資材類の追加 ・ 津波対策でポータブル発電機や非常食等を上階へ移設 ・ 非常食の備蓄数を3日から7日へ変更 ・ 共通パイプラック、事務所、計器室の耐震診断と補強 ・ 事前準備の重要性を認識し備蓄品リスト、避難路の明示 ・ 迅速な初動対応の重要性を認識し、緊急時に連絡が可能なよう、災害時優先電話、iPhone等の配備 ・ 地域連携と協力の為、自治体、協議会等訓練への参加 ・ 防災教育の強化の為、講演聴講等含む訓練の充実 ・ 電気室扉を防水扉へ変更、ケーブルピット止水対策 ・ 危険物タンクのアンカーボルト打設 ・ 球形ガスタンクの耐震補強 ・ 災害時の人的・物的被害の最小化と、安定操業の確保 ・ 従業員全員への携帯電話の貸与 ・ 緊急事象発生時の対応手順表 (リーフレット) の配布 ・ 事務所の窓ガラス飛散防止対策 ・ ロッカー及び書庫の転倒防止対策 ・ 地震により配管架台等に接触の可能性がある設備を移設 ・ 場内道路の液状化対策 (地下ピット等の浮上り防止) ・ 全停電 (ブラックアウト) が発生し、プラント停止した場合の問題の有無を確認し、個別に対策を実施。 ・ 緊急時の通信手段の強化を目的として、防災無線 (MC A無線) を導入。 ・ 防災訓練時は津波到達時間を考慮した活動限界を設定 ・ 緊急地震速報装置 (HomeSeismo) 利用での総合防災訓練 (シェイクアウト訓練、避難訓練含む) |
|--|--|

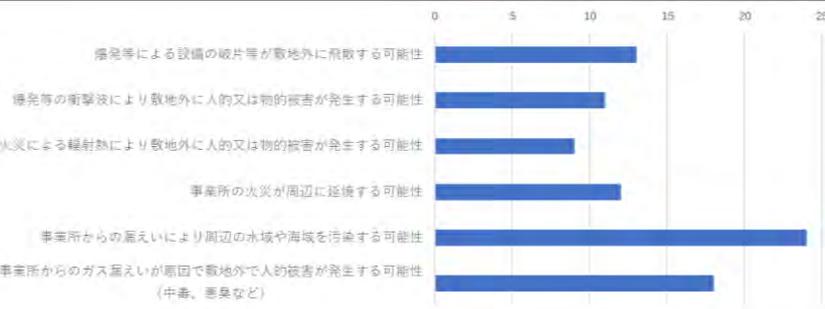
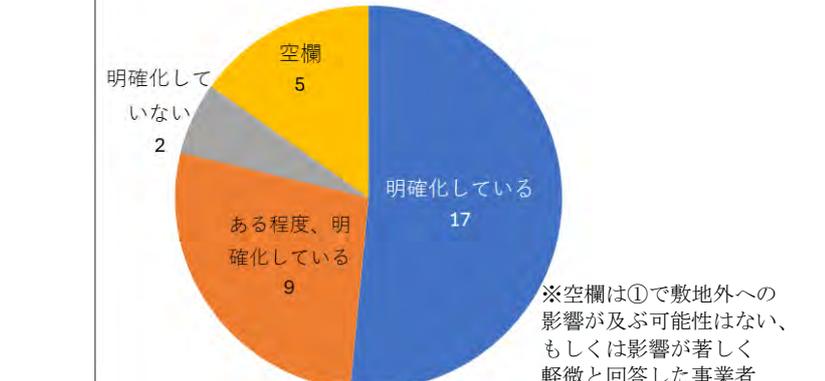
| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・複数同時災害の想定及び初期消火活動向上のため、新消防資機材の導入 ・国内他拠点（被災なし）からの発電機移送 ・防災訓練（初期消火・緊急通報・避難）や図上訓練を定期的実施し、小規模、小人数の事業所で出来る事、やるべき事を整理 ・津波避難場所の確認と、実際の避難訓練を実施 |
|--|--|

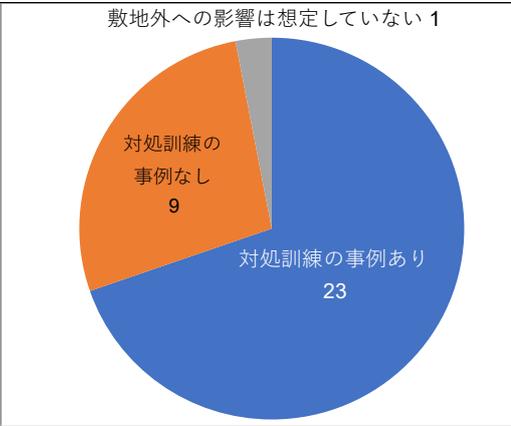
16. 能登半島地震の教訓、経験からの対策

| | |
|---|---|
| 能登半島地震の教訓、経験を踏まえて、事業所で自主的に実施している対策があれば、自由形式で記載願います。（主な回答） | <ul style="list-style-type: none"> ・タンク基礎ボルトの緩みチェック実施、タンク耐震調査 ・非常用通信としてスターリンクの導入（能登半島地震での有効活用事例を受けて） ・長期インフラ途絶・孤立に備えた自立運転・備蓄・通信の確保 ・人命優先の避難、生活支援体制の整備 ・地域連携とBCPの現実的な運用強化 ・共通ラックと事務所の耐震診断と補強工事を実施 ・事前準備の重要性を認識し、備蓄品のリスト化、避難経路の各所への明示 ・迅速な初動対応の重要性を認識し、緊急時に連絡が可能なよう、災害時優先電話、iPhone等の配備。 ・地域連携と協力の為、自治体、協議会等訓練への参加。 ・防災教育の強化の為、講演聴講等含む訓練の充実。 ・地震被害の想定が甘かったことで事前準備の対策不足があったこと、地震発生直後に被災状況の把握がスムーズでなかったことで初動対応の遅れが被害拡大につながったものと理解している。 ・事務棟、計器室の嵩上げ、避難所設置、非常電源設置、太陽光発電 |
|---|---|

17. 災害及び被害範囲の検討

| | |
|---|---|
| ①事故災害及び自然災害による被害の影響範囲が敷地外へ及ぶ可能性について、検討をしているかご回答下さい。 | 【回答】 |
| | <p>敷地外への影響が及ぶ可能性はない、もしくは影響が著しく軽微 5</p> <p>敷地外への影響について検討中 2</p> <p>敷地外への影響が及ぶ可能性がある 26</p> |

| <p>②上記①で記載した敷地外への影響について該当する内容を回答してください。(複数回答可)</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>敷地外への影響に関する回答数</caption> <thead> <tr> <th>影響の種類</th> <th>回答数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>爆発等による設備の破片等が敷地外に飛散する可能性</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>爆発等の衝撃波により敷地外に人的又は物的被害が発生する可能性</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>火災による輻射熱により敷地外に人的又は物的被害が発生する可能性</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>事業所の火災が周辺に延焼する可能性</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>事業所からの漏えいにより周辺の水域や海域を汚染する可能性</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>事業所からのガス漏えい等原因で敷地外で人的被害が発生する可能性(中毒、悪臭など)</td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table> | 影響の種類 | 回答数 | 爆発等による設備の破片等が敷地外に飛散する可能性 | 12 | 爆発等の衝撃波により敷地外に人的又は物的被害が発生する可能性 | 11 | 火災による輻射熱により敷地外に人的又は物的被害が発生する可能性 | 9 | 事業所の火災が周辺に延焼する可能性 | 12 | 事業所からの漏えいにより周辺の水域や海域を汚染する可能性 | 24 | 事業所からのガス漏えい等原因で敷地外で人的被害が発生する可能性(中毒、悪臭など) | 18 |
|--|---|-------|-----|--------------------------|----|--------------------------------|----|---------------------------------|---|-------------------|----|------------------------------|----|--|----|
| 影響の種類 | 回答数 | | | | | | | | | | | | | | |
| 爆発等による設備の破片等が敷地外に飛散する可能性 | 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 爆発等の衝撃波により敷地外に人的又は物的被害が発生する可能性 | 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 火災による輻射熱により敷地外に人的又は物的被害が発生する可能性 | 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 事業所の火災が周辺に延焼する可能性 | 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 事業所からの漏えいにより周辺の水域や海域を汚染する可能性 | 24 | | | | | | | | | | | | | | |
| 事業所からのガス漏えい等原因で敷地外で人的被害が発生する可能性(中毒、悪臭など) | 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>③上記②で記載した影響に関して、その対処方針(周辺住民に対する情報提供方針などを含む)をあらかじめ計画し、明確化しているかご回答ください。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>対処方針の明確化に関する回答分布</caption> <thead> <tr> <th>明確化状況</th> <th>回答数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>明確化している</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>ある程度、明確化している</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>空欄</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>明確化していない</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p>※空欄は①で敷地外への影響が及ぶ可能性はない、もしくは影響が著しく軽微と回答した事業者</p> | 明確化状況 | 回答数 | 明確化している | 17 | ある程度、明確化している | 9 | 空欄 | 5 | 明確化していない | 2 | | | | |
| 明確化状況 | 回答数 | | | | | | | | | | | | | | |
| 明確化している | 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| ある程度、明確化している | 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 空欄 | 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 明確化していない | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>④対処方針の内容を簡単にご記載ください。(市や県など自治体、公設の防災組織と連携して実施する内容を含む)(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ 危害予防規定に記載の通り、防災訓練でも周辺住民への連絡体制を取り入れている ・ 影響度に合わせて広報範囲を文書化している。 ・ 各部署にて漏洩訓練、通報訓練の実施。 ・ 工場全体で総合防災訓練(漏洩・火災)を実施。 ・ 対策本部運営基準に地域住民への情報提供・避難要請を規定 ・ 具体的には、消防、警察、地域の防災担当者と相談の上、地域住民へ避難を要請する。この場合、事故の状況、風向き、ガスの性質等を考慮し、最も安全な方法で避難させる。 ・ 敷地外への影響を最小化する対策は、壊れにくい・漏れない構造、防災インフラ整備(止める・遮る・消す)、情報共有(早く知らせる・連携)、地域連携(助け合う・避難を支援) ・ 公設消防ならびに四日市市危機管理課と連携する予防避難 ・ 緊急通報連絡網を作成し、連絡体制を管理(共有) ・ 災害が敷地外へ影響を及ぼす場合は、近隣企業や自治体へ速やかに連絡すると共に必要に応じて、四日市市防災行政無線地区遠隔装置により、発電所近隣の方へ広報「避難誘導」するよう弊社マニュアルに定めている。 ・ 緊急通報基準の確立(対応部署、通報連絡先の管理、通報連絡フローの明確化) ・ 海洋への漏洩対策及び処置は、土嚢構築やオイルフェンス展張(訓練等も実施) ・ ガス漏洩対処は放送設備によるコンビナート各社への屋内退避指示や、必要に応じて広報車による住民の避難誘導 ・ 付近の工場に対して、緊急時の避難、被害状況、対策の実施状況、復旧の状況等の広報活動を行う ・ 行政、自治体等関係各所の連絡先をリスト化し、緊急時連絡 | | | | | | | | | | | | | | |

| | <p>フローとして活用。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各事象に関して、緊急時対応や連絡先を整理した資料を作成 ・広報車による広報活動。 ・行政防災無線を利用し、地域住民へ周知 ・社内基準の策定やコンビナートの応援協定 ・事業所敷地外に影響を与える又はその恐れがある場合、影響の程度と必要な対応等を連絡し、近隣住民の安全確保と不安を取り除くための広報活動を行うこと、またその手順を定めている ・緊急事態発生時、緊急連絡網により連絡する手順になっている。(公設、地域住民等) ・処置不可能な場合は、従業員等退避、他社応援要請、公設消防出動要請 ・防災規定に記載し、関係会社の車両、船舶にて広報を計画 | | | | | | | | |
|--|--|----|----|-----------|----|-----------|---|-----------------|---|
| <p>⑤事故災害及び自然災害による被害の影響範囲が敷地外へ及ぶような災害を想定してその対処(周辺住民に対する情報提供方針などを含む)を検討する訓練(図上を含む)を実施していますか。</p> | <p>【回答】</p>  <table border="1"> <caption>対処訓練の実施状況</caption> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>件数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>対処訓練の事例あり</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>対処訓練の事例なし</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>敷地外への影響は想定していない</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | 項目 | 件数 | 対処訓練の事例あり | 23 | 対処訓練の事例なし | 9 | 敷地外への影響は想定していない | 1 |
| 項目 | 件数 | | | | | | | | |
| 対処訓練の事例あり | 23 | | | | | | | | |
| 対処訓練の事例なし | 9 | | | | | | | | |
| 敷地外への影響は想定していない | 1 | | | | | | | | |
| <p>⑥大規模災害の発生を抑制するために、事業所として積極的に取り組むたいと考えていることがあれば、ご記入下さい(主な回答)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・いろんなシミュレーションを想定し、どのような災害にでも臨機応変に対応できるように訓練方法を考え取り組む。 ・IoT技術を活用した設備状態の常時モニタリング。 ・新設、改造、操業条件変更時には必ず安全審査を実施。 ・地震津波、火災、など複合災害を想定した総合防災訓練。 ・訓練後の「改善点レビュー」を必ず実施。 ・現場からのリスク提案、改善報告を奨励する仕組み。 ・災害、事故の教訓を共有し、“再発防止文化”を根付かせる ・防災計画を毎年見直し、改善サイクルを確立 ・事業所内のリスクアセスメントを定期的の実施し、重大事故につながる要因の早期発見・対策を継続 ・地域の防災計画やアセスメントに基づき、関係官庁との情報共有、連携を推進 ・防災訓練や設備点検を定期的に行い、災害発生時の初動対応力を向上 ・大規模災害を想定した訓練を関係行政と定期的の実施 ・防災活動時の基本動作、公設消防との連携など、定期的な訓練およびブラインド訓練を交えて強化する。 ・定期修理時に、協力会社員が多数入構するケースにおいての地震津波を想定した避難訓練の実施。 ・コンビナート各社は導管で接続され、共有の配管ラックがあるなど密な関係にあり、コンビナート全体で対策する必要があり、各社の対策状況や今後の計画等をお互いに促進する | | | | | | | | |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・情報伝達、連絡体制の整備：安否確認システムの拡充。 ・地域防災訓練への参加等、自治体等との協力体制構築。 ・公設消防や近隣企業との合同訓練の頻度を増やし、緊急時にスムーズな連携を出来るようにする。 ・自然災害に対しては、これまで設備の耐震化や浸水対策などを計画的に実施してきました。今後もリスク評価に基づき、優先順位を明確にした上で、継続的かつ着実に対策を推進。 ・大規模な設備災害の発生を未然に防ぐため、設備保全の強化やヒューマンエラー防止対策を引き続き積極的に実施し、安全で安定した操業を維持できるよう全員で取り組む ・構内全域の液状化対策。 ・護岸道路沿い配管ラック側方流動対策。 ・防災診断などによる関係行政機関からの指導や情報提供の他、防災協加盟会社間との関係を密にし、大規模災害に関わる対策不足があれば、積極的にグッドプラクティスを推進する。 ・地震防災訓練、火災防災訓練、通報訓練、夜間休日時訓練 ・日常の設備点検、保守を徹底して、異常の早期発見に努める ・定期的な防災訓練や教育を通じて、従業員の安全意識を向上 |
|--|--|

18. 防災対策の在り方、進め方

| | |
|---|---|
| <p>防災対策の在り方、進め方等についてのご意見、三重県へのご要望がございましたら、ご記入ください</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・実効性のある計画の策定と、定期的な見直しをすること。 ・三重県には最新の防災情報の共有や支援制度の強化を期待 ・耐震補強や各種防災対策に対する補助金の拡充。 ・三重県のホームページ「防災・緊急情報」・「各種防災の取り組み」に他社防災対策紹介ページの構築。 ・防災についての情報共有、他企業の優良な取組事例の共有 ・災害対策に関しての明確な指針があれば企業としても動きやすい。例えば、ヤードラック配管の液状化対策や防災道路の液状化対策など。 ・防災アセスメントを実施する上で、進捗の情報提供や、本アンケートの実施等で情報共有がされ、望ましいかたち。 ・地域と企業が連携し、情報共有や訓練を継続的に行うこと。 ・地域住民に近接した立地条件を踏まえ、「被害を出さない」「被害を最小限に抑える」ことを最重要方針として、防災減災対策の充実に取り組んでいるが、敷地外への影響を想定した対策は、さらに検討と強化が必要。三重県の基本方針や地域防災計画との整合を図りつつ、より実効性のある対処方法や協働体制を構築したい。 ・コンビナート防災診断や今回の様な調査から、コンビナート各事業所で現場の実態や悩みに対し、「人」「設備」「手順」「保全」などの多面的分析と心配される自然災害などの時代背景を関連付けた診断により、現代のコンビナート事業所が抱える課題を整理し、コンビナート各事業所における、防災安全対策に関わる対策等の情報発信を引き続き要望する。 |
|---|---|