

第1章 調査の進め方

1.1 調査の目的等

1.1.1 調査の目的

本調査は、東日本大震災を受け、「石油コンビナートの防災アセスメント指針（平成13年、消防庁特殊災害室）」（以下、指針（平成13年）という）が改訂されたことに伴い、宮城県石油コンビナート等防災計画（以下、防災計画という）の見直し検討の基礎資料を得るため実施するものであり、県内の石油コンビナート等特別防災区域において、平常時の事故や地震時の被害等により、起こり得る災害の種類や発生危険度並びにその影響度を調査するものである。

なお、調査手法は「石油コンビナートの防災アセスメント指針（平成25年、消防庁特殊災害室）」（以下、指針という）に示された手法に基づく。

1.1.2 調査の期間

平成26年6月から平成27年3月までを調査期間とする。

1.1.3 調査の対象

宮城県にある2つの石油コンビナート等特別防災区域を対象区域とし、区域内の特定事業所が所有する危険物タンクや高圧ガスタンク等を対象施設とする。

- ① 仙台地区
- ② 塩釜地区

1.1.4 調査の項目

A. 基礎データの収集・整理

防災アセスメントを実施するために必要な次に掲げる基礎データの収集・整理を行う。

- ① 評価対象となる事業所・施設のデータ（事業所や施設の配置、施設の属性、設置されている防災設備等）
- ② 地震・津波データ（計測震度、液状化危険度、津波浸水深等）
- ③ 気象データ（風向、風速等）
- ④ その他

B. 平常時の事故を対象とした評価

平常時（通常操業時）における可燃性液体の漏洩・火災、可燃性ガスの漏洩・火災・爆発、毒性ガスの漏洩・拡散等の事故を対象とした以下の評価を行う。

- ① 災害拡大シナリオの想定

平常時（通常操業時）の事故に起因する初期事象の抽出及び発生する可能性（頻度）の検討を行う。

② 災害の発生危険度(頻度)の推定

初期事象から大規模な災害に至るシナリオの展開（イベントツリー展開）及び災害事象の発生危険度(頻度)の推定を行う。

③ 災害の影響度の推定

抽出した災害事象の中で、定量的算定が可能な災害の影響算定を行う。

④ 結果に基づく、防災計画において想定すべき災害の検討

災害の発生危険度、災害の影響算定によるリスクマトリックス作成及び防災計画において想定すべき災害の検討を行う。

C. 短周期地震動による被害を対象とした評価

既存の地震動予測結果を前提に、短周期地震動(強震動・液状化)による被害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想定

短周期地震動に起因する初期事象の抽出及び発生する可能性（確率）の検討を行う。

② 災害の発生危険度(確率)の推定

初期事象から大規模な災害に至るシナリオの展開（イベントツリー展開）及び災害事象の発生危険度(確率)の推定を行う。

③ 災害の影響度の推定

抽出した災害事象の中で、定量的算定が可能な災害の影響算定を行う。

④ 結果に基づく、防災計画において想定すべき災害の検討

災害の発生危険度、災害の影響算定によるリスクマトリックス作成及び防災計画において想定すべき災害の検討を行う。

D. 長周期地震動による被害を対象とした評価

長周期地震動による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 想定する災害シナリオ

初期事象の評価・検討、初期事象から大規模災害に至るシナリオ及び災害事象の抽出を行う。

- ・ 内容物溢流の有無、溢流量（浮き屋根式タンク）
- ・ 浮き屋根の損傷、タンク火災の発生（浮き屋根式タンク）
- ・ 内部浮き蓋付タンク、固定屋根式タンクの損傷

② 長周期地震動による災害想定

抽出した災害事象の中で、評価可能な災害の影響算定を行う。

E. 津波による被害を対象とした評価

津波による被害を対象として以下の検討を行う。

浸水による危険物タンクの被害(滑動及び浮き上がり)について、総務省消防庁の予測手法¹に基づく評

¹ 「石油コンビナートの防災アセスメント指針（平成 25 年、消防庁特殊災害室）」、参考資料 4

価を行う。また、石油コンビナート等特別防災区域が浸水した場合におけるその他の被害や影響について、定性的な評価を行う。

① 想定する災害シナリオ

初期事象の評価・検討、初期事象から大規模な災害に至るシナリオ及び災害事象の抽出を行う。

② 津波浸水区域にある事業所における浸水深等の調査

東日本大震災による浸水状況や、既存の津波浸水予測結果に基づき、事業所における浸水深等を調査する。

③ 浸水深に応じた石油タンクの浮き上がりや滑動の可能性の評価

総務省消防庁の予測手法を用い、浸水深に応じた石油タンクの浮き上がりや滑動の可能性を検討する。

④ 評価結果に基づく石油類流出の可能性、流出量の検討

石油コンビナート等特別防災区域ごとでの石油類流出の可能性、流出量を算定する。

⑤ 危険物タンクの災害想定

抽出した災害事象の中で、評価可能な災害の影響算定を行う。

⑥ 可燃性ガスタンクの災害想定

東日本大震災の津波による高圧ガス設備被害事例に基づいて、災害に至る可能性について定性的な検討を行う。

F. 大規模災害の評価

危険物タンクにおいては、防油堤から海上への流出、防油堤火災からの延焼拡大、高圧ガス(可燃性)タンクでは BLEVE による連鎖爆発等について検討を行う。

① 想定する災害シナリオ

初期事象の評価・検討、初期事象から大規模な災害に至るシナリオ及び災害事象の抽出を行う。

② 危険物タンクの災害想定

防油堤から海上への流出、防油堤火災からの延焼拡大について検討を行う。

③ 可燃性ガスタンクの災害想定

BLEVE による爆風圧や飛散物の影響、ファイヤーボール等連鎖爆発等について検討を行う。

G. 防災対策の基本的事項の検討

上記 B～F の評価結果をもとに、災害の予防対策や応急対策等の基本的事項について検討する。

1.2 調査の体制

防災アセスメントの実施に当たっては、宮城県石油コンビナート等防災本部「防災アセスメント検討専門部会」を設置し、検討を行った。検討専門部会の構成は次のとおりである。

(座長)

座間 信作 横浜国立大学 先端科学高等研究院 特任教授

(部会員)

永野 日出登 仙台市消防局 予防部危険物保安課長

池田 尚文 塩釜地区消防事務組合消防本部 予防課長

高橋 伸夫 宮城県 総務部消防課長

弘永 万人 仙台地区共同防災運営協議会 幹事長

佐藤 啓義 塩釜地区特別防災区域協議会 警防係課長代理

1.3 防災アセスメント検討専門部会の経過

検討専門部会の開催経過は次のとおりである。

回次	開催日
第1回検討専門部会	平成26年 7月30日
第2回検討専門部会	平成26年 11月12日
第3回検討専門部会	平成27年 1月22日
第4回検討専門部会	平成27年 2月18日

1.4 石油コンビナート等特別防災区域及び特定事業所

本調査の対象となる県内の石油コンビナート等特別防災区域の範囲等は以下のとおりである。

図 1.4.1 に仙台地区及び塩釜地区石油コンビナート等特別防災区域を、表 1.4.1 に各地区の特定事業所を示す。

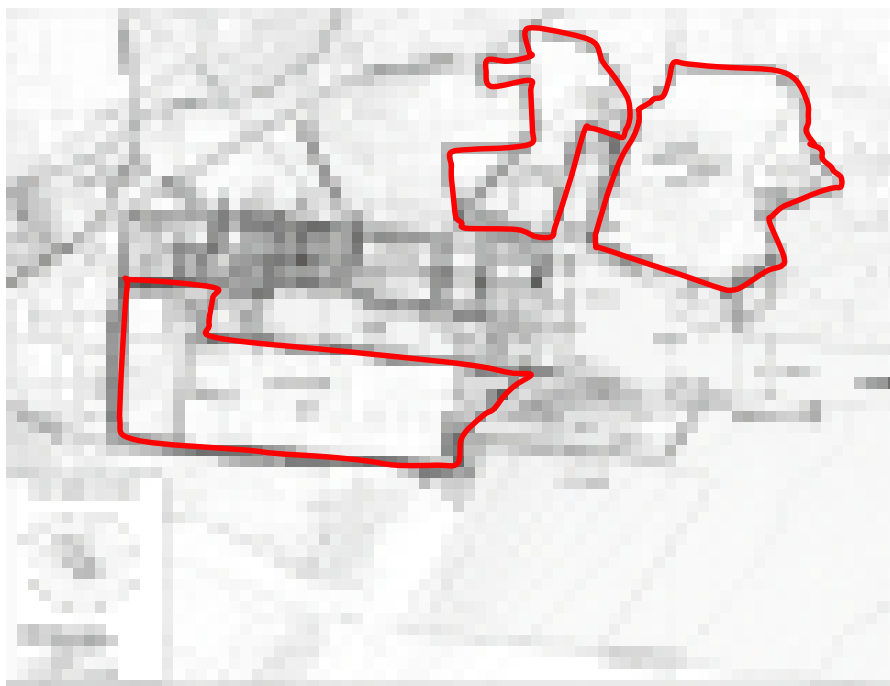


図 1.4.1 (a)仙台地区石油コンビナート等特別防災区域

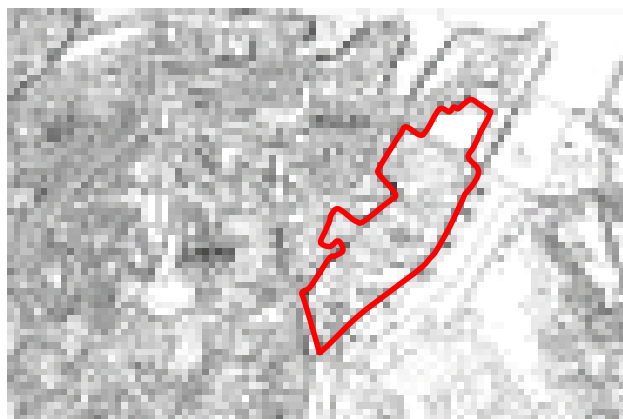


図 1.4.1 (b)塩釜地区石油コンビナート等特別防災区域

表 1.4.1 特定事業所一覧

仙台地区		
No.	事業所区分	特定事業所名
1	第1種	JX日鉱日石エネルギー(株)仙台製油所
2	第1種	全農エネルギー(株)仙台石油基地
3	第2種	東北電力(株)新仙台火力発電所
4	第2種	東邦アセチレン(株)多賀城工場
5	第2種	(株)仙台サンソセンター
6	第2種	仙台市ガス局港工場

塩釜地区		
No.	事業所区分	特定事業所名
1	第1種	EMGマーケティング合同会社塩釜油槽所
2	第1種	カメイ物流サービス(株)
3	第1種	出光興産(株)塩釜油槽所
4	第1種	昭和シェル石油(株)塩釜油槽所
5	第1種	東西オイルターミナル(株)塩釜油槽所
6	第2種	富士興産(株)塩釜油槽所

1.5 評価の手法

本調査は、原則として消防庁の指針に基づいて実施する。この指針に基づく手法の概要は以下のとおりである。

1.5.1 基本的な考え方

リスクは、好ましくない事象(例えば事故や災害)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。

$$R = \sum F_i \cdot C_i$$

R : 評価対象とする施設のリスク

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) は確率また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 として表わされ、 0 と 1 の間の無次元数 (単位を持たない数) 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わされることが多い。

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災害の物理的作用(放射熱、爆風圧など)により被害を受ける範囲の大きさ、あるいは死者数や負傷者数などの人的被害が用いられる。

石油コンビナートの防災アセスメントにおいても、このようなリスクの概念を導入して評価を行う。評価にあたっては、まず石油コンビナートに存在する非常に多くの施設の中から、評価対象とする施設を選定することになる。選定にあたって考慮すべき要因は主に次のとおりである。

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

選定した施設に対して、一般的なリスク評価手順に従って災害の発生危険度(頻度または確率)と影響度を推定し、これらをもとに個々の施設や石油コンビナート全体に関するリスクの評価を行う。

ただし、災害の発生危険度と影響度の積としてのリスク表現を用いるのではなく、これらの両面から危険性を総合評価することにより想定すべき災害を抽出し、リスクの低減に必要な防災対策の検討を行うものとする。図 1.5.1 に防災アセスメントの基本概念を示す。

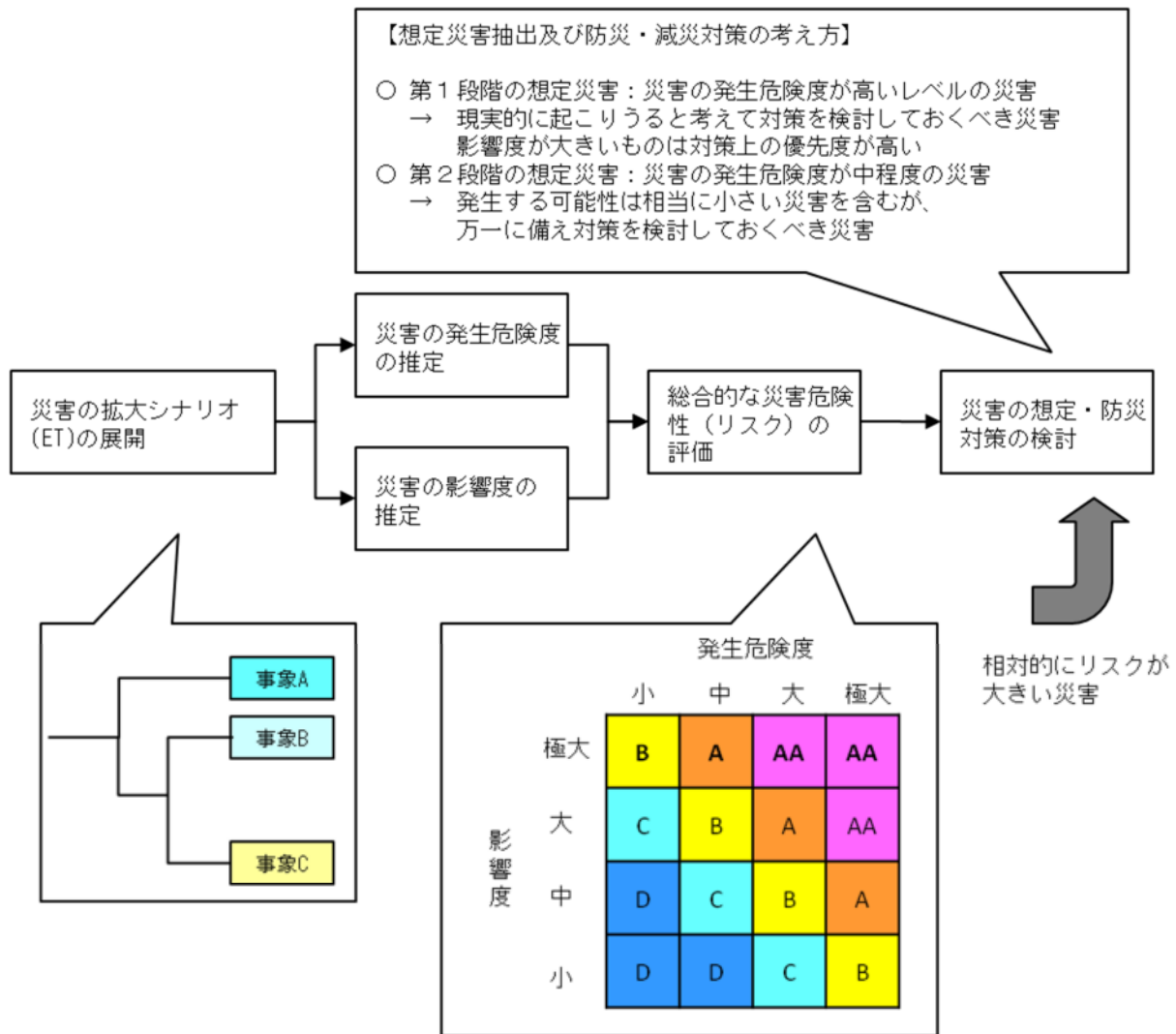


図 1.5.1 防災アセスメントにおけるリスク評価の基本概念

1.5.2 災害の発生危険度の推定

災害の発生危険度(頻度・確率)の推定には、主にイベントツリー解析(ETA)とフォールトツリー解析(FTA)を適用する。ETA は、発端となる事象(初期事象)から出発し、これが拡大していく過程を各種防災設備や防災活動の成否、火災や爆発の発生の有無などによって枝分かれ式に展開し、解析する手法である。図 1.5.2 に示すように、初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を与えることにより、ツリーの間や末端に現れる各事象の発生頻度を求めることができる。

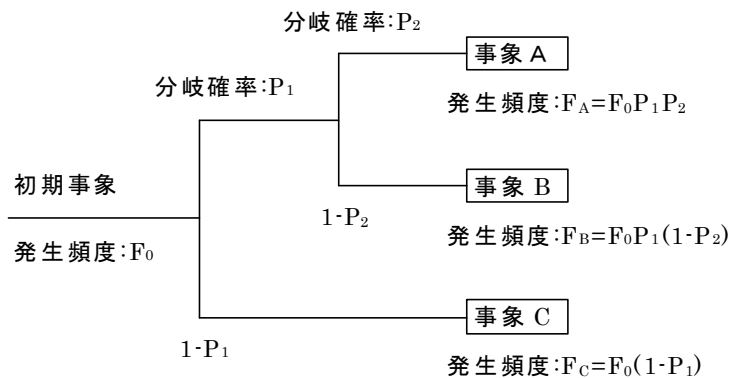


図 1.5.2 イベントツリー(ET)の概念

一方 FTA は、ある設備の故障といった事象を先頭に置き(頂上事象)、この原因となる事象を次々にトップダウン式に展開していく手法である。ある事象の原因となる下位のいくつかの事象は、AND と OR の 2 種類のゲートで結合される。図 1.5.3 に示すように、末端事象の発生確率が与えられると、これをゲートの種類に応じて足し合わせるか掛け合わせて次々と上位事象の発生確率を算出していき、最後に頂上事象の発生確率が求められる。FTA は、ETA 中の分岐確率を推定するときに適用する。

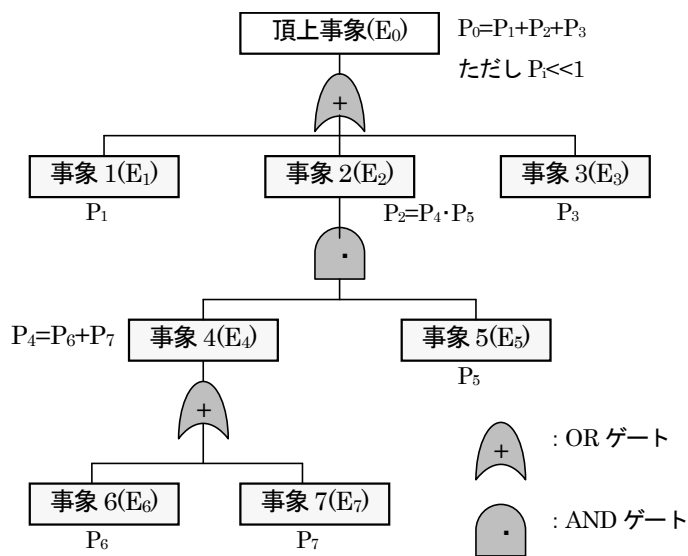


図 1.5.3 フォールトツリー(FT)の概念

災害の発生・拡大シナリオを展開するにあたって、まず対象施設において平常時や地震時に発生すると考えられる初期事象を設定する。

このようなことを考慮した主要施設の初期事象設定を表 1.5.1 に示す。

ここで、「小破」と「大破」はかならずしも明確に区分できるものではなく、災害想定を行ううえで便宜的に設定するものである。

表 1.5.1 主要施設における初期事象の設定

施設種別		初期事象
危険物タンク		○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
		○浮き屋根シール部の損傷・漏洩(浮き屋根式)
		○タンク屋根板の損傷(固定屋根式/内部浮き蓋付き)
高圧ガスタンク	可燃性ガスタンク (LPG、LNG、ガスホルダーを含む)	○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
	毒性ガスタンク	○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
毒劇物液体タンク		○配管の破壊による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
プラント	製造施設	○装置の小破による漏洩
		○装置の大破による漏洩
	発電施設	○装置の小破による漏洩
		○装置の大破による漏洩
タンカー棧橋	石油タンカー棧橋	○配管の破損による漏洩
	LPG・LNG タンカー棧橋	○配管の破損による漏洩
パイプライン	危険物配管	○配管からの漏洩
	高圧ガス導管	○導管からの漏洩

1.5.3 災害の影響度の推定

災害の影響度は、基本的に放射熱、爆風圧、拡散ガス濃度といった物理的作用が基準値(人体に対する許容限界)を超える範囲の大小により判断する。

可燃性物質や毒性物質を取り扱う施設で漏洩などの事故が発生した場合、液面火災、ガス爆発(蒸気雲爆発)、フラッシュ火災、毒性ガス拡散など種々の災害現象により周囲に影響を与える可能性がある。

石油コンビナートの主要な施設について、起こり得る主な災害現象と適用モデルの種類を一般的にまとめたものを表 1.5.2 に示す。

解析モデルは、指針「参考資料2 災害現象解析モデルの一例」で示されたものを用いる。

表 1.5.2 石油コンビナートにおける主要な施設の災害現象と適用モデルの種類

施設種類	考えられる災害の形態	主な適用モデルの種類
危険物 タンク	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出→液面火災 ○ タンク火災（液面火災） 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出（流出火災） ○ 火災面積（流出火災） ○ 放射熱（液面火災）
可燃性 ガス タンク	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出→液面火災 蒸発→蒸気雲形成→爆発 ファイヤーボール フラッシュ火災 ○ 気体流出→噴出火災 蒸気雲形成→爆発 フラッシュ火災 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出・気体流出 ○ 蒸発（過熱液体） ○ ガス拡散 ○ 爆風圧（爆発） ○ 放射熱（ファイヤーボール）
毒性 ガス タンク	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出→蒸発→拡散（毒性） ○ 気体流出→拡散（毒性） 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出・気体流出 ○ 蒸発（過熱液体） ○ ガス拡散
毒性 液体 タンク	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出→蒸発→拡散（毒性） 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出 ○ 蒸発（揮発性液体） ○ ガス拡散
プラント	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出→液面火災 蒸発→蒸気雲形成→爆発 ファイヤーボール フラッシュ火災 蒸発→拡散（毒性） ○ 気体流出→噴出火災 拡散→蒸気雲形成→爆発 フラッシュ火災 拡散（毒性） 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出・気体流出 ○ 蒸発（過熱液体） ○ 火災面積（流出火災） ○ ガス拡散 ○ 爆風圧（爆発） ○ 放射熱（液面火災） ○ 放射熱（ファイヤーボール）
タンカー 棧橋	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出→液面火災 蒸発→蒸気雲形成→爆発 フラッシュ火災 蒸発→拡散（毒性） 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出 ○ 蒸発（過熱液体） ○ 火災面積（流出火災） ○ ガス拡散 ○ 爆風圧（爆発） ○ 放射熱（液面火災）
パイプ ライン	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出→液面火災 蒸発→蒸気雲形成→爆発 フラッシュ火災 蒸発→拡散（毒性） ○ 気体流出→噴出火災 拡散→蒸気雲形成→爆発 フラッシュ火災 拡散（毒性） 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 液体流出・気体流出 ○ 蒸発（過熱液体） ○ 火災面積（流出火災） ○ ガス拡散 ○ 爆風圧（爆発） ○ 放射熱（液面火災）

1.5.4 基準値の設定

物理的作用の解析モデルは、一般に発災地点からの距離と放射熱、爆風圧、ガス拡散濃度などの作用強度との関係を表わしたものである。

作用強度に対して表 1.5.3 に示す基準値を設定し、強度がこの値を超える距離を求めて影響範囲とすることになる。

表 1.5.3 放射熱、爆風圧、ガス拡散濃度等の基準値

液面火災の放射熱	1 分間以内で人体皮膚に第2度の火傷(熱湯をかぶったときになる程度の火傷で、水ぶくれ、発赤等を伴うが、痕は残りにくい)を起こす熱量	2.3kW/m ²
爆風圧	Clancey(1972)による「安全限界」(95%の確率で大きな被害はない)とされ、家の天井が一部破損する、窓ガラスの10%が破壊されるとされる圧力	2.1kPa
可燃性ガス拡散	爆発下限界濃度(LEL)の1/2	
毒性ガス拡散	米国国立労働安全衛生研究所が提唱する限界値で、30分以内に自力で脱出しないと元の健康状態に回復しない濃度	IDLH(Immediate Dangerous to Life and Health)による 例) 塩素10ppm アンモニア300ppm
ファイヤーボール	30秒で人体の皮膚に第2度の火傷を引き起こす熱量 (JIS8024:2009熱及び火災に対する防護服—火災及び放射熱曝露時の熱伝達測定方法)	4.5kW/m ²

1.5.5 総合的な災害危険性の評価

災害の発生危険度と影響度の推定結果をもとに、リスクマトリックスにより、防災対策にあたって想定すべき災害やその優先度について検討する。

1.5.6 平常時の事故を対象とした評価

平常時の事故を対象として、災害の発生危険度と影響度の推定結果をもとに、リスクマトリックスにより、防災対策にあたって想定すべき災害やその優先度について検討する。

1.5.7 短周期地震動による被害を対象とした評価

強震時の被害を対象として、災害の発生危険度と影響度の推定結果をもとに、リスクマトリックスにより、防災対策にあたって想定すべき災害やその優先度について検討する。

1.5.8 長周期地震動による被害を対象とした評価

長周期地震動による被害として、危険物タンクのスロッシング(液面揺動)被害が挙げられる。スロッシングは、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り、浮き屋根式の危険物タンクにおいて、屋根の損傷、内容物の溢流、火災の発生などの被害が生じる可能性がある。

長周期地震動によるスロッシング被害の評価は、想定地震の予測波形から得られる速度応答スペクトルがベースとなる。これをもとに、個々の危険物タンクでのスロッシング波高を求め、その大小から災害シナリオに現れる各災害事象の可能性を検討し、災害規模に応じた影響を算定する。

1.5.9 津波による災害評価

津波浸水により、配管の損傷やタンク本体の移動や浮き上がりが生じ、緊急遮断が行われない場合には、石油類が大量に流出するおそれがある。

また、津波が想定される地震により、石油タンクで流出や火災が発生した場合には、その後の津波により陸上あるいは海上で拡大する可能性がある。

この場合、前述の短周期地震動及び長周期地震動による被害の評価の結果、大量の流出や火災が想定されるタンクに対して、津波による防油堤内への浸水が懸念されるものについてはさらなる災害拡大が想定される。

個々のタンクでの津波浸水深から災害シナリオに現れる各災害事象の可能性を検討し、災害規模に応じた影響を算定する。

1.5.10 大規模災害における災害評価

大規模災害とは、石油類が防油堤外さらには事業所外に拡大したり、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に拡大していくような事態である。

本評価は、所在する基数の多い危険物タンク及び可燃性ガスタンクについて低頻度大規模災害の影響の程度を把握するために実施する。

1.6 評価の実施手順

本調査の実施手順を図 1.6.1 に示す。

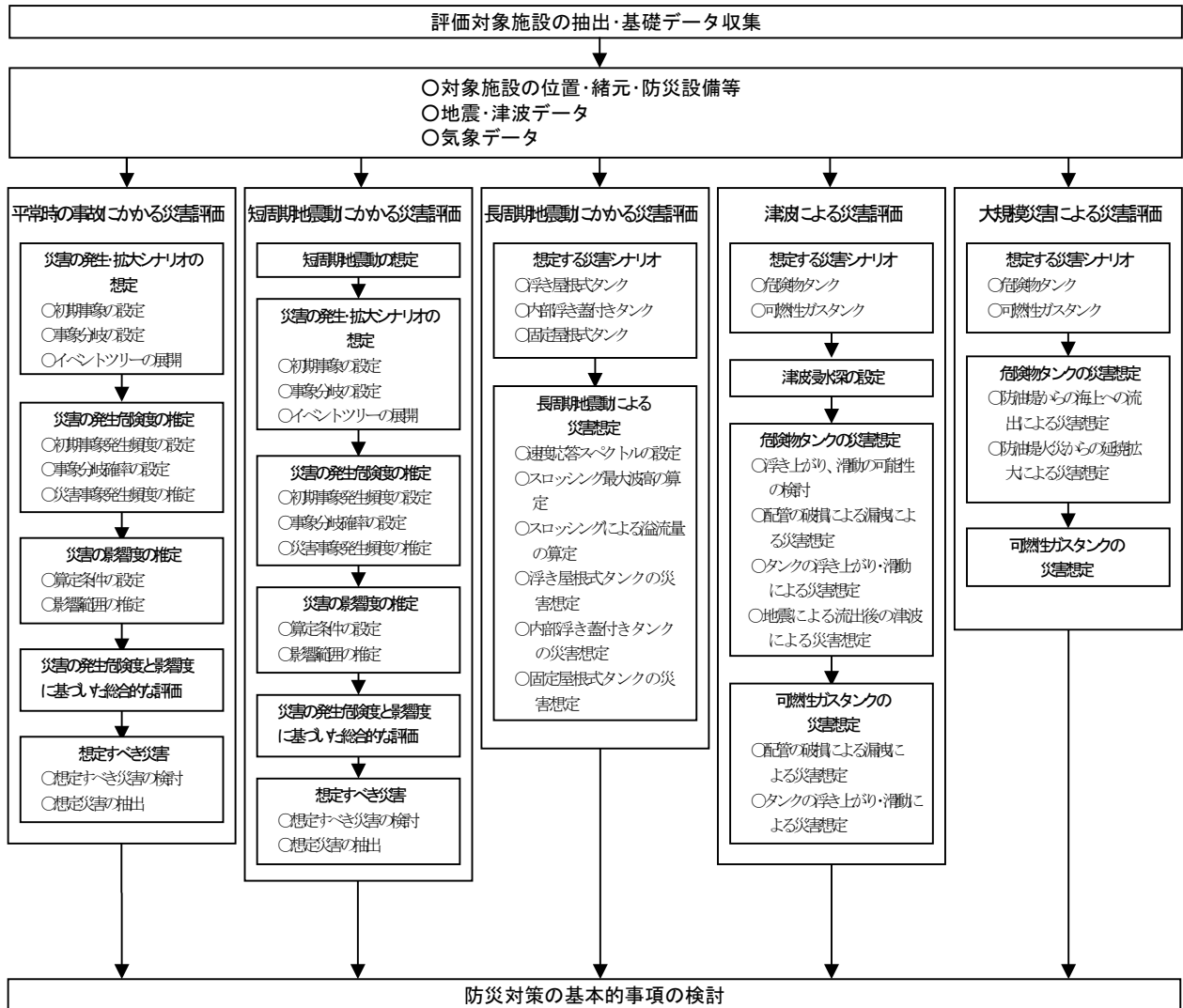


図 1.6.1 調査・検討フロー

1.7 評価対象施設

本調査においては、宮城県の各石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所に存在する以下の施設を対象とし、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に関するデータ収集を行った。

対象区域に存在する施設で、次に掲げるものを対象とする。

- ① 危険物タンク：容量 500kl 以上の屋外タンク貯蔵所
- ② 高圧ガスタンク：高圧ガス保安法に規定する保安距離が 48m 以上（KW が 10 の 6 乗以上）の LPG タンク、LNG タンク、ガスホルダー、毒性ガスタンク（表 1.7.1 に該当するもの）
- ③ 毒劇物液体タンク
- ④ プラント：生産設備（危険物製造所、高圧ガス製造施設）、発電施設
- ⑤ タンカー棧橋：石油タンカー棧橋、LPG タンカー棧橋、LNG タンカー棧橋
- ⑥ パイプライン：危険物配管及び高圧ガス導管のうち、事業所間で敷設されたもの

表 1.7.1 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、硅フッ化水素酸、臭素、発煙硝酸、発煙硫酸
その他の毒性物質		硫化水素、硫黄、ホスゲン

各コンビナート地区の対象施設数は表 1.7.2～表 1.7.6 のとおりである。

危険物タンクにおいては、仙台地区では固定屋根式及び浮き屋根式のタンクが多く、塩釜地区では固定屋根式のタンクが多くなっている。貯蔵量別では 1,000kl から 10,000kl の施設が多い。ここで、休止中の施設 6 基及び硫黄貯蔵の施設 2 基は評価対象外としている。

高圧ガスタンクにおいては、仙台地区に可燃性ガスと可燃性毒性ガスタンクが多く、塩釜地区には可燃性ガスタンクが 3 基となっている。ここで、休止中の施設 4 基は評価対象外としている。

プラントにおいては、仙台地区に製造施設が 7 施設、発電施設が 3 施設となっている。

タンカー棧橋においては、危険物を取り扱うものが多く、高圧ガスを取り扱う施設は 4 施設となる。

パイプラインにおいては、塩釜地区に危険物を取り扱う施設が多くなっている。ここで、硫黄を取り扱う施設は評価対象外としている。

表 1.7.2 危険物タンク評価対象施設数

地区名称	種別	貯蔵量			計
		500～ 1,000kl	1,000～ 10,000kl	10,000kl 以上	
仙台地区	固定屋根式	2	8	23	33
	浮き屋根式		7	24	31
	内部浮き蓋式	1	7	7	15
	計	3	22	54	79
塩釜地区	固定屋根式	33	31		64
	浮き屋根式		3		3
	内部浮き蓋式	5	9		14
	計	38	43	0	81
合計		41	65	54	160

※評価に必要な緒元が不足する評価対象物質については、性状が類似した物質で代表した。

※毒性物質のうち硝酸、硫酸、クロルスルホン酸、硅フッ化水素酸については、それらの災害の影響度を定量的に評価することが困難なため評価対象外とした。

※休止中の施設を除く。

表 1.7.3 高圧ガスタンク評価対象施設数

地区名称	種別	貯蔵量			計
		1,000t未満	1,000～ 10,000t	10,000t 以上	
仙台地区	可燃性	9	6	9	24
	可燃性毒性	3			3
	毒性				0
	計	12	6	9	27
塩釜地区	可燃性	3			3
	可燃性毒性				0
	毒性				0
	計	3	0	0	3
合計		15	6	9	30

※評価に必要な緒元が不足する評価対象物質については、性状が類似した物質で代表した。

※高圧ガス保安法（コンビナート等保安規則 別表第二）で定められている物質を可燃性ガスの評価対象とする。

※休止中の施設を除く。

表 1.7.4 プラント評価対象施設数

地区名称	種別	施設数
仙台地区	製造施設	7
	発電施設	3
	計	10
塩釜地区	製造施設	
	発電施設	
	計	0
合計		10

※評価に必要な緒元が不足する評価対象物質については、性状が類似した物質で代表した。

※高圧ガス保安法（コンビナート等保安規則 別表第二）で定められている物質を可燃性ガスの評価対象とする。

※プラントで取り扱う危険物は、第4類危険物を対象として評価を行う。

※休止中の施設を除く。

表 1.7.5 タンカー棧橋評価対象施設数

地区名称	種別	施設数
仙台地区	危険物	10
	高圧ガス	4
	計	14
塩釜地区	危険物	18
	高圧ガス	
	計	18
合計		32

※評価に必要な緒元が不足する評価対象物質については、性状が類似した物質で代表した。
 ※高圧ガス保安法（コンビナート等保安規則 別表第二）で定められている物質を可燃性ガスの評価対象とする。
 ※休止中の施設を除く。

表 1.7.6 パイプライン評価対象施設数

地区名称	種別	施設数
仙台地区	危険物配管	1
	高圧ガス導管	1
	計	2
塩釜地区	危険物配管	18
	高圧ガス導管	
	計	18
合計		20

※評価に必要な緒元が不足する評価対象物質については、性状が類似した物質で代表した。
 ※高圧ガス保安法（コンビナート等保安規則 別表第二）で定められている物質を可燃性ガスの評価対象とする。
 ※休止中の施設を除く。

第2章 平常時の事故を対象とした評価

2.1 災害の拡大シナリオの展開

石油コンビナート施設で考えられる災害の発生・拡大シナリオとして、対象施設において考えられる初期事象及び事象分岐を設定し、イベント・ツリー(ET)を展開して起こり得る災害事象を抽出する。

初期事象は原則として災害のはじまりとなるプロセス内容物(可燃性物質や毒性物質)の漏洩、および施設の損傷等して設定する。平常時の事故を対象とした主要施設の初期事象を表 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 主要施設の初期事象の設定(平常時)

施設種別		初期事象
危険物タンク	可燃性液体タンク	○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
		○浮き屋根シール部の損傷・漏洩 (浮き屋根式)
		○浮き屋根の損傷・沈降 (浮き屋根式)
	毒性危険物タンク	○タンク屋根板の損傷(固定屋根式/内部浮き蓋付き)
		○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
高圧ガスタンク	可燃性ガスタンク (LPG、LNG、ガスホルダーを含む)	○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
	毒性ガスタンク	○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
毒性液体タンク		○配管の破壊による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
プラント	製造施設	○装置の小破による漏洩
	発電施設	○装置の大破による漏洩
タンカー棧橋	石油タンカー棧橋	○装置の破損による漏洩
	LPG・LNG タンカー棧橋	○配管の破損による漏洩
パイプライン	危険物配管	○配管からの漏洩
	高圧ガス導管	○導管からの漏洩

事象の分岐は事故が発生したときの防災設備や防災活動の成否や漏洩物の着火等による。施設に設けられた防災設備は、そのすべてが事故による損失防止のために重要な役割を持つものであるが、防災アセスメントの目的を考慮して、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評価を行う。

2.1.1 危険物タンクの災害拡大シナリオ

A. 可燃性液体タンク

a) 初期事象

配管、タンク本体の小破及び大破による漏洩、タンク屋根部の損傷・漏洩を初期事象とする。ここで、「小破」と「大破」は必ずしも明確に区分できるものではなく、災害想定を行う上で便宜的に設定するものである。

○配管の小破による漏洩	IE1
○タンク本体の小破による漏洩	IE2
○配管の大破による漏洩	IE3
○タンク本体の大破による漏洩	IE4
○浮き屋根シール部の損傷・漏洩(浮き屋根式)	IE5
○タンク屋根板の損傷(固定屋根式/内部浮き蓋付き)	IE6
○浮き屋根の損傷・沈降(浮き屋根式)	IE7

浮き屋根の損傷・沈降(浮き屋根式)については平成24年に沖縄で浮き屋根の損傷・沈降による漏洩事故があった。原因は浮き屋根ポンツーン部の疲労き裂の進展によるポンツーン内への侵油から浮力が消失し、浮き屋根が沈降したことによる¹。初期事象としての浮き屋根の損傷・沈降に関しては発生頻度が極小であるとして、本調査では評価対象外とした。

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。タンク本体からの漏洩では緊急遮断やバルブ手動閉止によって漏洩を止めることができない。

○緊急遮断	B1
○バルブ手動閉止	B2
○一時的な流出拡大防止	B3
○緊急移送	B4
○仕切堤による拡大防止	B5
○防油堤による拡大防止	B6
○着火(有/無)	B7
○消火設備・消火活動	B8

¹ 沖縄ターミナル, No.207 原油タンク浮き屋根事故原因の調査結果報告について, 2013

○浮き屋根沈降(浮き屋根式タンク)	B9
○ボイルオーバー	B10

注 1)「緊急遮断」は遠隔操作による緊急遮断弁または元弁の閉止を意味する。

注 2)「一時的な流出拡大防止」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 3) タンクによっては該当設備がないものもある（緊急遮断や仕切堤等）。

c) 起こりうる災害事象

可燃性液体タンクでは想定する災害事象を流出火災及びタンク火災とした。

危険物タンク(可燃性)の配管及びタンク本体からの漏洩に関する ET を図 2.1.1 から図 2.1.4 に示す。

ET 図から危険物タンク(可燃性)で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

災害事象	様相	
小量流出火災	可燃性液体が漏洩し、タンク周辺で着火し火災となる。 緊急遮断により短時間で停止する。	DE1
中量流出火災	可燃性液体が漏洩し、タンク周辺で着火し火災となる。 緊急遮断に失敗し、流出はしばらく継続し停止する。	DE2
仕切堤内流出火災	漏洩停止の遅れ、もしくは失敗により漏洩を停止することができず、流出が仕切堤内に拡大し、仕切堤内で火災となる。	DE3
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)	DE4
防油堤外流出火災	流出油が防油堤外に流出し火災となる。	DE5

タンク屋根部分で出火した場合の ET を浮き屋根式の場合を図 2.1.5 に、固定屋根式及び内部浮き蓋付きの場合を図 2.1.6 に示す。ET 図から危険物タンクで起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

災害事象	様相	
タンク小火災	タンク屋根で火災が発生し、消火設備により短時間で消火される。	DE6
リング火災	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。 (浮き屋根式タンク)	DE7
タンク全面火災	火災がタンクのほぼ全面に拡大する。	DE8
タンク全面・防油堤火災	火災がタンクのほぼ全面に拡大し、多量の油をタンク外に押し出し、防油堤内で火災となる。	DE9

B. 毒性危険物タンク

a) 初期事象

配管、タンク本体の小破及び大破による漏洩とする。

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

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。

○緊急遮断	B1
○バルブ手動閉止	B2
○一時的な流出拡大防止	B3
○緊急移送	B4
○仕切堤による拡大防止	B5
○防油堤による拡大防止	B6
○拡散防止	B7

c) 起こりうる災害事象

危険物タンク(毒性)の配管及びタンク本体からの漏洩に関する ET を図 2.1.7 から図 2.1.10 に示す。

ET 図から危険物タンク(毒性ガス)で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

災害事象	様相	
少量流出・拡散	危険物が漏洩し、緊急遮断により短時間で停止する。 タンク周辺で毒性ガスが拡散する。	DE1
中量流出・拡散	危険物が漏洩し、緊急遮断に失敗し、流出はしばらく 継続し停止する。タンク周辺で毒性ガスが拡散する。	DE2
仕切堤内流出・拡散	漏洩停止の遅れ、もしくは失敗により漏洩を停止する ことができず、緊急移送により対処する。仕切堤内で 毒性ガスが拡散する。	DE3
防油堤内流出・拡散	危険物が仕切堤を超えて拡大し、防油堤内で毒性ガス が拡散する。(仕切堤がない場合も含む)	DE4
防油堤外流出・拡散	危険物が防油堤外に流出し、毒性ガスが拡散する。	DE5

2.1.2 高圧ガスタンクの災害拡大シナリオ

A. 可燃性ガスタンク

a) 初期事象

高圧ガスタンク(可燃性ガス)についての初期事象は配管及びタンク本体の小破及び大破による漏洩を設定する。

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

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。

○緊急遮断	B1
○バルブ手動閉止	B2
○緊急移送	B3
○防液堤による拡大防止	B4
○着火(有/無)	B5

可燃性ガスタンクにおいては、可燃性ガスが漏洩した場合、着火のタイミングによっては様々な形態をとる。さらに漏洩が止まらない場合や液化ガスが大量に漏洩した場合には、爆発または噴出火災や液面火災となって長時間継続することになる。それぞれの燃焼形態によって周囲への影響の程度は異なり、影響評価を行う時にはこのようなことも考慮する。

c) 起こりうる災害事象

高圧ガスタンクで想定する災害事象を可燃性ガスでは火災・爆発とした。

高圧ガスタンク(可燃性)の配管及びタンク本体からの漏洩に関する ET を図 2.1.11 から図 2.1.14 に示す。ET 図から高圧ガスタンク(可燃性)で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

災害事象	様相	
小量流出爆発・火災	可燃性ガスが流出し、緊急遮断により短時間で停止する。タンク周辺で着火し、爆発または火災が発生する。	DE1
中量流出爆発・火災	可燃性ガスが流出し、緊急遮断に失敗し、流出はしばらく継続し停止する。タンク周辺で着火し、爆発または火災が発生する。	DE2
大量流出(長時間)爆発・火災	流出を停止することができず、緊急移送により対処。長時間に渡って大量に流出する。タンク周辺で着火し、	DE3

	爆発または火災が発生する。	
大量流出(短時間) 爆発・火災	配管の大破により短時間で大量に流出するが、緊急遮断により短時間で停止する。タンク周辺で着火し、爆発または火災が発生する。	DE4
全量流出(長時間) 爆発・火災	長時間に渡って全量が流出する。タンク周辺で着火し、爆発または火災が発生する。	DE5
全量流出(短時間) 爆発・火災	配管及びタンク本体の大破により短時間に全量が流出し、タンク周辺で着火し、爆発または火災が発生する。	DE6

B. 毒性ガスタンク

a) 初期事象

高圧ガスタンク(毒性ガス)についての初期事象は配管及びタンク本体の小破及び大破による漏洩を設定する。

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

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。毒性ガスタンクの場合も基本的には可燃性ガスと同様である。事象分岐としては、拡散防止のための水幕設備や除害設備を考慮する必要があるが、大破漏洩の場合はほとんど機能しないものと考えられる。

○緊急遮断	B1
○バルブ手動閉止	B2
○緊急移送	B3
○防液堤による拡大防止	B4
○拡散防止・除害	B5

c) 起こりうる災害事象

毒性ガスタンクで想定する災害事象は毒性ガス拡散とした。

高圧ガスタンク(毒性)の配管及びタンク本体からの漏洩に関する ET を図 2.1.15 から図 2.1.18 から示す。ET 図から高圧ガスタンク(毒性)で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。タンク本体の大破の場合は緊急遮断失敗の経路をたどると設定した。

災害事象	様相	
少量流出・毒性拡散	毒性ガスが流出し、緊急遮断により短時間で停止する。タンク周辺で大気中に毒性ガスが拡散する。	DE1
中量流出・毒性拡散	毒性ガスが流出し、緊急遮断に失敗し、流出はしばらく継続し停止する。タンク周辺で大気中に毒性ガスが拡散する。	DE2
大量流出(長時間) ・毒性拡散	流出を停止することができず、緊急移送により対処する。長時間に渡り流出し、タンク周辺で大気中に毒性ガスが拡散する。	DE3
大量流出(短時間) ・毒性拡散	配管の大破により、短時間で大量に流出するが、緊急遮断により短時間で停止する。タンク周辺で大気中に毒性ガスが拡散する。	DE4
全量流出(長時間) ・毒性拡散	長時間に渡って全量が流出する。タンク周辺で大気中に毒性ガスが拡散する。	DE5
全量流出(短時間) ・毒性拡散	配管及びタンク本体の大破により短時間に全量が流出し、毒性ガスが拡散する。	DE6

2.1.3 毒性液体タンクの災害シナリオ

a) 初期事象

毒性液体タンクについては漏洩事象のみとする。

○配管の破壊による漏洩	IE1
○タンク本体の小破による漏洩	IE2
○タンク本体の大破による漏洩	IE3

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。

○緊急遮断	B1
○バルブ手動閉止	B2
○一時的な漏洩停止措置	B3
○緊急移送	B4
○蒸発拡散防止	B5

タンク本体から漏洩した場合には、遮断設備やバルブ手動閉止によって漏洩を止めることはできない。

c) 起こりうる災害事象

毒性液体タンクの配管またはタンク本体からの漏洩に関する ET を図 2.1.19 から図 2.1.21 に示す。ET 図から毒性液体タンクで起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

災害事象	様相	
小量流出・毒性拡散	毒性ガスが漏洩し、緊急遮断により短時間で停止する。大気中に毒性ガスが拡散する。	DE1
中量流出・毒性拡散	毒性ガスが漏洩し、緊急遮断に失敗し、流出はしばらく継続し停止する。大気中に毒性ガスが拡散する。	DE2
大量流出(長時間) ・毒性拡散	流出を停止することができず、緊急移送により対処する。長時間に渡り流出し、大気中に毒性ガスが拡散する。	DE3
全量流出(長時間) ・毒性拡散	長時間に渡って全量が流出する。大気中に毒性ガスが拡散する。	DE4
全量流出(短時間) ・毒性拡散	タンク本体の大破により短時間に全量が流出し、毒性ガスが拡散する。	DE5

2.1.4 プラントの災害シナリオ

プラントについては製造施設(危険物製造所、高圧ガス製造施設)と発電施設で評価を行う。

A. 製造施設

a) 初期事象

製造施設では装置の小破、大破による漏洩を初期事象とする。

○装置の小破による漏洩	IE1
○装置の大破による漏洩	IE2

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。危険物製造所(可燃性)、高圧ガス製造施設(可燃性ガス)の場合は着火防止、危険物製造所(毒性)、高圧ガス製造施設(毒性ガス)の場合は拡散防止・除害となる。

危険物製造所(可燃性)、高圧ガス製造施設(可燃性ガス)

○緊急停止・遮断	B1
○緊急移送(内容物処理)	B2
○着火	B3

危険物製造所(毒性)、高圧ガス製造施設(毒性ガス)

○緊急停止・遮断	B1
○緊急移送(内容物処理)	B2
○拡散防止・除害	B3

c) 起こりうる災害事象

製造施設の装置からの漏洩に関する ET を図 2.1.22 から図 2.1.29 に示す。ET 図から製造施設で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

i. 危険物製造所(可燃性)

災害事象	様相	
小量流出・火災	少量の内容物(ユニット内の一部)が流出し、プラント周辺で火災となる。	DE1
ユニット内全量流出(長時間)火災	ユニット内の内容物が長時間に渡り流出し、プラント周辺で火災となる。	DE2
長時間流出(大量)火災	流出を停止することができず、長時間に渡り複数のユニットの内容物が大量に流出し、プラント周辺で火災となる。	DE3
ユニット内全量流出(短時間)火災	ユニット内容物の全量が短時間で流出し、プラント周辺で火災となる。	DE4
大量流出・火災	装置の大破により、短時間に複数のユニットの内容物が流出し、プラント周辺で火災となる。	DE5

ii. 危険物製造所(毒性)

災害事象	様相	
少量流出・ガス拡散	少量の内容物(ユニット内の一部)が流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	DE1
ユニット内全量流出(長時間)ガス拡散	ユニット内の内容物が長時間に渡り流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	DE2
長時間流出(大量)ガス拡散	流出を停止することができず、長時間に渡り複数のユニットの内容物が大量に流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	DE3
ユニット内全量流出(短時間)ガス拡散	ユニット内容物の全量が短時間で流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	DE4
大量流出・ガス拡散	装置の大破により、短時間に複数のユニットの内容物が流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	DE5

iii. 高圧ガス製造施設(可燃性ガス)

災害事象	様相	
少量流出・爆発・火災	少量の内容物(ユニット内の一部)が流出し、プラント周辺で爆発・火災となる。	DE1
ユニット内全量流出(長時間)爆発・火災	ユニット内の内容物が長時間に渡り流出し、プラント周辺で爆発・火災となる。	DE2
長時間流出(大量)爆発・火災	流出を停止することができず、長時間に渡り複数のユニットの内容物が大量に流出し、プラント周辺で爆発・火災となる。	DE3
ユニット内全量流出(短時間)爆発・火災	ユニット内容物の全量が短時間で流出し、プラント周辺で爆発・火災となる。	DE4
大量流出・爆発・火災	装置の大破により、短時間に複数のユニットの内容物が流出し、プラント周辺で爆発・火災となる。	DE5

iv. 高圧ガス製造施設(毒性ガス)

災害事象	様相	
少量流出・ガス拡散	少量の内容物(ユニット内の一部)が流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	DE1
ユニット内全量流出(長時間)ガス拡散	ユニット内の内容物が長時間に渡り流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	DE2
長時間流出(大量)	流出を停止することができず、長時間に渡り複数のユ	DE3

ガス拡散	ニットの内容物が大量に流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	
ユニット内全量流出 (短時間)ガス拡散	ユニット内容物の全量が短時間で流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	DE4
大量流出・ガス拡散	装置の大破により、短時間に複数のユニットの内容物が流出し、毒性ガスが大気中に拡散する。	DE5

B. 発電施設

a) 初期事象

発電施設では装置の破損による可燃性液体の漏洩を初期事象とする。

○装置の小破による漏洩	IE1
○装置の大破による漏洩	IE2

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。漏洩した燃料や潤滑油に着火すると流出火災となる。

○緊急停止・遮断	B1
○緊急移送(内容物処理)	B2
○着火	B3

c) 起こりうる災害事象

発電施設の装置からの漏洩に関する ET を図 2.1.22、図 2.1.23 に示す。ET 図から発電施設で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

災害事象	様相	
少量流出・火災	少量の内容物(ユニット内の一部)が流出し、プラント周辺で火災となる。	DE1
ユニット内全量流出 (長時間)火災	ユニット内の内容物が長時間に渡り流出し、プラント周辺で火災となる。	DE2
長時間流出(大量) 火災	流出を停止することができず、長時間に渡り複数のユニットの内容物が大量に流出し、プラント周辺で火災となる。	DE3
ユニット内全量流出 (短時間)火災	ユニット内容物の全量が短時間で流出し、プラント周辺で火災となる。	DE4
大量流出・火災	装置の大破により、短時間に複数のユニットの内容物が流出し、プラント周辺で火災となる。	DE5

2.1.5 タンカー棧橋の災害シナリオ

タンカー棧橋については石油タンカー棧橋と LPG・LNG タンカー棧橋で評価を行う。

A. 石油タンカー棧橋

a) 初期事象

石油タンカー棧橋では初期事象を配管の破損による漏洩とする。

○配管の破損による漏洩	IE1
-------------	-----

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。流出した油に着火すると流出火災となる。

○緊急停止	B1
○オイルフェンス	B2
○着火	B3

c) 起こりうる災害事象

石油タンカー棧橋の配管からの漏洩に関する ET を図 2.1.30 に示す。ET 図から石油タンカー棧橋で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

災害事象	様相	
少量流出火災(オイルフェンス内)	緊急遮断により短時間で停止し、流出油はオイルフェンスにより拡散防止される。オイルフェンス内で火災となる。	DE1
少量流出火災(オイルフェンス外)	緊急遮断により短時間で停止するも、流出油はオイルフェンスによる拡散防止に失敗し、拡散後着火し火災となる。	DE2
大量流出火災(オイルフェンス内)	緊急遮断に失敗し、大量に流出するも、流出油はオイルフェンスにより拡散防止される。オイルフェンス内で火災となる。	DE3
大量流出火災(オイルフェンス外)	緊急遮断に失敗し、大量に流出した流出油はオイルフェンスによる拡散防止に失敗し、拡散後着火し火災となる。	DE4

B. LPG・LNG タンカー棧橋

a) 初期事象

LPG・LNG タンカー棧橋では初期事象を配管の破損による漏洩とする。

○配管の破損による漏洩	IE1
-------------	-----

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。

○緊急停止	B1
○着火	B2

c) 起こりうる災害事象

LPG・LNG タンカー・栈橋の配管からの漏洩に関する ET を図 2.1.31 に示す。ET 図から LPG・LNG タンカー・栈橋で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

災害事象	様相	
少量流出爆発・火災	緊急遮断により短時間で停止し、流出したガスに着火して爆発または火災となる。	DE1
大量流出爆発・火災	緊急遮断に失敗し、大量に流出し着火して爆発または火災となる。	DE2

2.1.6 パイプラインの災害シナリオ

パイプラインについては危険物配管(可燃性、毒性)と高圧ガス導管(可燃性ガス、毒性ガス)で評価を行う。

A. 危険物配管

a) 初期事象

危険物配管における初期事象を配管の破損による漏洩とする。

○配管の破損による漏洩	IE1
-------------	-----

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。危険物配管(可燃性)の場合は着火防止、危険物配管(毒性)の場合は拡散防止・除害となる。

i. 危険物配管(可燃性)

○緊急停止・遮断	B1
○バルブ手動閉止	B2
○着火	B3

ii. 危険物配管(毒性)

○緊急停止・遮断	B1
○バルブ手動閉止	B2
○拡散防止	B3

c) 起こりうる災害事象

危険物配管からの漏洩に関する ET を図 2.1.32 から図 2.1.33 に示す。ET 図から危険物配管で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

i. 危険物配管(可燃性)

災害事象	様相	
小量流出・火災	小量が流出し、着火により火災となる。	DE1
中量流出・火災	緊急遮断・停止に失敗するも、バルブ手動閉止により漏洩が停止する。着火により火災となる。	DE2
大量流出・火災	緊急遮断・停止、バルブ手動閉止に失敗し、漏洩が継続する。大量に流出した危険物に着火して火災となる。	DE3

ii. 危険物配管(毒性)

災害事象	様相	
小量流出・毒性拡散	小量が流出し、拡散防止に失敗して大気中に拡散する。	DE1
中量流出・毒性拡散	緊急遮断・停止に失敗するも、バルブ手動閉止により漏洩が停止する。拡散防止に失敗して大気中に拡散する。	DE2
大量流出・毒性拡散	緊急遮断・停止、バルブ手動閉止に失敗し、漏洩が継続する。拡散防止に失敗して大量に大気中に拡散する。	DE3

B. 高圧ガス導管

a) 初期事象

高圧ガス導管における初期事象を配管の破損による漏洩とする。

○導管の破損による漏洩	IE1
-------------	-----

b) 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。可燃性ガスの場合は着火防止、毒性ガスの場合は拡散防止・除害となる。

i. 可燃性ガス

○緊急停止・遮断	B1
○バルブ手動閉止	B2
○着火	B3

ii. 毒性ガス

○緊急停止・遮断	B1
○バルブ手動閉止	B2
○拡散防止	B3

c) 起こりうる災害事象

高圧ガス導管からの漏洩に関する ET を図 2.1.34 から図 2.1.35 に示す。ET 図から高圧ガス導管で起こりうる事象を抽出すると次のようになる。

i. 可燃性ガス

災害事象	様相	
小量流出・爆発・火災	小量が流出し、ガスが拡散し、着火により爆発・火災となる。	DE1
中量流出・爆発・火災	フレアー防止に失敗するも、バルブ手動閉止により漏洩が停止する。ガスが拡散し、着火により爆発・火災となる。	DE2
大量流出・爆発・火災	フレアー防止、バルブ手動閉止に失敗し、漏洩が継続する。大量に流出し、着火により爆発・火災となる。	DE3

ii. 毒性ガス

災害事象	様相	
小量流出・毒性拡散	小量が流出し、拡散防止に失敗して大気中に拡散する。	DE1
中量流出・毒性拡散	フレアー防止に失敗するも、バルブ手動閉止により漏洩が停止する。拡散防止に失敗して大気中に拡散する。	DE2
大量流出・毒性拡散	フレアー防止、バルブ手動閉止に失敗し、漏洩が継続する。拡散防止に失敗して大量に大気中に拡散する。	DE3

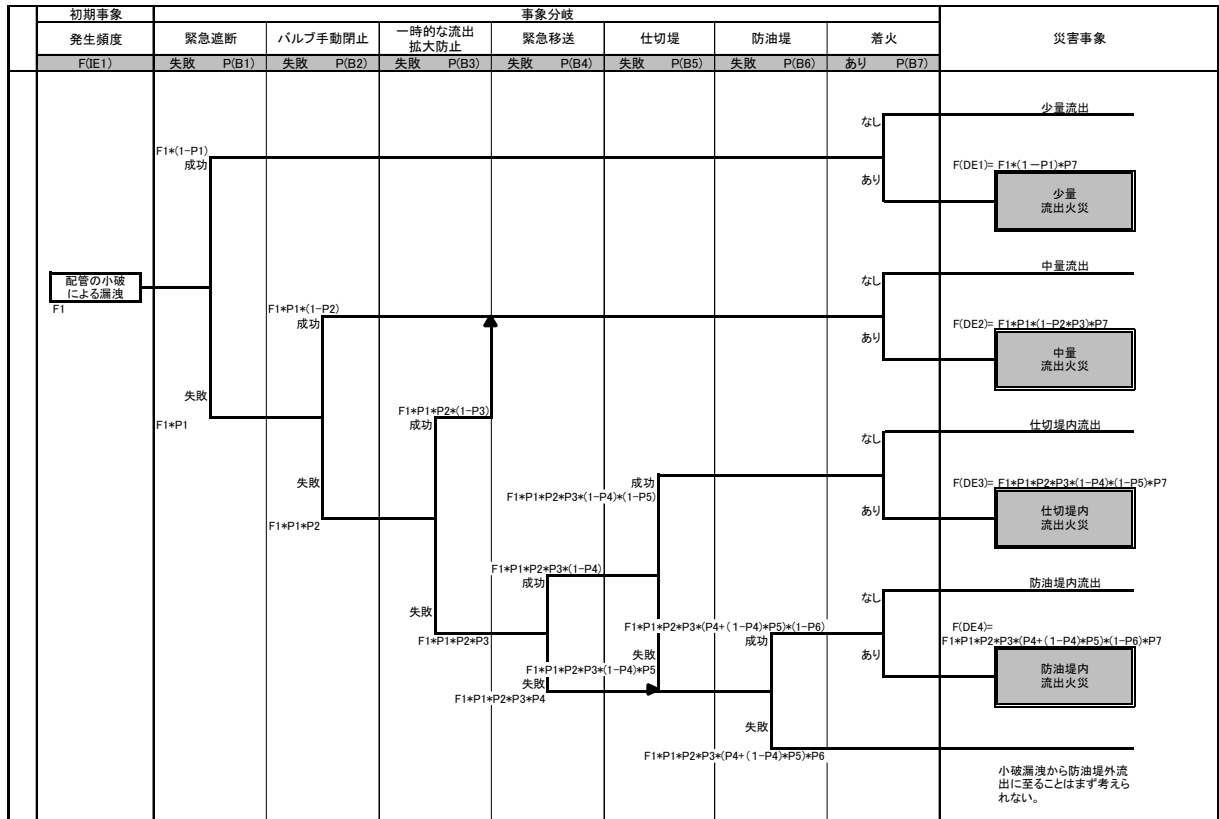


図 2.1.1 配管の小破による漏洩(平常時及び短周期地震動・危険物タンク(可燃性))

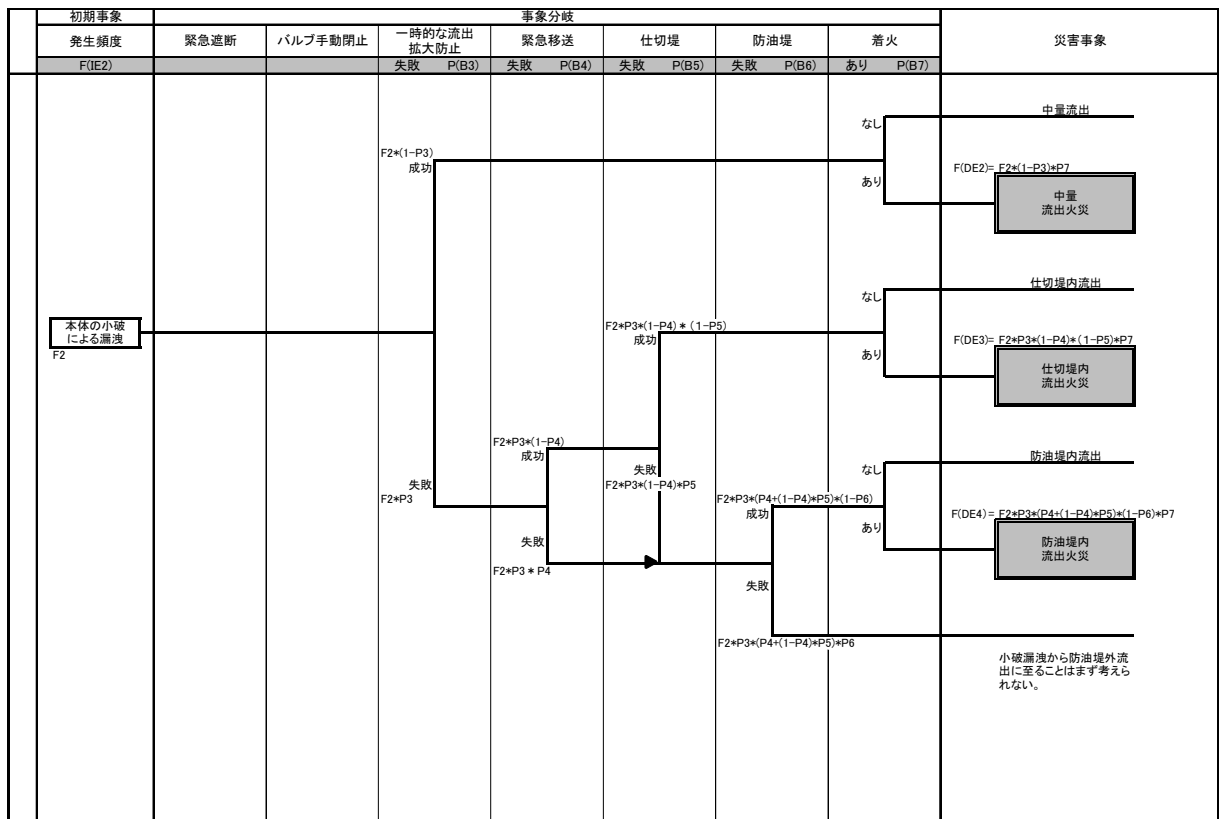


図 2.1.2 タンク本体の小破による漏洩(平常時及び短周期地震動・危険物タンク(可燃性))

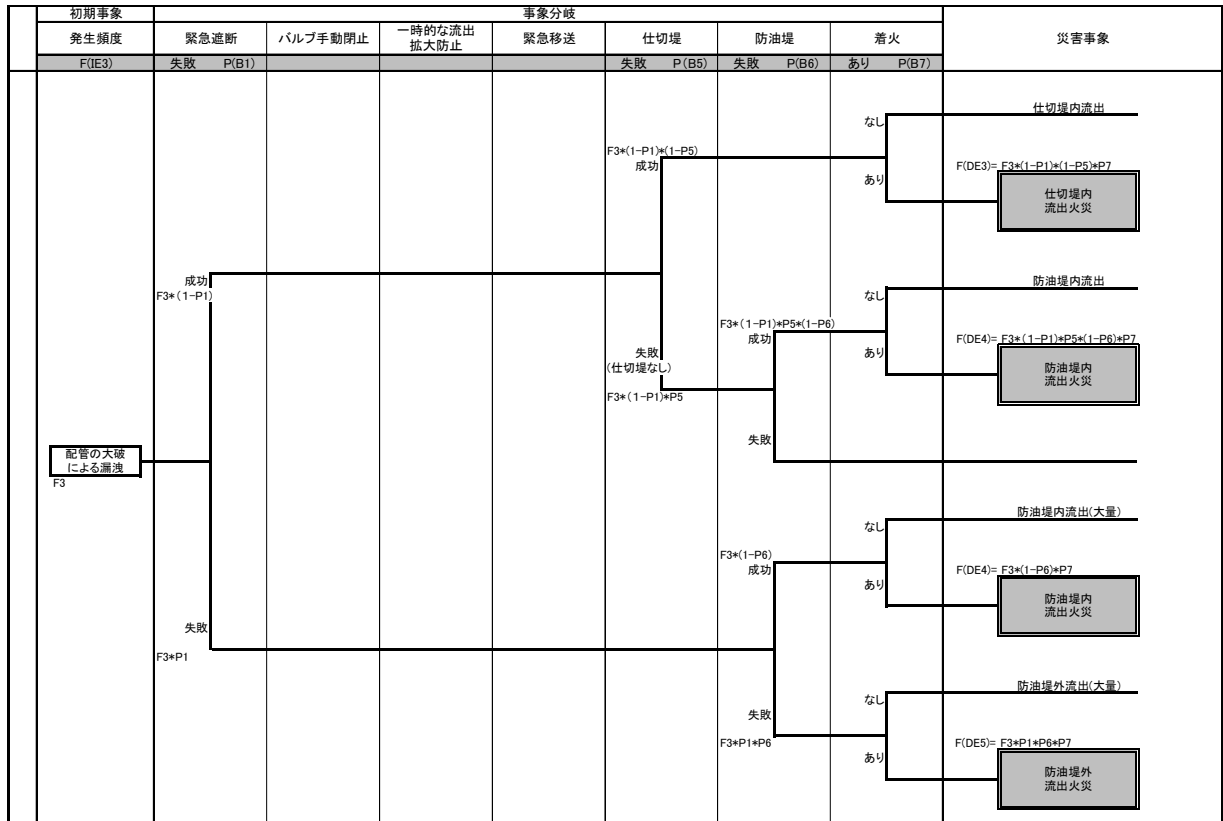


図 2.1.3 配管の大破による漏洩(平常時及び短周期地震動・危険物タンク(可燃性))

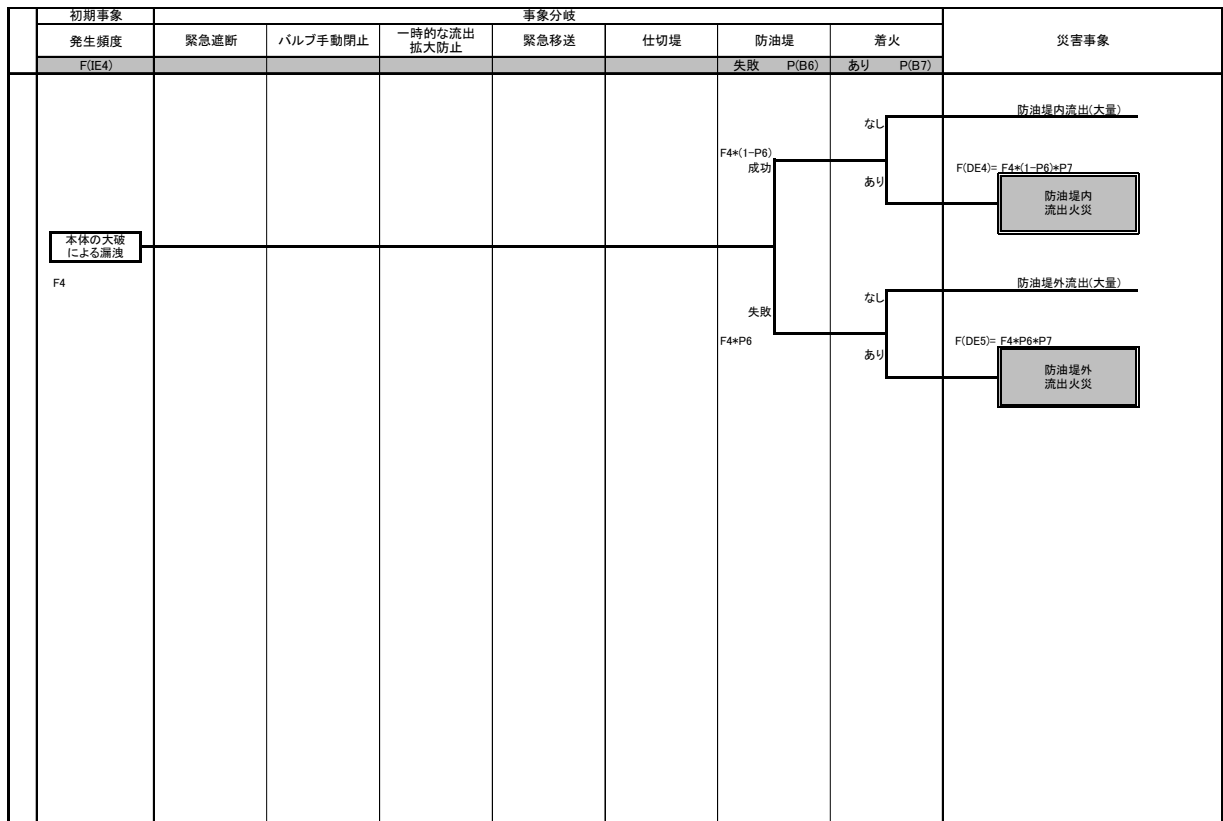


図 2.1.4 タンク本体の大破による漏洩(平常時及び短周期地震動・危険物タンク(可燃性))

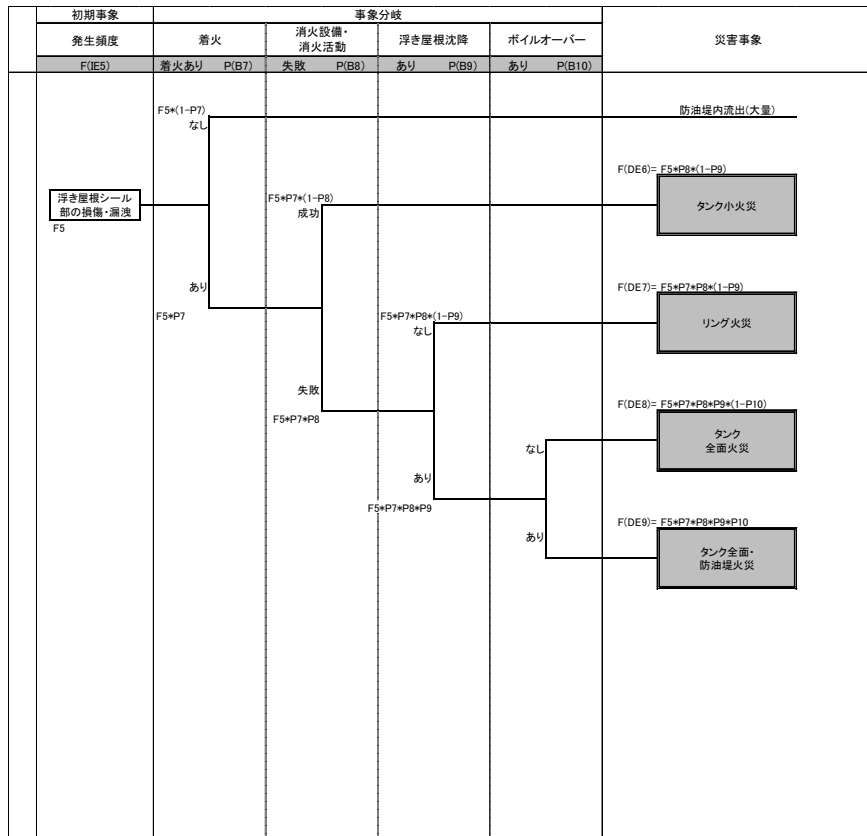


図 2.1.5 浮き屋根シール部の損傷・漏洩(平常時・浮き屋根式危険物タンク(可燃性))

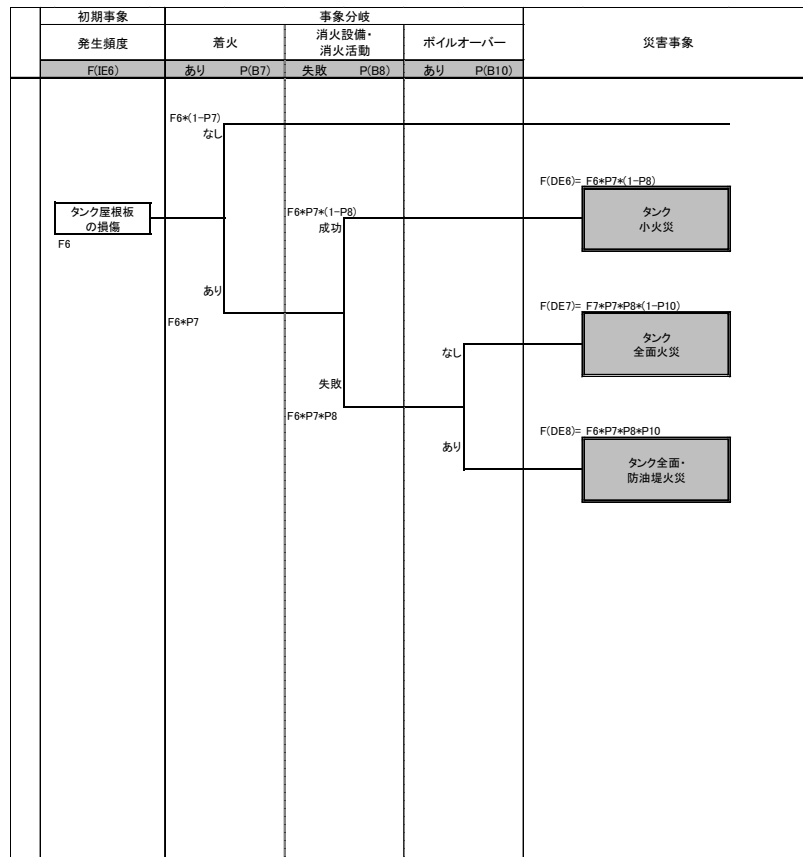


図 2.1.6 タンク屋根板の損傷(平常時・固定屋根式・内部浮き蓋付き危険物タンク(可燃性))

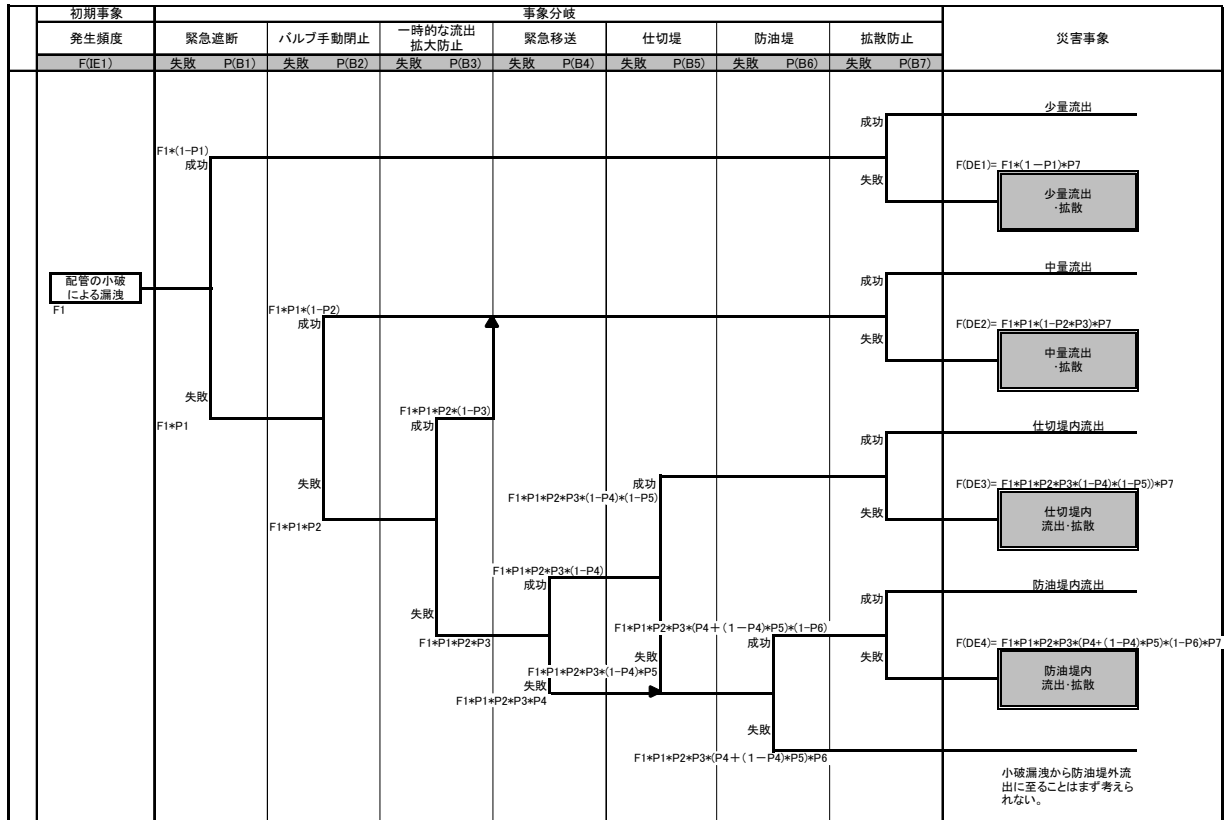


図 2.1.7 配管の小破による漏洩(平常時及び短周期地震動・危険物タンク(毒性))

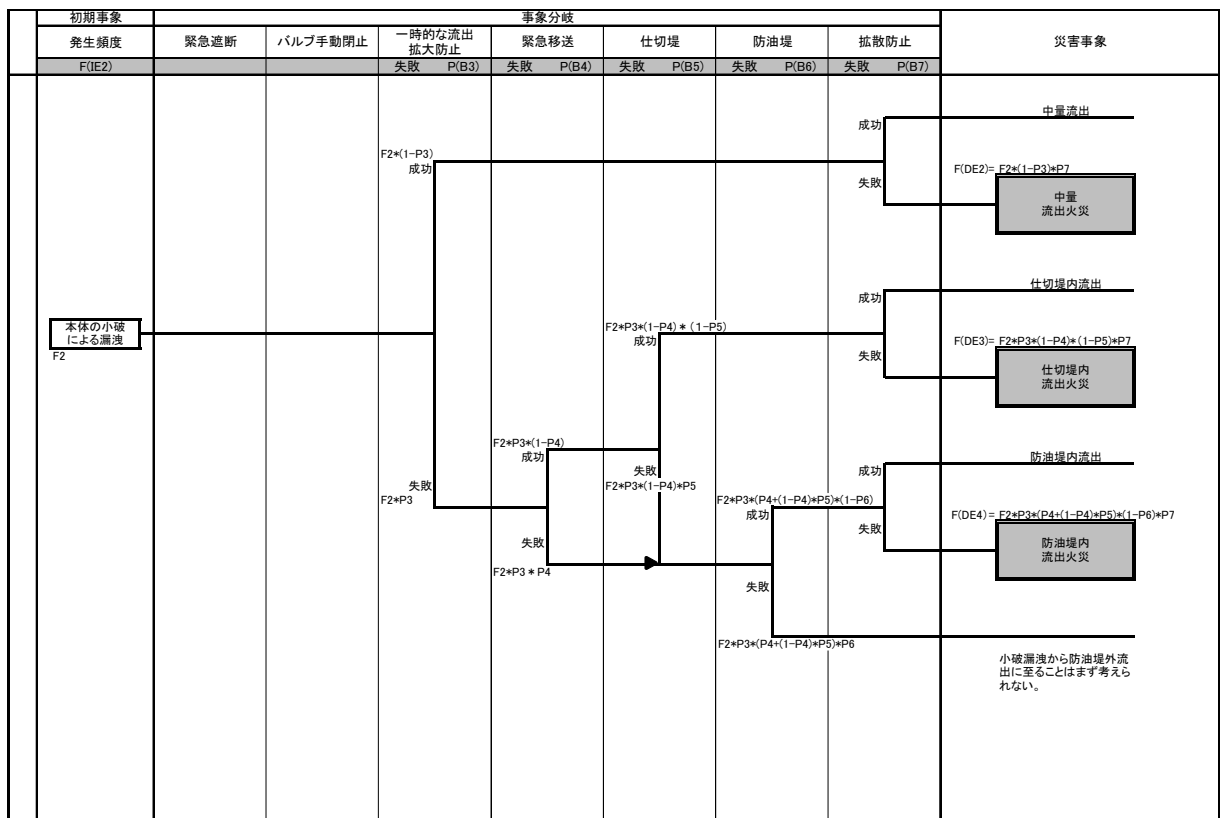


図 2.1.8 タンク本体の小破による漏洩(平常時及び短周期地震動・危険物タンク(毒性))

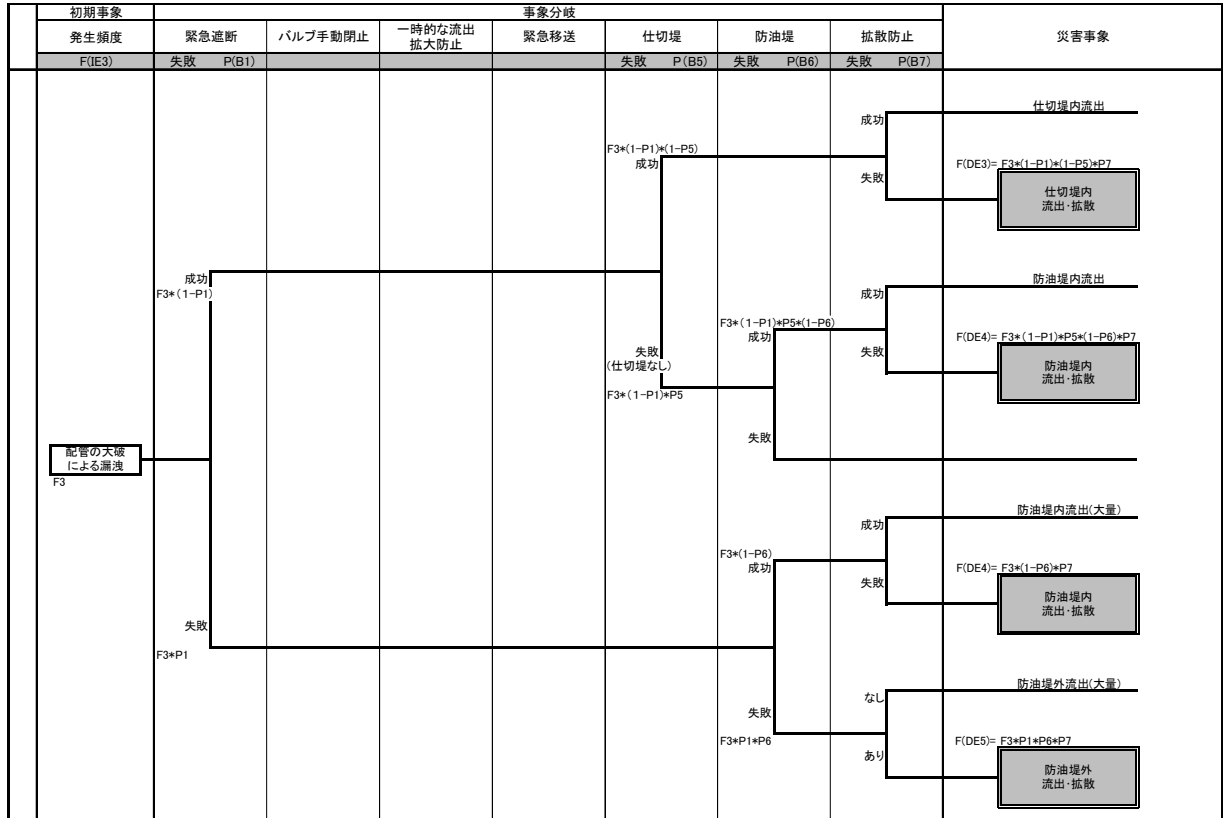


図 2.1.9 配管の大破による漏洩(平常時及び短周期地震動・危険物タンク(毒性))

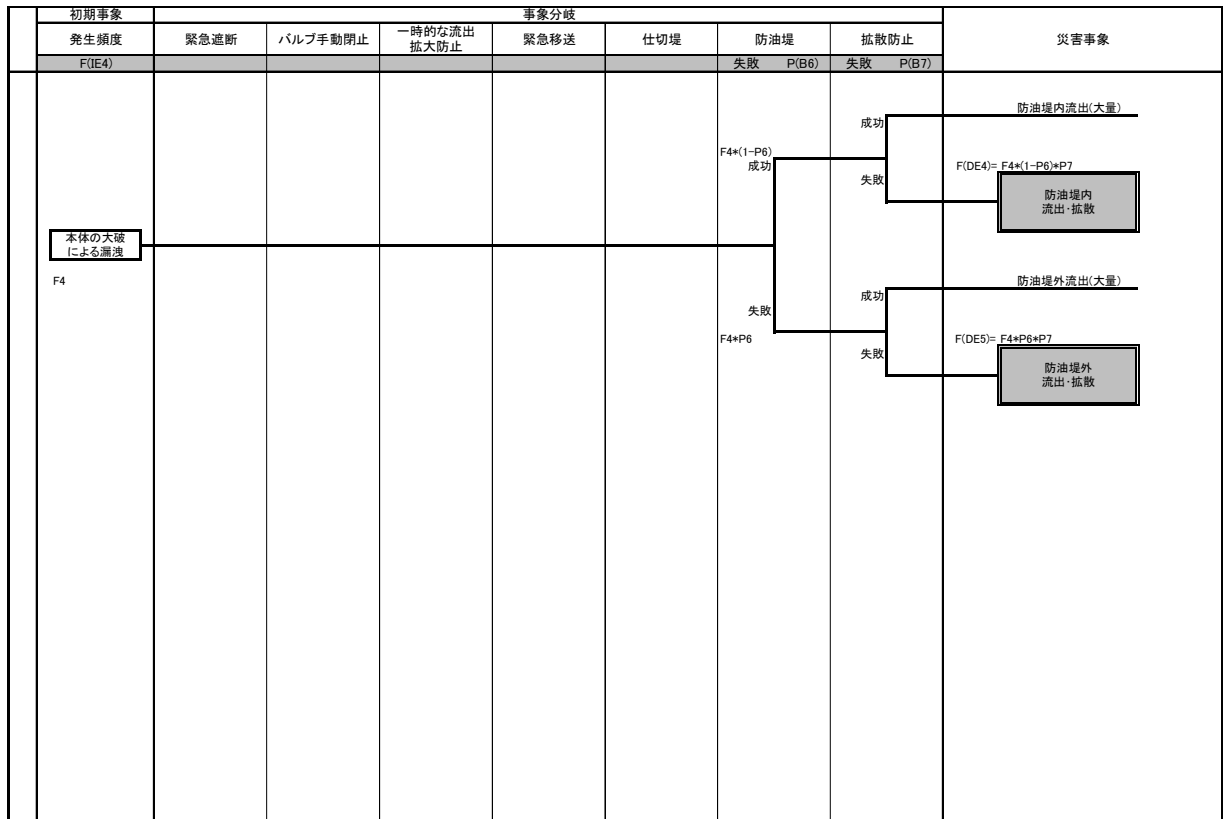


図 2.1.10 タンク本体の大破による漏洩(平常時及び短周期地震動・危険物タンク(毒性))

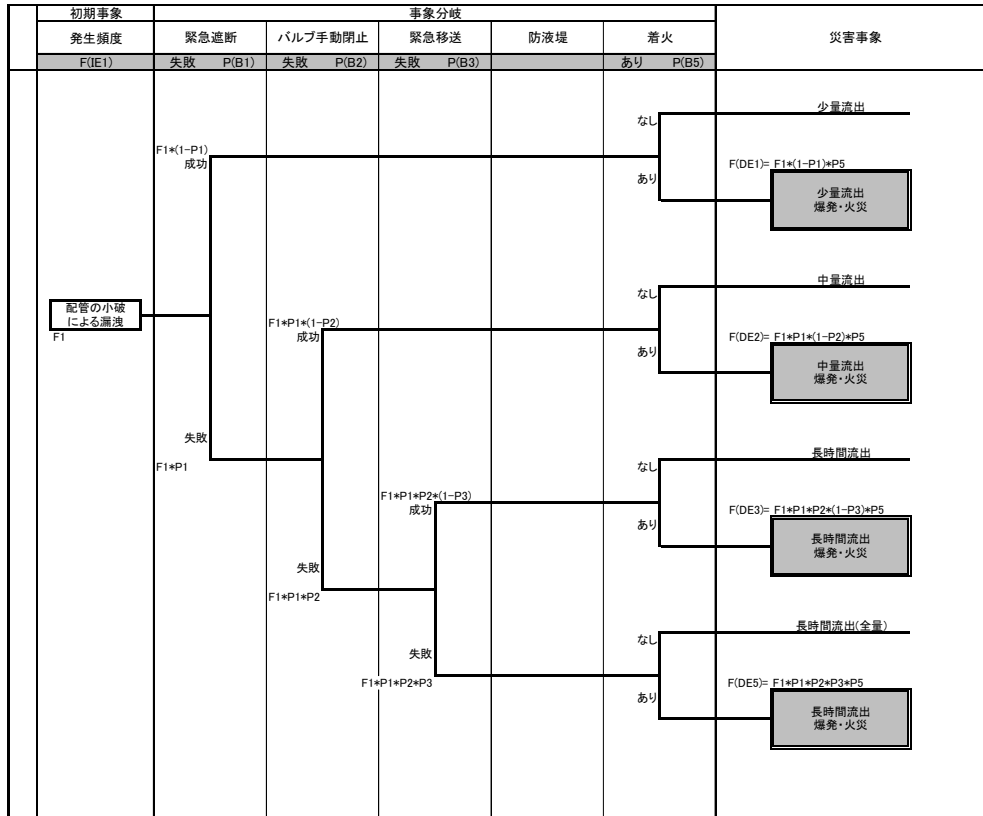


図 2.1.11 配管の小破による漏洩(平常時及び短周期地震動・可燃性ガスタンク)

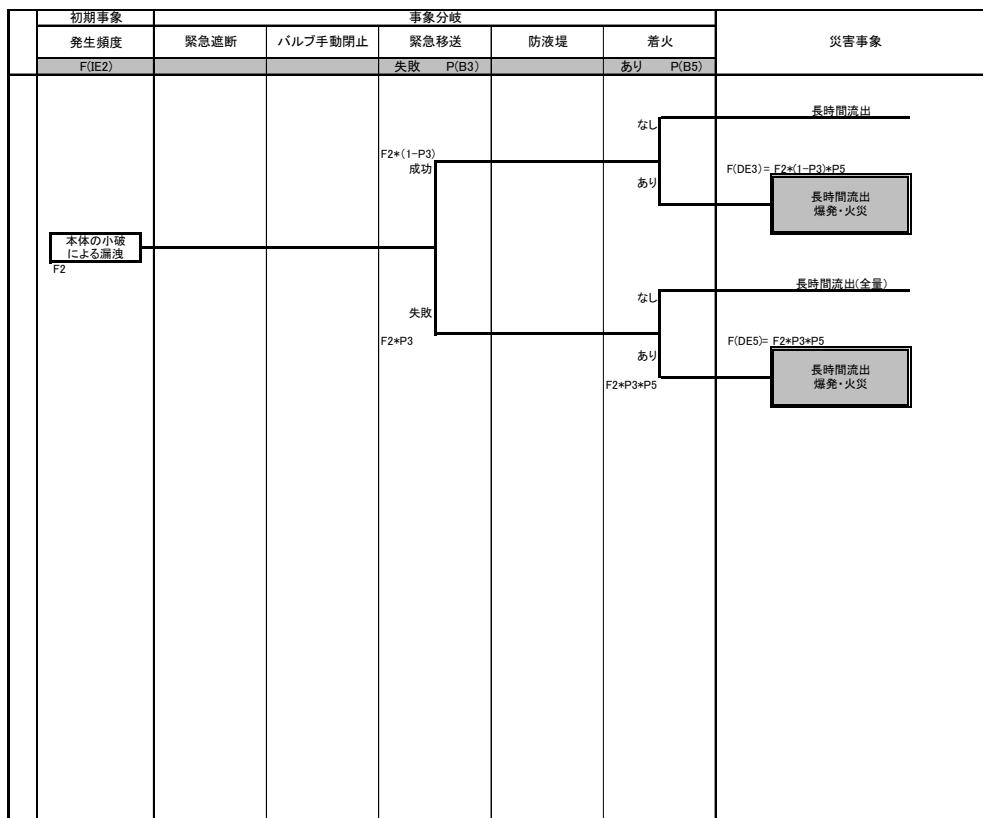


図 2.1.12 タンク本体の小破による漏洩(平常時及び短周期地震動・可燃性ガスタンク)

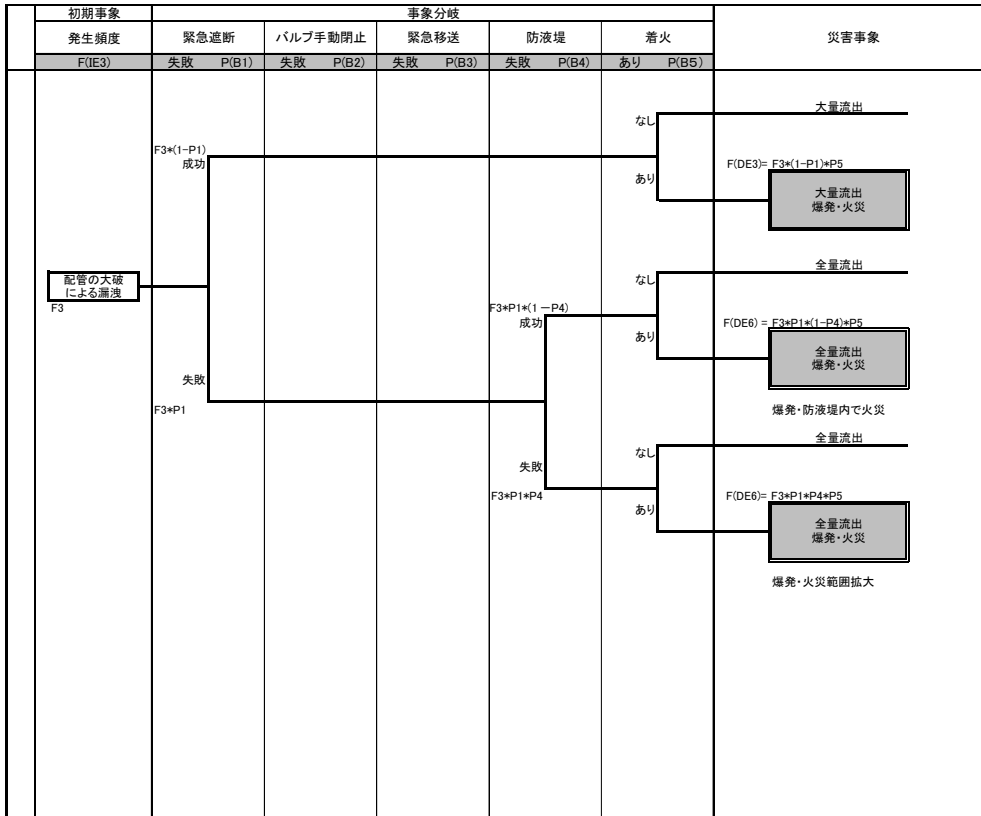


図 2.1.13 配管の大破による漏洩(平常時及び短周期地震動・可燃性ガスタンク)

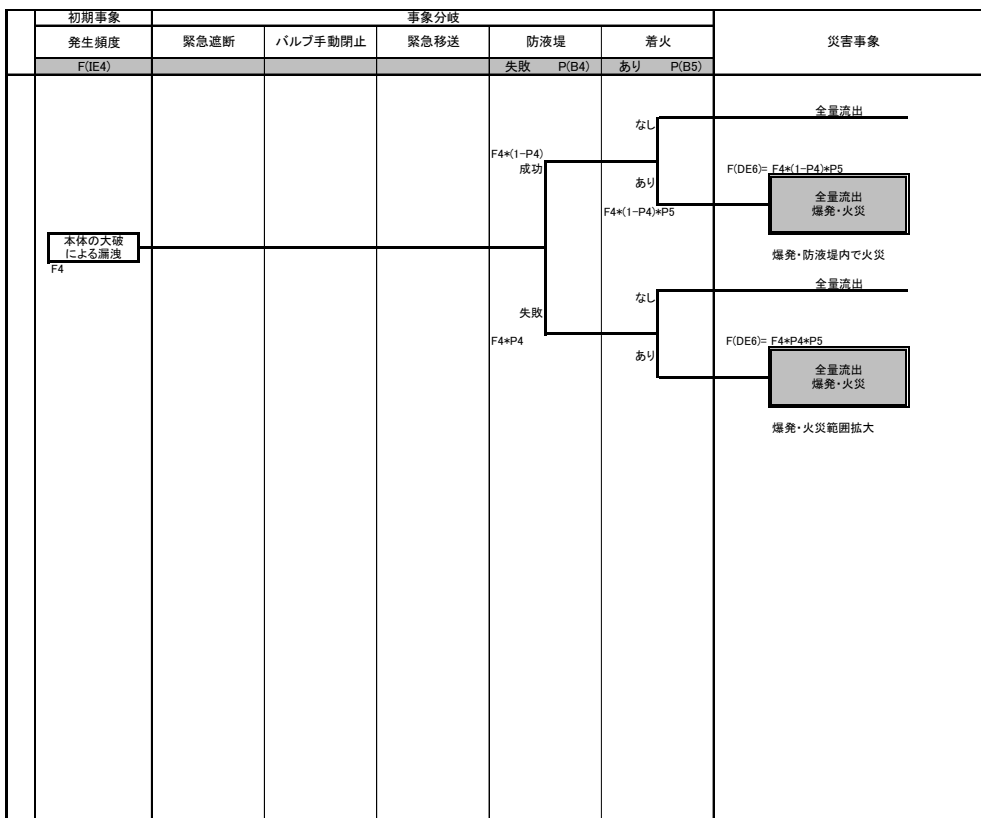


図 2.1.14 タンク本体の大破による漏洩(平常時及び短周期地震動・可燃性ガスタンク)

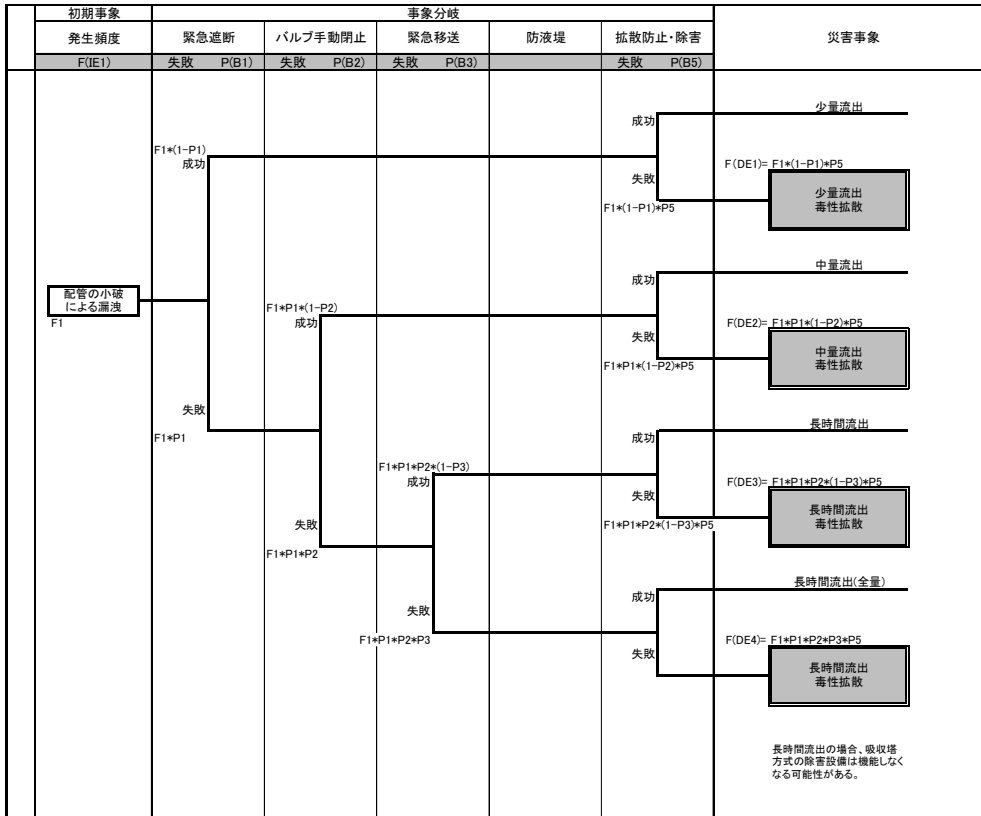


図 2.1.15 配管の小破による漏洩(平常時及び短周期地震動・毒性ガスタンク)

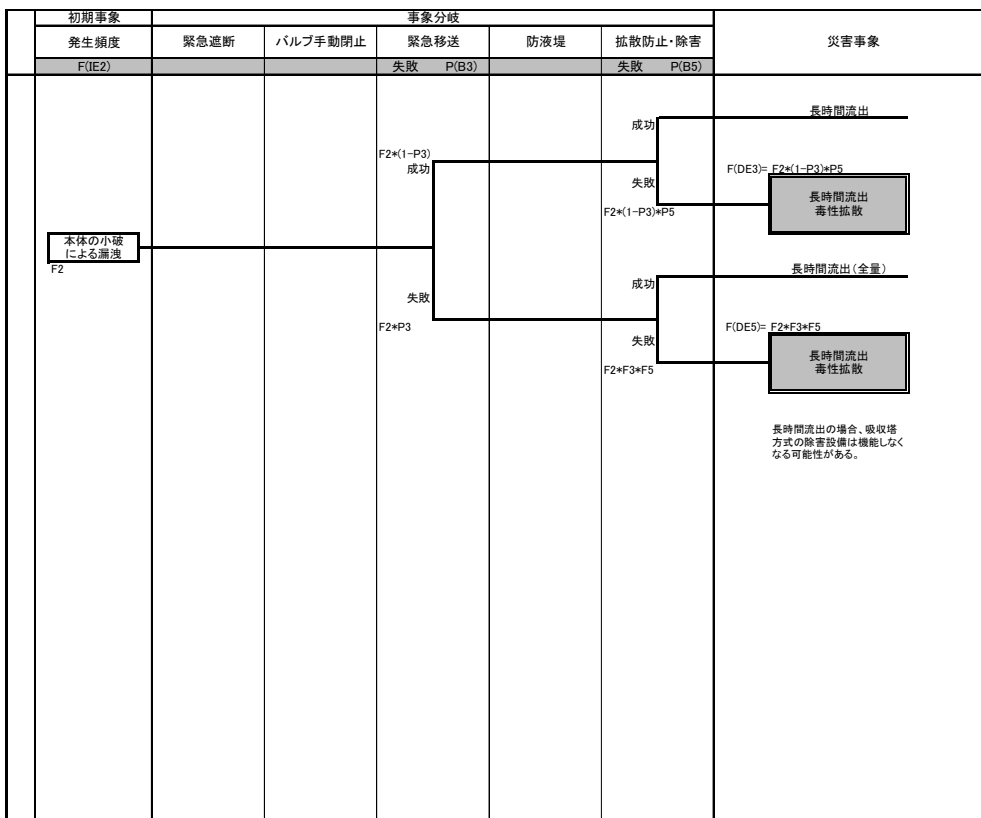


図 2.1.16 タンク本体の小破による漏洩(平常時及び短周期地震動・毒性ガスタンク)

初期事象	事象分岐					災害事象
	発生頻度	緊急遮断	バルブ手動閉止	緊急移送	防液堤	
F(E3)	失敗	P(B1)				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">配管の大破による漏洩</div> F3	F3*(1-P1) 成功					F(DE4)= F3*(1-P1) <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">大量流出 毒性拡散</div>
	失敗 F3*P1					F(DE6)= F3*P1 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">全量流出 毒性拡散</div>

図 2.1.17 配管の大破による漏洩(平常時及び短周期地震動・毒性ガスタンク)

初期事象	事象分岐					災害事象
	発生頻度	緊急遮断	バルブ手動閉止	緊急移送	防液堤	
F(E4)	失敗	P(B1)				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">本体の大破による漏洩</div> F4	失敗					F(DE6)= F4 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">全量流出 毒性拡散</div>

図 2.1.18 タンク本体の大破による漏洩(平常時及び短周期地震動・毒性ガスタンク)

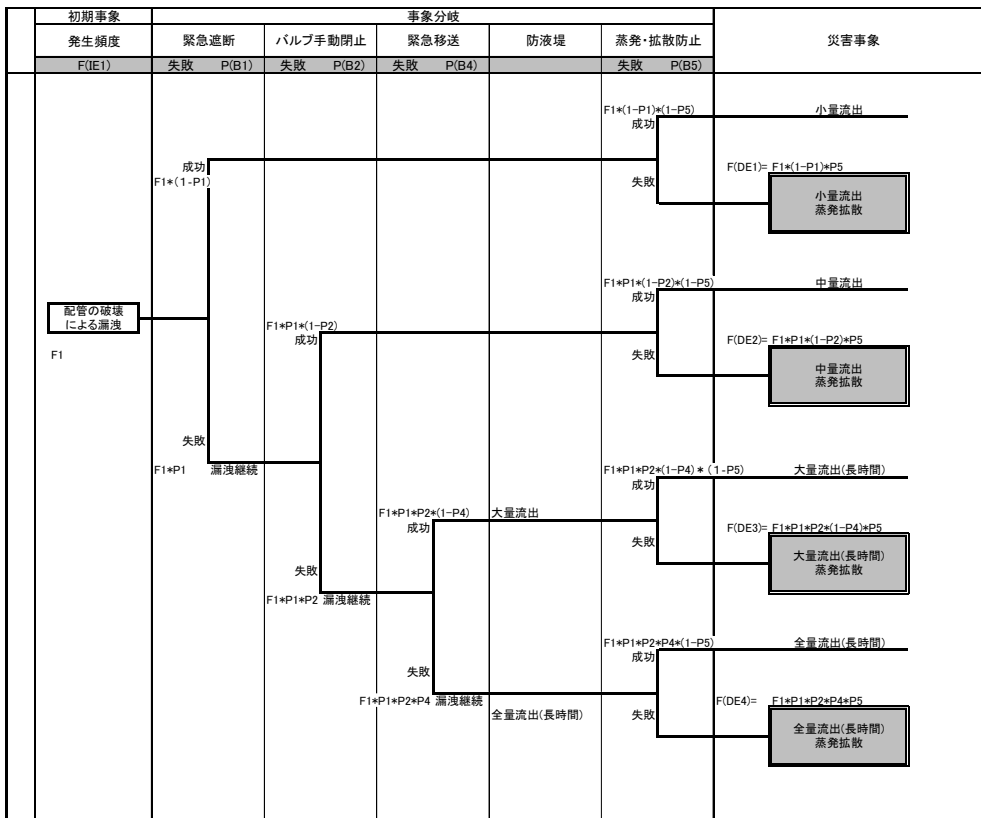


図 2.1.19 配管の破壊による漏洩(平常時及び短周期地震動・毒性液体タンク)

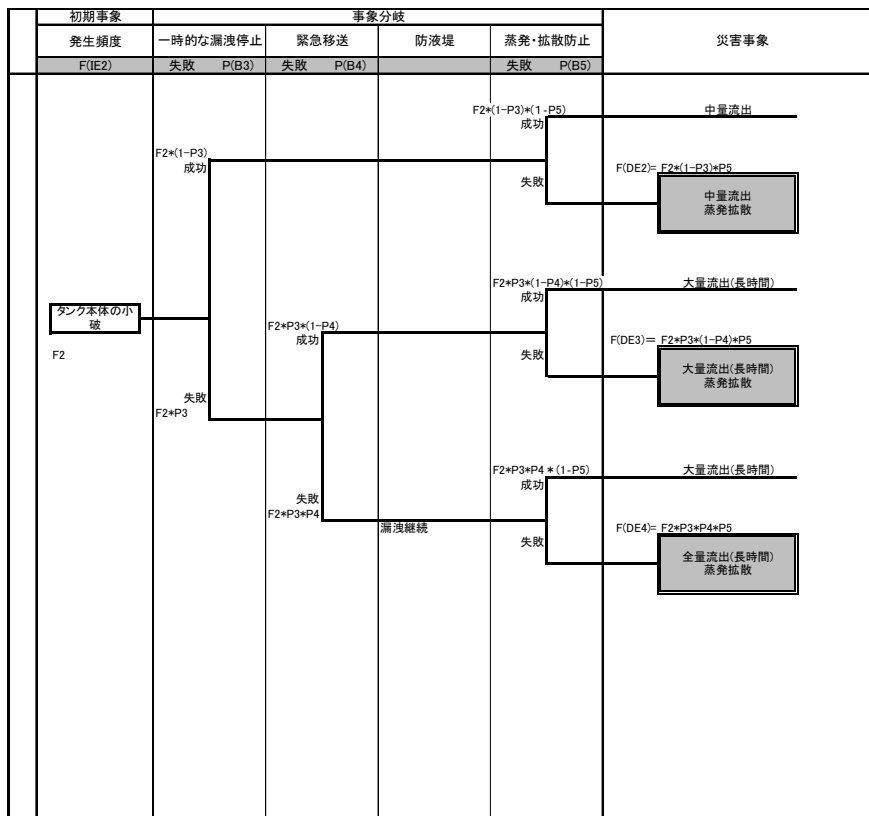


図 2.1.20 タンク本体の小破による漏洩(平常時及び短周期地震動・毒性液体タンク)

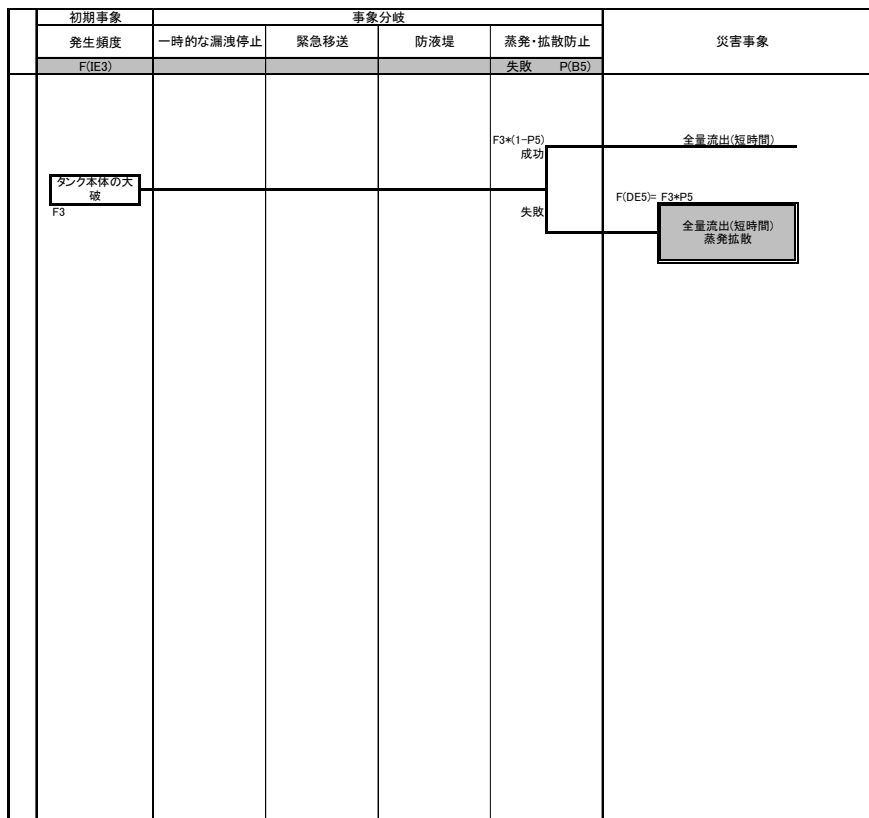


図 2.1.21 タンク本体の大破による漏洩(平常時及び短周期地震動・毒性液体タンク)

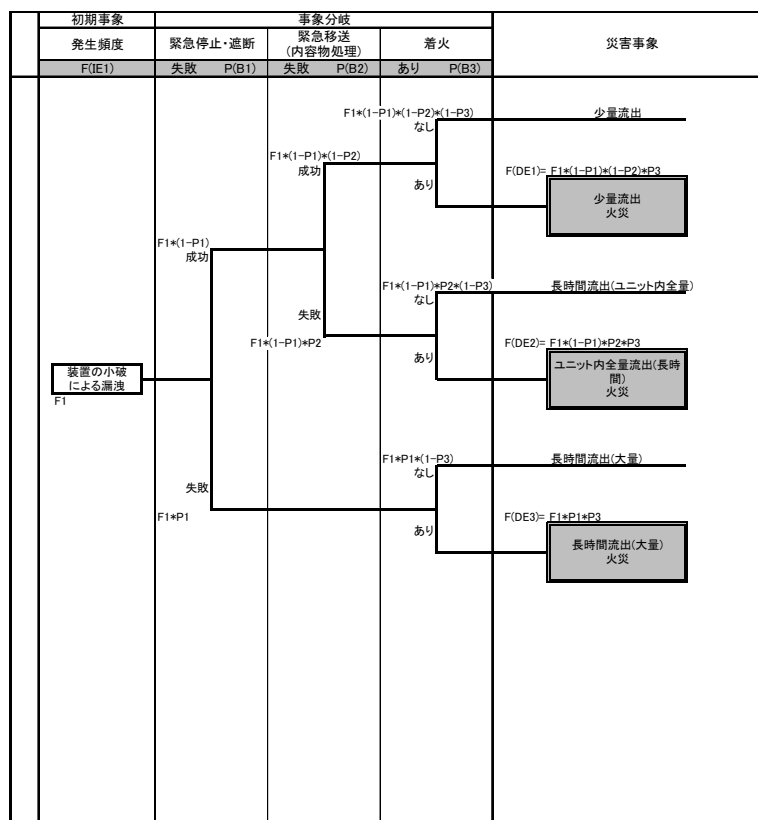


図 2.1.22 装置の小破による漏洩(平常時及び短期周期地震動・製造施設(危険物製造所(可燃性))、発電施

設)

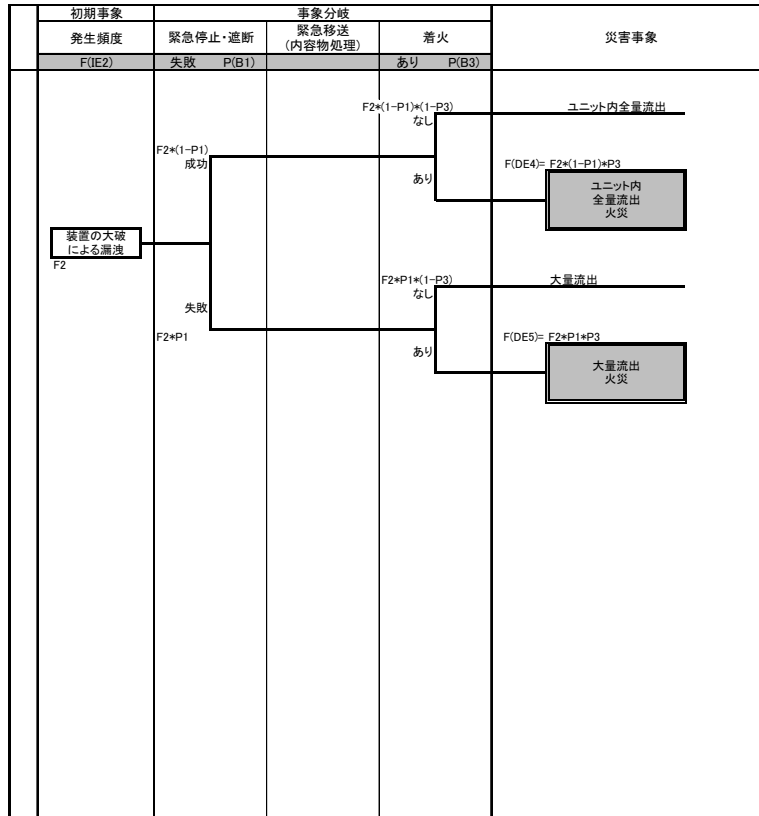


図 2.1.23 装置の大破による漏洩(平常時及び短期周期地震動・製造施設(危険物製造所(可燃性))、発電施設)

設)

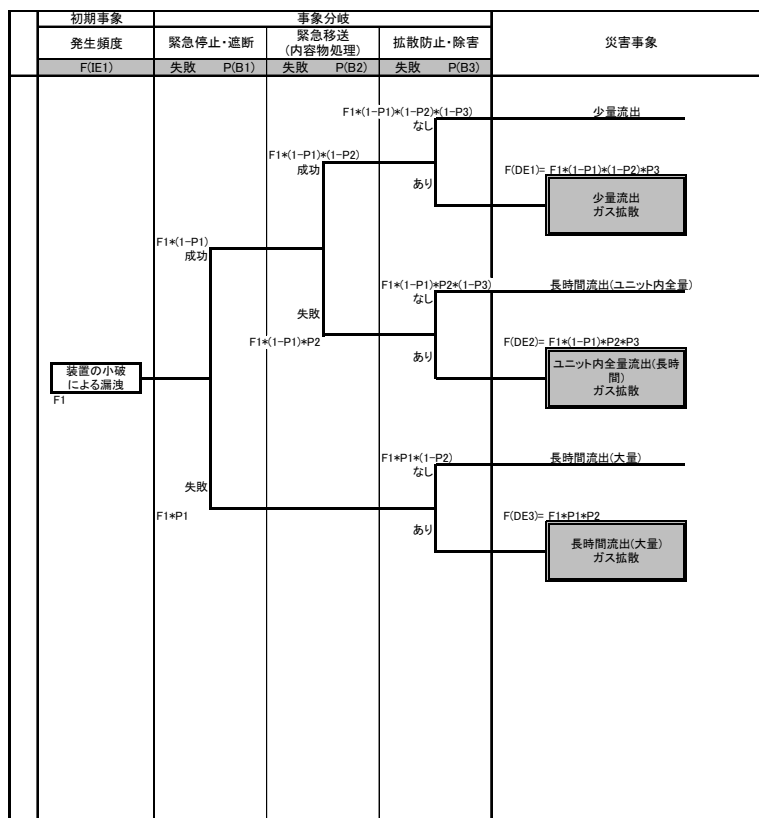


図 2.1.24 装置の小破による漏洩(平常時及び短期周期地震動・製造施設(危険物製造所(毒性)))

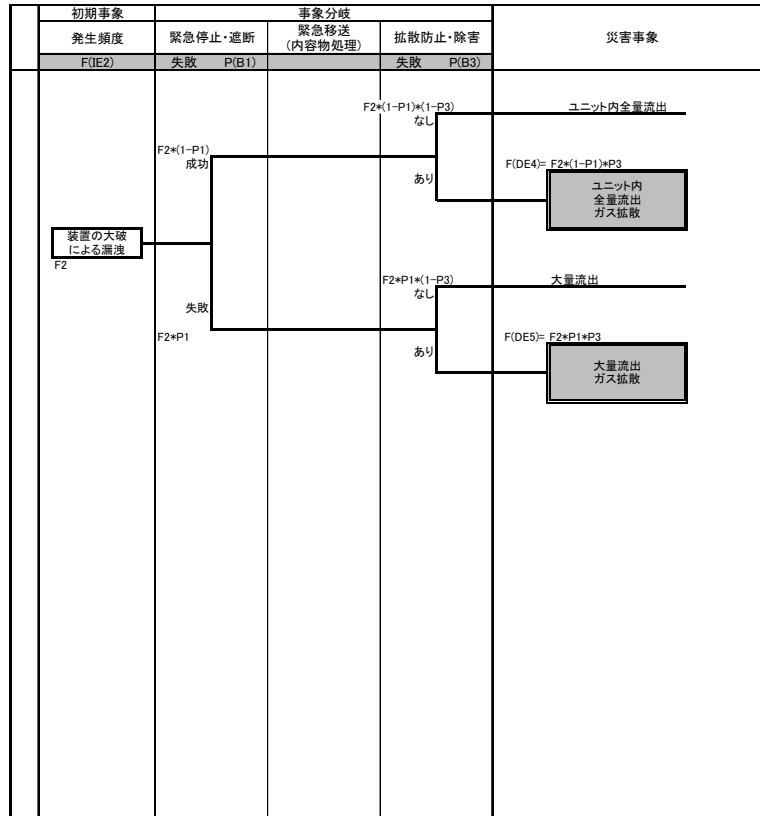


図 2.1.25 装置の大破による漏洩(平常時及び短期周期地震動・製造施設(危険物製造所(毒性)))

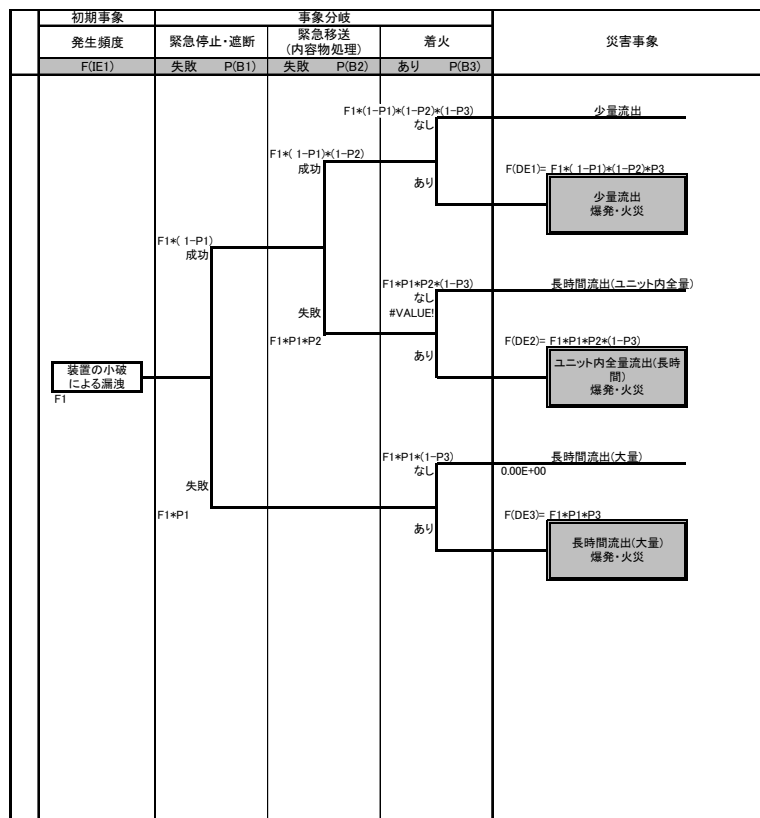


図 2.1.26 装置の小破による漏洩(平常時及び短期周期地震動・製造施設(高圧ガス製造施設(可燃性ガス)))

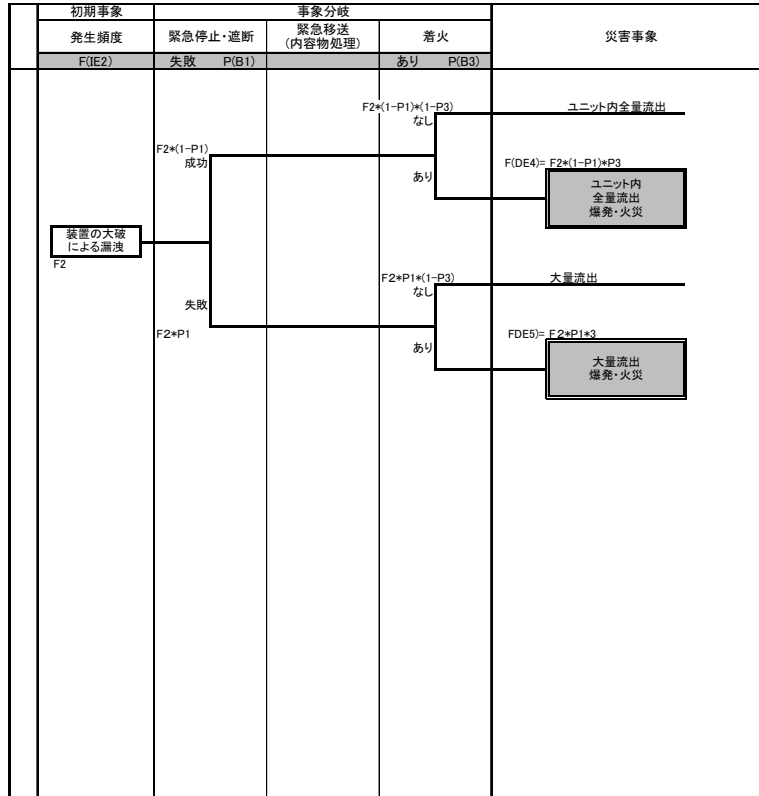


図 2.1.27 装置の大破による漏洩(平常時及び短期周期地震動・製造施設(高圧ガス製造施設(可燃性ガス)))

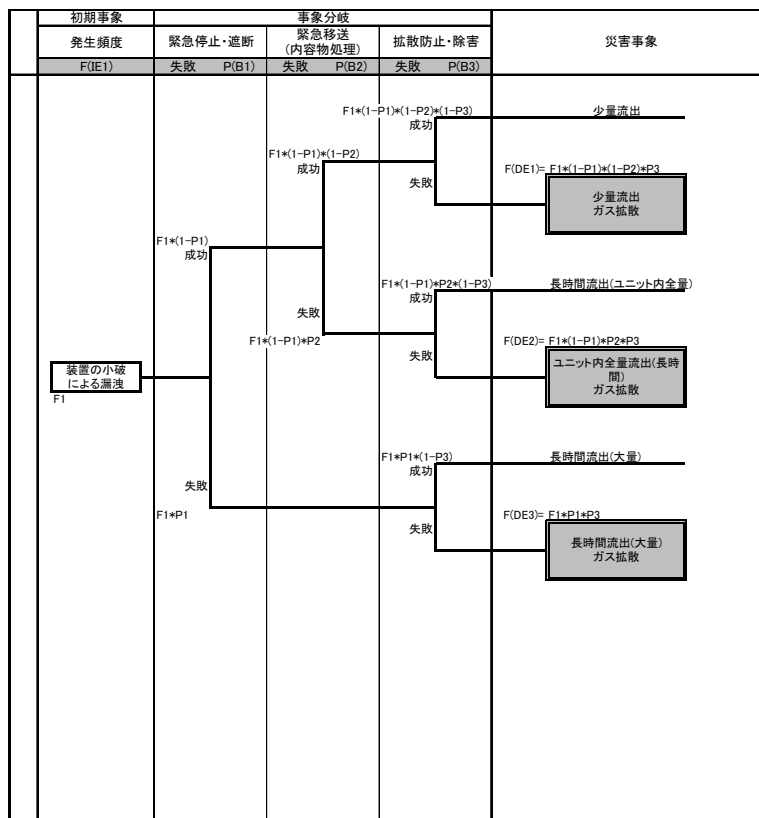


図 2.1.28 装置の小破による漏洩(平常時及び短期周期地震動・製造施設(高圧ガス製造施設(毒性ガス)))

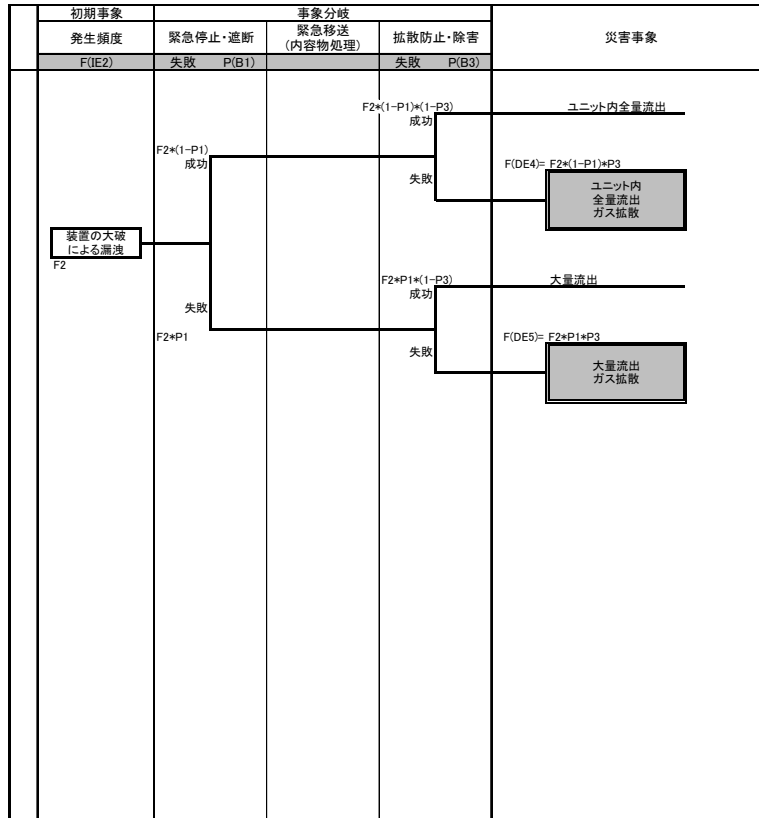


図 2.1.29 装置の大破による漏洩(平常時及び短期周期地震動・製造施設(高圧ガス製造施設(毒性ガス)))

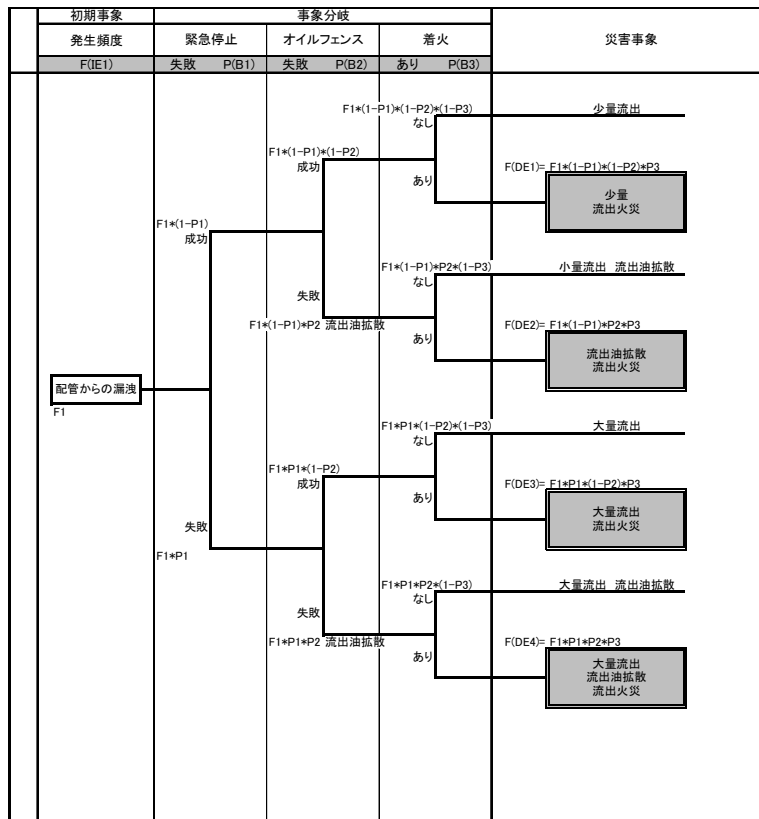


図 2.1.30 配管からの漏洩(平常時及び短周期地震動・石油タンカー棧橋)

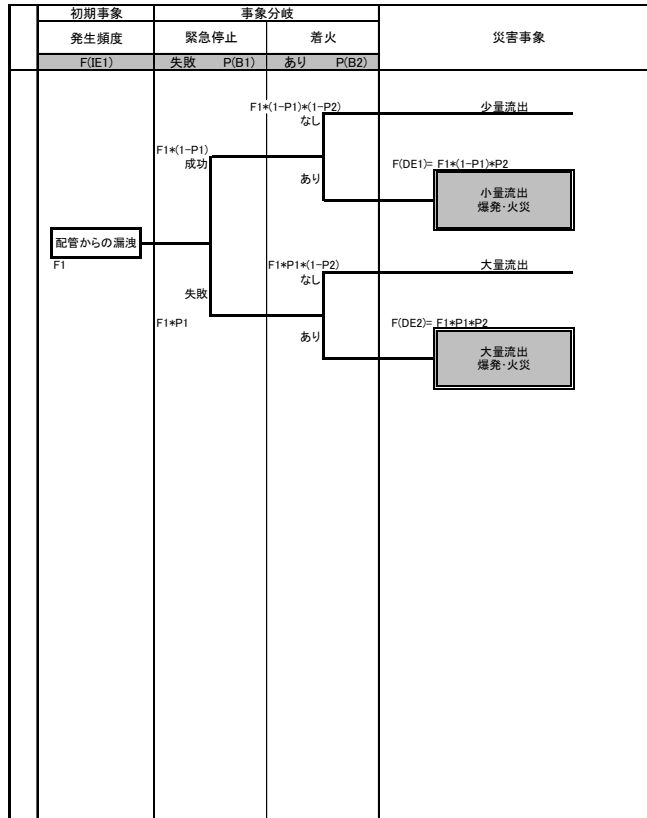


図 2.1.31 配管からの漏洩(平常時及び短周期地震動・LPG・LNG タンカー棧橋)

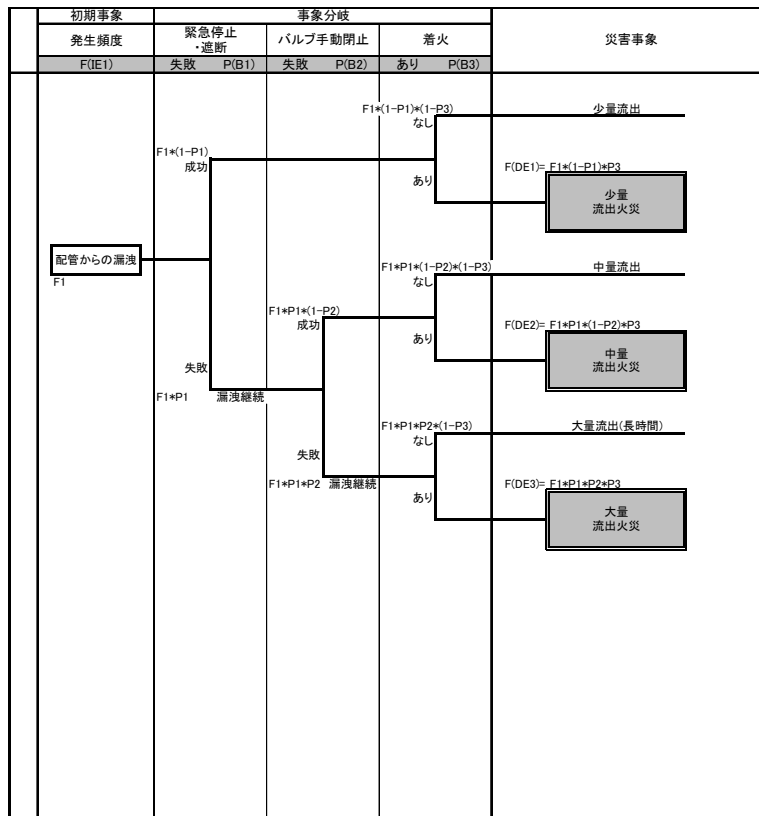


図 2.1.32 危険物(可燃性)配管からの漏洩(平常時及び短周期地震動)

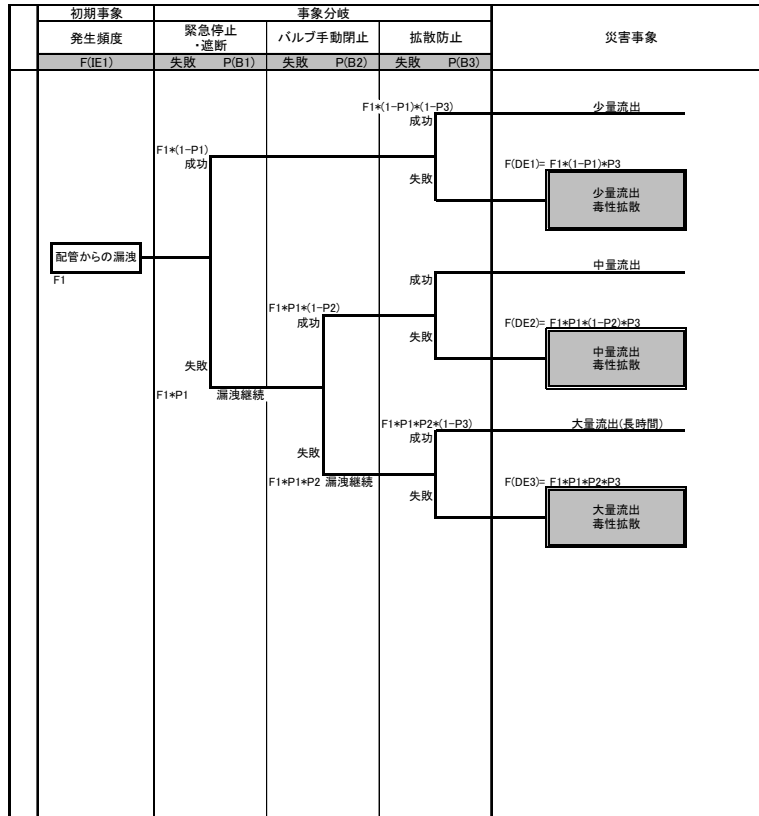


図 2.1.33 危険物(毒性)配管からの漏洩(平常時及び短周期地震動)

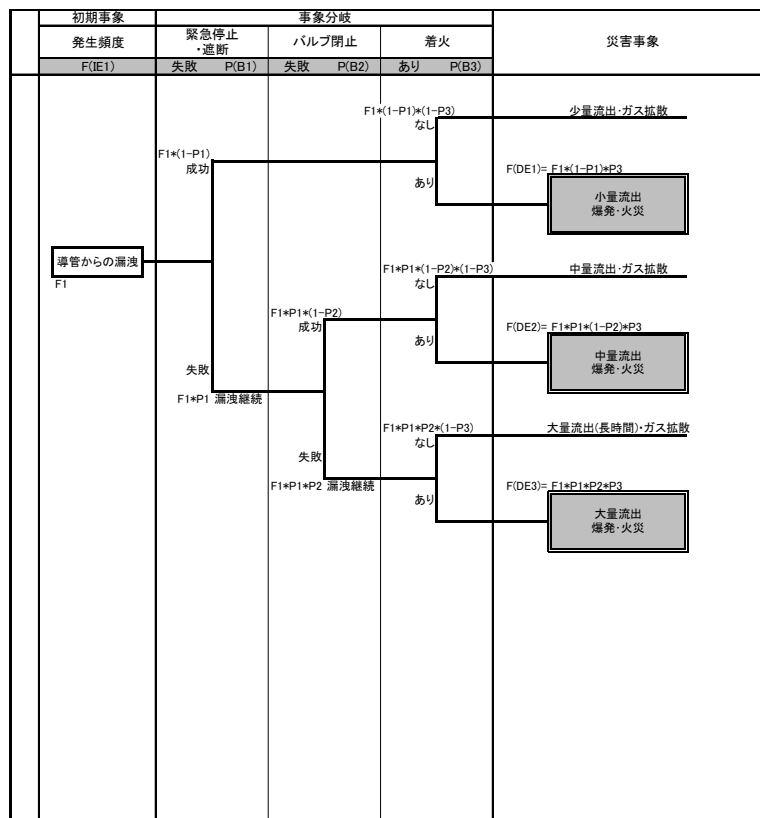


図 2.1.34 高圧ガス(可燃性ガス)導管からの漏洩(平常時及び短周期地震動)

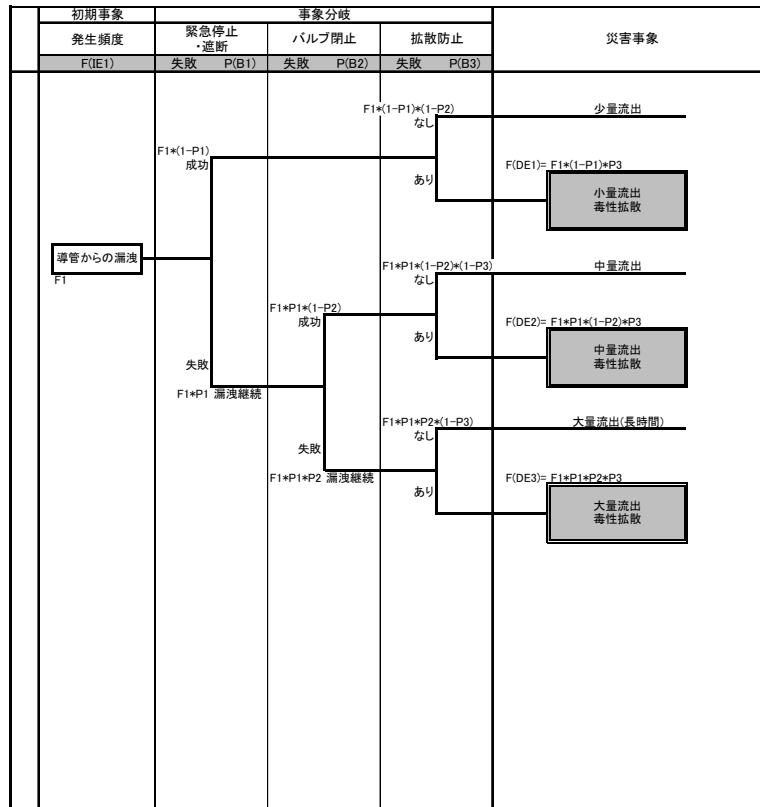


図 2.1.35 高圧ガス(毒性ガス)導管からの漏洩(平常時及び短周期地震動)

2.2 災害の発生危険度(頻度)の推定

展開した ET 図に初期事象と事象の分岐確率を与えることにより、評価施設について起こりうる災害事象の発生頻度(1年)の推定を行う。

なお、想定すべき災害事象を検討する場合には、該当す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。該当する事象まで拡大する頻度としては、次のように各事象の発生頻度を累積することにより得られる。

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

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

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

$$CF(DE4)=F(DE4)$$

DE_i : 災害事象

F(DE_i) : DE_i の発生頻度

CF(DE_i) : 災害事象 DE_i まで拡大する累積発生頻度

ここで、F(DE_i)は災害事象 DE_i の発生頻度、CF(DE_i)は災害事象 DE_i まで拡大する頻度である。以降ではすべての施設に関して CF(DE_i)の値を災害発生頻度とする。

算定された発生危険度については発生頻度を次のようにランク付けすることにより、評価を行う。

表 2.2.1 災害発生頻度区分

危険度 A	10 ⁻⁴ /年程度以上 (5×10 ⁻⁵ /年以上)
危険度 B	10 ⁻⁵ /年程度 (5×10 ⁻⁶ /年以上 5×10 ⁻⁵ /年未満)
危険度 C	10 ⁻⁶ /年程度 (5×10 ⁻⁷ /年以上 5×10 ⁻⁶ /年未満)
危険度 D	10 ⁻⁷ /年程度 (5×10 ⁻⁸ /年以上 5×10 ⁻⁷ /年未満)
危険度 E	10 ⁻⁸ /年程度以下 (5×10 ⁻⁸ /年未満)

危険度 A は、1 基あたり 10,000 年に一度、10,000 施設あたり 1 年に一度発生するような災害となる。ゆえに、発生頻度は E から A にかけて大きくなることとなる。

事象分岐確率としては、例えば危険物タンクと高圧ガスタンクに関して、指針（平成 13 年）では、例示として『海外のデータに基づく FTA による事象分岐確率』と『全国のコンビナートにある約 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』が挙げられている。

表 2.2.2 海外のデータ(WASH-1400 及び CCPS データ)に基づく FTA による事象分岐確率

防災設備		事象分岐確率 (/デマンド)
危険物タンク		
	緊急遮断設備不作動	5.8×10^{-3}
	泡消火設備不作動	2.4×10^{-3}
高圧ガスタンク及び製造施設		
	緊急遮断装置不作動	5.2×10^{-3}

表 2.2.3 全国のコンビナートにある約 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

防災設備	設備不作動	軽度な異常を含む	
危険物タンク	緊急遮断装置	6.73×10^{-5}	1.45×10^{-4}
	危険物タンクの配管から漏洩が発生したとき、遠隔ボタン操作により配管に設けられたバルブを閉止し漏洩を停止させることができる装置である。		
	緊急移送設備	3.06×10^{-5}	2.16×10^{-4}
	危険物タンクで漏洩が発生したとき、損傷タンクの内容物を他のタンクに移送することができる設備である。 緊急移送は、通常移送先タンクにつながる配管のバルブを開いたあと移送ポンプで作動させることにより行われるため、遠隔操作可能な移送ポンプを対象としている。		
	消火設備・遠隔	1.06×10^{-3}	4.29×10^{-3}
	消火設備・手動	1.01×10^{-4}	1.61×10^{-3}
	危険物タンクで火災が発生したとき、消火剤をタンク内に注入したり、タンク屋根に放出することが可能な固定泡消火設備で、遠隔操作可能なものと手動操作によるものを対象としている。		
高圧ガスタンク	緊急遮断装置	9.81×10^{-5}	6.77×10^{-4}
	高圧ガスタンクの配管から漏洩が発生したとき、遠隔ボタン操作により配管に設けられたバルブを閉止し、漏洩を停止させることが可能な設備である。		
	緊急移送設備	6.09×10^{-5}	1.15×10^{-3}
	高圧ガスタンクで漏洩が発生したとき、損傷タンクの内容物を他のタンクに移送することができる設備で、遠隔操作可能な移送ポンプを対象としている。		
	散水・水幕設備	8.12×10^{-4}	6.22×10^{-3}
	高圧ガスタンクに設けられ、遠隔操作によりタンクに直接あるいは周囲に散水し、火災時にタンクを冷却したり、漏洩ガスの溶解希釈や上空への拡散を促すことができる設備を対象とした。		
	除害設備	0.00	1.42×10^{-2}
屋内に設置された毒性ガスタンク（塩素タンクなど）に設けられ、漏洩時の遠隔操作により漏洩ガスを吸引し、安全に処理して周囲への拡散を防止することができる設備を対象とした。			

設備不作動発生率；作動試験または日常業務における設備作動要求（デマンド）に対し、設備が正常に作動しなかった回数
 軽度な異常を含む発生率；作動試験または日常業務における設備作動要求（デマンド）に対し、設備は正常に作動したが、何らかの修理や部品交換の必要が生じた場合を軽度な異常としてこれと設備不作動をあわせた回数

2.2.1 危険物タンクの災害発生危険度

A. 初期事象の発生頻度

2008年から2013年の6年間における、全国及び特定事業所の危険物タンク(屋外タンク貯蔵所)で発生した事故の発生状況を表 2.2.4 に示す。

表 2.2.4 危険物タンクの事故発生状況(2008年-2013年)^{2,3,4}

	施設数 (基)	漏洩事故		火災事故		計	
		件数	発生頻度 (/年・基)	件数	発生頻度 (/年・基)	件数	発生頻度 (/年・基)
特定事業所	19,380	184	1.6×10^{-3}	14	1.2×10^{-4}	198	1.7×10^{-3}
全国	65,035	373	9.6×10^{-4}	19	4.9×10^{-5}	392	1.0×10^{-3}

注 1) 施設数は平成 25 年 3 月 31 日現在の値である。

注 2) 事故件数は 6 年間の事故件数の合計である。

指針では 1989 年から 2002 年の 14 年間の危険物タンクの初期事象について、以下のように例示している。

事故件数(1989年～2002年の14年間)

- ・配管の小破漏洩：144 件（非埋設管） = $144 / (79000 \times 14) = 1.3 \times 10^{-4}$ (/年・基)
- ・本体の小破漏洩：82 件 = $82 / (79000 \times 14) = 7.4 \times 10^{-5}$ (/年・基)
- ・本体の大破漏洩：1 件 = $1 / (79000 \times 14) = 9.0 \times 10^{-7}$ (/年・基)

総施設数：約 79,000 基

上記より配管の小破漏洩の発生頻度は非埋設管の発生頻度を基に 1.3×10^{-4} (/年) とした。大破漏洩の発生頻度は小破漏洩の 1/10 と仮定した。タンクからの漏洩事故において屋根からの漏洩のほとんどは地震時のスロッシングによるものであるから、タンク本体の小破漏洩の発生頻度は 7.5×10^{-5} (/年) とした。また、タンク本体の大破漏洩の発生頻度は、事故件数が少ないため小破漏洩の 1/10 と仮定した。

表 2.2.5 に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（総務省消防庁特殊災害

² 危険物に係る事故事例(各年)、消防庁

³ 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(各年)、消防庁特殊災害室

⁴ 石油コンビナート等実態調査「特定事業所における危険物製造所等調」、2007

室) および事故検索システム (高圧ガス保安協会) に基づいた 1997 年から 2000 年の 4 年間の通常事故におけるタンク屋根部からの漏洩事故の発生件数及び発生頻度を示す。

表 2.2.5 タンク屋根部からの漏洩事故発生状況(1997 年-2000)^{5,6}

	発生件数	発生頻度 (/年・基)
浮き屋根シール部破損・漏洩	2	2.20E-05
固定屋根からの漏洩	1	1.10E-05

注 1)4 年間(1997 年-2000 年)の平均施設数 : 22,708 基を用いた。

新法タンクおよび旧法・新基準タンクにおける漏洩の発生頻度は旧法・旧基準タンク及び準特定タンクの 1/10 であると仮定した。

以上をまとめると、通常時の危険物タンクの初期事象の発生頻度は次表のようになる。

表 2.2.6 平常時における危険物タンクの初期事象発生頻度

初期事象		タンク種別	発生頻度 (/年)
○配管の小破による漏洩	IE1	A,B	1.30E-04
○タンク本体の小破による漏洩	IE2	A	7.50E-05
		B	7.50E-06
○配管の大破による漏洩	IE3	A,B	1.30E-05
○タンク本体の大破による漏洩	IE4	A	7.50E-06
		B	7.50E-07
○浮き屋根シール部の損傷・漏洩(浮き屋根式)	IE5	A	2.20E-05
		B	2.20E-06
○タンク屋根板の損傷(固定屋根式/内部浮き蓋付き)	IE6	A	1.10E-05
		B	1.10E-06

注 1)タンク種別 A は旧法・旧基準、準特定タンク、B は新法、旧法・新基準タンク

⁵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(各年)、消防庁特殊災害室

⁶事故検索システム (高圧ガス保安協会)

B. 事象の分岐確率

a) 緊急遮断

緊急遮断装置は、タンクと付属配管を遮断するための設備であり、漏洩検知したとき計器室、制御室またはタンク周辺において遠隔操作で配管を閉止し漏洩を停止させるものである。

通常事故における緊急遮断装置の分岐確率は、指針（平成 13 年）で例示されている『全国のココンビナートにある約 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』に示される値（ 6.73×10^{-5} ）を用いる。

b) バルブ手動閉止

緊急遮断装置が何らかの原因で作動しない場合は、手動でバルブを閉止することになる。

財団法人 電力中央研究所が、原子力発電所に関する確率論的安全性評価用の機器故障率を算定した評価結果（原子力発電所に関する確率論的安全性評価用の機器故障率の算定（1982 年度～1997 年度 16 ヶ年 49 基データ 改訂版；桐元順広、松崎章弘ら；電中研報告；平成 13 年 2 月））のバルブ手動閉止失敗の確率値 3.3×10^{-5} である。

これは、通常運転時における操作の失敗確率であり、事故時には心理的な効果によりこの値を上回るものと考えられる。本防災アセスメントでのバルブ手動閉止の分岐確率は、事故時というある特殊な状況下でのヒューマンファクター的な要素を考慮して 1.0×10^{-3} とした。

c) 一時的な流出拡大防止

小破漏洩であれば破口をふさいだり、土のう等で囲んで流出油を回収するなどの一時的な措置により、流出拡大の防止をすることが可能な場合がある。このような措置の失敗確率は 1×10^{-1} とする。

d) 緊急移送

緊急移送設備は、漏洩が停止できないような場合、損傷したタンクの内容物をポンプにより他の同種のタンクに移すための設備である。

通常事故における緊急移送装置の分岐確率は、指針（平成 13 年）で例示した『全国のココンビナートにある約 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』に示される値（ 3.06×10^{-5} ）を用いる。

e) 仕切堤・防油堤による拡大防止

タンクの周辺には、仕切堤・防油堤が設置されており、流出事故が発生しても流出油が堤外に流れ出る可能性は低い。よって仕切堤・防油堤による流出拡大防止に失敗する確率は 1.0×10^{-3} とした。

f) 着火

流出油の着火に関しては、タンク周辺に火源はほとんどなく、流出したとしても火災に至ることは少ないと考えられる。総務省消防庁の危険物に係る事故概要の事故データによれば、危険物タンクでの火災発生率は、漏洩発生率の 1/10 程度である。

また危険物第 4 類のうち、引火点が高い第 2 石油類、第 3 石油類および第 4 石油類の火災発生率は、引火点が高い第 1 石油類の 1/10 程度である。従って、着火確率は、内容物の違いを考慮して、引火点

が低い第 1 石油類は、 1.0×10^{-1} 、引火点が高い第 2 石油類、第 3 石油類および第 4 石油類は 1.0×10^{-2} とした。

g) 拡散防止

毒性危険物が漏洩して周辺または防油堤内に溜まった場合、泡シール等の応急処置がとられる。このような措置に失敗して毒性危険物が蒸発、大気への拡散に至る確率は 1×10^{-1} とする。

h) 消火設備・消火活動

通常事故における消火設備の分岐確率は、遠隔操作もしくは手動操作によるものに分け、指針（平成 13 年）で例示した『全国のコンビナートにある約 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』に示される値（遠隔； 1.06×10^{-3} 、手動； 1.01×10^{-4} ）を用いる。

i) 浮き屋根沈降(浮き屋根式タンク)

リング火災に関しては保有資機材の充実の度合いにもよるが、消火・消防隊が消火可能であると考えられるが、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として 1.0×10^{-1} とする。

j) ボイルオーバー

平常時に自衛防災組織による消火活動によりボイルオーバーを阻止できる確率は 1.0 とする。

表 2.2.7 平常時における危険物タンク(可燃性)の事象分岐確率

分岐事象			分岐確率
○緊急遮断	B1		6.73E-05
○バルブ手動閉止	B2		1.00E-03
○一時的な流出拡大防止	B3		1.00E-01
○緊急移送	B4		3.06E-05
○仕切堤による拡大防止	B5		1.00E-03
○防油堤による拡大防止	B6		1.00E-03
○着火	B7	第 1 石油類	1.00E-01
		第 2,3,4 石油類	1.00E-02
○消火設備・消火活動	B8	遠隔	1.06E-03
		手動	1.01E-04
○浮き屋根沈降(浮き屋根式タンク)	B9		1.00E-01
○ボイルオーバー	B10		0

表 2.2.8 平常時における危険物タンク(毒性)の事象分岐確率

分岐事象		分岐確率
○緊急遮断	B1	6.73E-05
○バルブ手動閉止	B2	1.00E-03
○一時的な流出拡大防止	B3	1.00E-01
○緊急移送	B4	3.06E-05
○仕切堤による拡大防止	B5	1.00E-03
○防油堤による拡大防止	B6	1.00E-03
○拡散防止	B7	1.00E-01

C. 災害の発生危険度

各地区の評価対象危険物タンクについて初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。各危険物タンクの災害発生頻度は貯蔵する内容物分類、設備の有無、タンク構造基準により異なる。また、浮き屋根式タンク以外ではリング火災は該当しない。

ランク付けされた各地区の危険物タンクの流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.9 に示す。

表 2.2.9 危険物タンクの流出火災の災害発生危険度分布(施設数)

地区	小量流出・流出火災		中量流出・流出火災		仕切堤内流出・流出火災		防油堤内流出・流出火災		防油堤外流出・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	38	B	1	B	0	B	0	B	0
	C	41	C	37	C	38	C	1	C	0
	D	0	D	41	D	41	D	37	D	0
	E	0	E	0	E	0	E	41	E	79
	計	79	計	79	計	79	計	79	計	79
塩釜地区	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	16	B	5	B	0	B	0	B	0
	C	37	C	52	C	5	C	16	C	0
	D	0	D	24	D	0	D	65	D	0
	E	0	E	0	E	0	E	0	E	81
	計	53	計	81	計	5	計	81	計	81
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			仕切堤が設置されたタンクのみ						

流出火災では両地区とも、小量流出では B-C レベル、流出がしばらく継続する中量流出では B-D レベル、仕切堤内流出では C-D レベル、防油堤内に火災が拡大する場合は C-E レベル、防油堤外まで火災が拡大する場合は E レベルと極めて低い値となる。

タンク火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.10 に示す。各地区とも、タンク屋根部におけるタンク火災では発生危険度は C レベル以下、リング火災、タンク全面火災では E レベルとなっている。また、タンク全面防油堤火災については、平常時はボイルオーバーしないと推定したため、発生頻

度はゼロ(Eレベル)となる。

表 2.2.10 危険物タンクのタンク火災の災害発生危険度分布(施設数)

地区	タンク小火災		リング火災		タンク全面火災		タンク全面防油堤火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0	B	0
	C	1	C	0	C	0	C	0
	D	37	D	0	D	0	D	0
	E	41	E	31	E	79	E	79
	計	79	計	31	計	79	計	79
塩釜地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0	B	0
	C	3	C	0	C	0	C	0
	D	45	D	0	D	0	D	0
	E	33	E	3	E	81	E	81
	計	81	計	3	計	81	計	81
備考			浮き屋根式のタンクのみ					

2.2.2 高圧ガスタンクの発生危険度

A. 初期事象の発生頻度

表 2.2.11 に示すように、1998 年から 2007 年までの 10 年間で高圧ガスタンクの漏洩事故は 3 件発生し、火災事故は発生していない。

従って、高圧ガスタンクにおける配管の小破による漏洩発生頻度を多少大きく推定して、 1.5×10^{-4} 年とする。タンク本体からの漏洩については危険物タンクに比較して腐食の危険性が小さいと考えられるため、危険物タンク(新法、旧法・新基準)の 1/2 程度として推定した。配管の大破およびタンク本体の大破による漏洩については過去に事例がほとんどない。従って平常時の配管の大破およびタンク本体の大破による漏洩は評価対象外とすることとした。

表 2.2.11 平常時における高圧ガスタンクの漏洩事故発生状況^{7,8}

施設数 (基)	漏洩事故		火災事故	
	件数	発生頻度 (/年・基)	件数	発生頻度 (/年・基)
2,572	3	1.20E-04	0	0

⁷石油コンビナート等実態調査、消防庁、2006

⁸事故事例検索システム(高圧ガス保安協会)

表 2.2.12 平常時における高圧ガスタンクの初期事象発生頻度

初期事象		発生頻度 (/年)
○配管の小破による漏洩	IE1	1.50E-04
○タンク本体の小破による漏洩	IE2	3.30E-06
○配管の大破による漏洩	IE3	-
○タンク本体の大破による漏洩	IE4	-

B. 事象の分岐確率

a) 緊急遮断

危険物タンクと同様に、通常事故における緊急遮断装置の分岐確率は、指針（平成 13 年）で例示されている『全国のココンビナートにある約 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』に示される値（ 9.81×10^{-5} ）を用いる。

b) バルブ手動閉止

危険物タンクと同様に、ヒューマンファクター的な要素を考慮して 1.0×10^{-3} とした。

c) 緊急移送

通常事故における緊急移送装置の分岐確率は指針（平成 13 年）で例示した『全国のココンビナートにある約 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』に示される値（ 6.09×10^{-5} ）を用いる。

d) 防液堤による拡大防止

危険物タンクにおける仕切堤、防油堤と同様として、失敗確率は 1.0×10^{-3} とした。

e) 着火

可燃性ガスの着火については危険物タンク（第 1 石油類）と同様に、分岐確率は 1.0×10^{-1} とした。

f) 拡散防止・除害

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、指針（平成 13 年）で例示されている『全国のココンビナートにある約 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。また、屋外に設置されたタンクについては、漏洩箇所によっては正常に作動したとしても、拡散を防止できるとは限らないため、軽度な異常を含む場合の確率（ 1.42×10^{-2} ）を用いることとする。

表 2.2.13 平常時における可燃性ガスタンクの事象分岐確率

分岐事象		分岐確率
○緊急遮断	B1	9.81E-05
○バルブ手動閉止	B2	1.00E-03
○緊急移送	B3	6.09E-05
○防液堤による拡大防止	B4	1.00E-03
○着火	B5	1.00E-01

表 2.2.14 平常時における毒性ガスタンクの事象分岐確率

分岐事象		分岐確率
○緊急遮断	B1	6.73E-05
○バルブ手動閉止	B2	1.00E-03
○緊急移送	B3	6.09E-05
○防液堤による拡大防止	B4	1.00E-03
○拡散防止・除害	B6	1.42E-02

C. 災害の発生危険度

両地区の評価対象高圧ガスタンクについて初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた高圧ガスタンクの爆発・火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.15 に、毒性拡散の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.16 に示す。

表 2.2.15 高圧ガスタンクの爆発・火災の災害発生危険度分布(施設数)

地区	小量流出・爆発・火災		中量流出・爆発・火災		大量(長時間)流出・爆発・火災		全量(長時間)流出・爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	27	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	27	D	21	D	6
	E	0	E	0	E	0	E	21
	計	27	計	27	計	21	計	27
塩釜地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	3	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	3	D	3	D	0
	E	0	E	0	E	0	E	3
	計	3	計	3	計	3	計	3
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			移送設備が設置されたタンクのみ				

表 2.2.16 高圧ガスタンクの毒性拡散の災害発生危険度分布(施設数)

地区	小量流出・毒性拡散		中量流出・毒性拡散		大量(長時間)流出・毒性拡散		全量(長時間)流出・毒性拡散	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0	B	0
	C	3	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	3	E	0	E	3
	計	3	計	3	計	0	計	3
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			移送設備が設置されたタンクのみ				

配管および本体の小破による爆発・火災では両地区で、小量流出では B レベル、流出がしばらく継続する中量流出では D レベル、流出が継続する大量(長時間)流出では D レベル、さらに継続する全量(長時間)流出では D レベル及び E レベルとなっている。

毒性拡散では短時間で終息するような小量流出では C レベル、中量流出では E レベル、それ以上に継続して流出する全量(長時間)流出ではその危険度は E レベルとなっている。

2.2.3 プラントの災害発生危険度

A. 製造施設

a) 初期事象の発生頻度

危険物製造所の 1998 年から 2007 年の 10 年間における、全国及び特定事業所で発生した事故の発生状況を表 2.2.17 に示す。

表 2.2.17 危険物製造所の事故発生状況(1998 年-2007 年)^{9,10,11}

	施設数 (基)	漏洩事故		火災事故		計	
		件数	発生頻度 (/年・基)	件数	発生頻度 (/年・基)	件数	発生頻度 (/年・基)
特定事業所	1,449	94	6.5E-03	98	6.8E-03	192	1.3E-02
全国	5,033	121	2.4E-03	273	5.4E-03	394	7.8E-03

注 1)施設数は 2007 年 4 月 1 日現在の値である。

注 2)漏洩から火災に至る場合には火災に含まれる。

注 3)事故発生頻度は 10 年間の事故件数の合計と統計による施設数から算出した推定値である。

表 2.2.17 より特定事業所の漏洩事故の発生頻度は 6.5×10^{-3} であるが、可燃性危険物を扱う危険物製造所や高圧ガス(可燃性ガス)製造装置については火災に至ることが多いとして、火災事故の値($6.8 \times$

⁹ 危険物に係る事故事例(各年)、消防庁

¹⁰ 石油コンビナート等特定防災区域の特定事業所における事故概要(各年)、消防庁特殊災害室

¹¹ 石油コンビナート等実態調査「特定事業所における危険物製造所等調」、2006

10⁻³(/年・基))を用いる。また、毒性危険物や毒性ガス製造装置については漏洩事故の場合の値を用いることとした。装置の大破による漏洩については、過去に事故事例がほとんどないことから、装置の大破による漏洩に起因する災害事象は評価対象外とする。

表 2.2.18 製造施設の初期事象発生頻度

初期事象			発生頻度 (/年)
○装置の小破による漏洩	IE1	危険物製造所(可燃性)	6.80E-03
		高圧ガス製造施設(可燃性ガス)	
		危険物製造所(毒性)	6.50E-03
		高圧ガス製造施設(毒性ガス)	
○装置の大破による漏洩	IE2	危険物製造所(可燃性)	-
		高圧ガス製造施設(可燃性ガス)	
		危険物製造所(毒性)	-
		高圧ガス製造施設(毒性ガス)	

b) 事象の分岐確率

i. 緊急停止・遮断

危険物タンクと同様の 6.73×10^{-5} と設定した。

ii. 緊急移送(内容物処理)

危険側の評価として、高圧ガスタンクと同様の 6.09×10^{-5} と設定した。

iii. 着火

可燃性危険物、可燃性ガスを扱う製造施設の着火については、危険物タンク(第4類第1石油類)、高圧ガスタンクと同様に 0.1 と設定した。

iv. 拡散防止・除害

措置に失敗して毒性危険物、毒性ガスが大気への拡散に至る確率は高圧ガスタンクと同様に 1.42×10^{-2} と設定した。

表 2.2.19 平常時における危険物製造所(可燃性)、高圧ガス製造施設(可燃性ガス)の事象分岐確率

分岐事象		分岐確率
○緊急停止・遮断	B1	6.73E-05
○緊急移送(内容物処理)	B2	6.09E-05
○着火	B3	1.00E-01

表 2.2.20 平常時における危険物製造所(毒性)、高圧ガス製造施設(毒性ガス)の事象分岐確率

分岐事象		分岐確率
○緊急停止・遮断	B1	6.73E-05
○緊急移送(内容物処理)	B2	6.09E-05
○拡散防止・除害	B3	1.42E-02

c) 災害の発生危険度

評価対象製造施設について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた製造施設の可燃性液体の流出火災、可燃性ガスの爆発・火災、毒性ガス拡散の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.21 から表 2.2.23 に示す。

可燃性液体の流出による流出火災では、ユニット内全量(長時間)流出による流出火災では A レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルと推定される。

製造施設の可燃性ガスによる爆発・火災では、ユニット内全量(長時間)流出による爆発・火災では A レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルと推定される。

製造施設の毒性ガスによる毒性ガス拡散では、ユニット内全量(長時間)流出による爆発・火災では A レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルと推定される。

表 2.2.21 製造施設可燃性液体の流出火災の災害発生危険度分布(施設数)

地区	小量流出・流出火災		ユニット内全量(長時間)流出・流出火災		大量(長時間)流出・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	5	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	5
	計	0	計	5	計	5
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 2.2.22 製造施設可燃性ガスの爆発・火災の災害発生危険度分布(施設数)

地区	小量流出・爆発・火災		ユニット内全量(長時間)流出・爆発・火災		大量(長時間)流出・爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	9	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	9
	計	0	計	9	計	9
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 2.2.23 製造施設毒性ガスの毒性ガス拡散の災害発生危険度分布(施設数)

地区	小量流出・毒性ガス拡散		ユニット内全量(長時間)流出・毒性ガス拡散		大量(長時間)流出・毒性ガス拡散	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	3	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	3
	計	0	計	3	計	3
備考	移送設備が設置された施設のみ					

B. 発電施設

a) 初期事象の発生頻度

事故検索システム(高圧ガス保安協会)によると発電施設(可燃性物質)の1997年から2001年の5年間における装置の破損における漏洩事故は1件となっている。施設数は約850(基)であるので発生頻度は 2.94×10^{-4} と推定できる。装置の大破による漏洩については、過去に事故事例がほとんどないことから、装置の大破による漏洩に起因する災害事象は評価対象外とする。

表 2.2.24 発電施設の初期事象発生頻度

初期事象		発生頻度 (/年)
○装置の小破による漏洩	IE1	2.94E-04
○装置の大破による漏洩	IE2	-

b) 事象の分岐確率

i. 緊急停止・遮断

製造施設と同様の値(6.73×10^{-5})を設定した。

ii. 緊急移送(内容物処理)

製造施設と同様の値(6.09×10^{-5})を設定した。

iii. 着火

可燃性危険物を扱う発電施設の着火については、危険物タンク(第4類第1石油類)と同様に0.1と設定した。

表 2.2.25 平常時における発電施設の事象分岐確率

分岐事象		分岐確率
○緊急停止・遮断	B1	6.73E-05
○緊急移送(内容物処理)	B2	6.09E-05
○着火	B3	1.00E-01

c) 災害の発生危険度

仙台地区の評価対象発電施設について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた発電施設の可燃性液体の流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.26 に示す。可燃性液体の流出による流出火災では、小量流出で B レベル、ユニット内全量(長時間)流出では B レベル及び E レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルと推定される。

ランク付けされた発電施設の可燃性ガスの爆発・火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.27 に示す。可燃性ガスの流出による爆発・火災では、ユニット内全量(長時間)流出では A レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルと推定される。

表 2.2.26 発電施設の流出火災の災害発生危険度分布 (施設数)

地区	小量流出・流出火災		ユニット内全量(長時間)流出・流出火災		大量(長時間)流出・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0
	B	1	B	2	B	0
	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	1	E	3
	計	1	計	3	計	3
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 2.2.27 発電施設の爆発・火災の災害発生危険度分布 (施設数)

地区	小量流出・爆発・火災		ユニット内全量(長時間)流出・爆発・火災		大量(長時間)流出・爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	1	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	1
	計	0	計	1	計	1
備考	移送設備が設置された施設のみ					

2.2.4 タンカー棧橋の災害発生危険度

A. 石油タンカー棧橋

a) 初期事象の発生頻度

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および事故検索システム(高圧ガス保安協会)によると 1997 年から 2001 年の 5 年間に於ける石油タンカー棧橋の配管の破損による漏洩事故は 1 件となっている。また、石油タンカー棧橋は移送取扱所に区分される。移送取扱所の危険物施設数を石油タンカー棧橋の施設数とすると、全国の移送取扱所の危険物施設数は 1997 年から 2000 年の 4 年間では、それぞれ 1,348 基、1,340 基、1,338 基、1,330 基となっている。特定事業所に存在する施設を全国の 1/3 程度とするとして施設数を 400 基と設定する。従って、石油タンカー棧橋の配管の破損による漏洩の発生頻度は 5.00×10^{-4} と推定される。

表 2.2.28 石油タンカー棧橋の初期事象発生頻度

初期事象		発生頻度 (/年)
○配管の破損による漏洩	IE1	5.00E-04

b) 事象の分岐確率

i. 緊急停止

石油タンカー棧橋の緊急停止・遮断装置の危険物タンクのものと同様の信頼性を有するものと考えられる。これより平常時の事故における緊急遮断装置の分岐確率は、危険物単タンクと同様に、指針(平成 13 年)で例示されている『全国のコンビナートにある約 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』に示される値 (6.73×10^{-5}) を用いる。

ii. オイルフェンス

石油タンカー棧橋には事故時に備えてオイルフェンスが配備されており、流出事故が発生した場合に設置される。事故時というある特殊な状況下でのヒューマンファクター的な要素を考慮して 1.0×10^{-2} とした。

iii. 着火

着火に関する分岐確率は危険物タンクと同様に、危険物配管における着火確率は引火点が高い第 1 石油類は 1×10^{-1} 、引火点が高い第 2、第 3、第 4 石油類は 1×10^{-2} とした。

表 2.2.29 平常時における石油タンカー棧橋の事象分岐確率

分岐事象		分岐確率	
○緊急停止	B1	6.73E-05	
○オイルフェンス	B2	1.00E-02	
○着火	B3	第 1 石油類	1.00E-01
		第 2, 第 3, 第 4 石油類	1.00E-02

c) 災害の発生危険度

各地区の評価対象石油タンカー棧橋について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた各地区の石油タンカー棧橋の可燃性液体の流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.30 に示す。可燃性液体の流出による流出火災では、小量流出で B-C レベル、オイルフェンス外に流出油が拡散する場合は C-D レベル、さらに大量に流出する場合は B-E レベル、オイルフェンス外に流出油が拡散する場合は D-E レベルとなる。

表 2.2.30 石油タンカー棧橋の流出火災の災害発生危険度分布(施設数)

地区	小量流出・流出火災		小量流出・流出油拡散・流出火災		大量流出・流出火災		大量流出・流出油拡散・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	7	B	0	B	0	B	0
	C	3	C	7	C	0	C	0
	D	0	D	3	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	10	E	10
	計	10	計	10	計	10	計	10
塩釜地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	7	B	0	B	2	B	0
	C	7	C	7	C	2	C	0
	D	0	D	7	D	0	D	2
	E	0	E	0	E	14	E	16
	計	14	計	14	計	18	計	18
備考	遮断設備が設置された設備のみ		遮断設備が設置された設備のみ					

B. LPG・LNG タンカー棧橋

a) 初期事象の発生頻度

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および事故検索システム(高圧ガス保安協会)によると 1997 年から 2001 年の 5 年間における LPG・LNG タンカー棧橋の配管の破損による漏洩事故は 0 件となっている。事故発生件数が 0 件であるので事象の発生頻度は 1×10^{-6} を設定した。

表 2.2.31 LPG・LNG 棧橋の初期事象発生頻度

初期事象		発生頻度 (/年)
○配管の破損による漏洩	IE1	1.00E-06

b) 事象の分岐確率

i. 緊急停止

石油タンカー棧橋と同様に、平常時の事故における緊急遮断装置の分岐確率は、指針(平成 13 年)

で例示されている『全国のコンビナートにある約 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』に示される値 (9.81×10^{-5}) を用いる。

ii. 着火

可燃性ガスの着火確率は第 1 石油類と同様の 0.1 を設定した。

表 2.2.32 平常時における LPG・LNG タンカー棧橋の事象分岐確率

分岐事象		分岐確率
○緊急停止	B1	9.81E-05
○着火	B2	1.00E-01

c) 災害の発生危険度

仙台地区の評価対象 LPG・LNG タンカー棧橋について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた LPG・LNG タンカー棧橋の可燃性ガスによる爆発・火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.33 に示す。可燃性ガスの流出による爆発・火災では、小量流出で D レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルとなる。

表 2.2.33 LPG・LNG タンカー棧橋の爆発・火災の災害発生危険度分布(施設数)

地区	小量流出・爆発・火災		大量流出・爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0
	B	0	B	0
	C	0	C	0
	D	4	D	0
	E	0	E	4
	計	4	計	4
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			

2.2.5 パイプラインの災害発生危険度

A. 危険物配管

a) 初期事象の発生頻度

表 2.2.34 に危険物配管における配管の破損による漏洩事故発生状況を示す。ここで、施設数は石油タンカー棧橋と同様とした。表 2.2.34 より危険物配管における配管の破損による漏洩の発生頻度は 7.5×10^{-3} と設定した。

表 2.2.34 危険物配管における配管の破損による漏洩事故発生状況^{12,13}

1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	計	施設数	発生頻度 (/年・基)
1	1	6	4	3	15	400	7.50E-03

表 2.2.35 危険物配管の初期事象発生頻度

初期事象		発生頻度 (/年)
○配管の破損による漏洩	IE1	7.50E-03

b) 事象の分岐確率

i. 緊急停止・遮断

危険物タンクと同様に、指針（平成 13 年）で例示されている『全国のコンビナートにある約 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』に示される値 (6.73×10^{-5}) を用いる。

ii. バルブ手動閉止

危険物タンクと同様に、ヒューマンファクター的な要素を考慮して 1.0×10^{-3} とした。

iii. 着火

危険物配管における着火確率は引火点が低い第 1 石油類は 1×10^{-1} 、引火点が高い第 2、第 3、第 4 石油類は 1×10^{-2} とした。

iv. 拡散防止

危険物タンクの場合と同様に、拡散防止措置に失敗して毒性危険物が蒸発、大気への拡散に至る確率は 1×10^{-1} とする。

¹²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(各年)、消防庁特殊災害室

¹³事故検索システム（高圧ガス保安協会）

表 2.2.36 (a) 平常時における危険物配管の事象分岐確率(可燃性)

分岐事象		分岐確率
○緊急停止・遮断	B1	6.73E-05
○バルブ手動閉止	B2	1.00E-03
○着火	B3	第 1 石油類
		第 2, 第 3, 第 4 石油類

(b) 平常時における危険物配管の事象分岐確率(毒性)

分岐事象		分岐確率
○緊急停止・遮断	B1	6.73E-05
○バルブ手動閉止	B2	1.00E-03
○拡散防止	B3	1.00E-01

c) 災害の発生危険度

各地区の評価対象危険物配管について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた各地区の危険物配管の流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.37 に示す。可燃性液体の流出による流出火災では、小量流出では A レベル、中量流出では A-E レベル、さらに大量に流出する場合は C-E レベルとなる。

表 2.2.37 危険物配管の流出火災の災害発生危険度分布(施設数)

地区	小量流出・流出火災		中量流出・流出火災		大量流出・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	1	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	1	D	0
	E	0	E	0	E	1
	計	1	計	1	計	1
塩釜地区	A	16	A	2	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	0	C	1
	D	0	D	6	D	1
	E	0	E	10	E	16
	計	16	計	18	計	18
備考	緊急停止設備が設置されたタンク					

B. 高圧ガス導管

a) 初期事象の発生頻度

1997年から2001年の5年間に導管の破損による漏洩事故は発生していない。発生頻度は 1×10^{-6} として設定した。

表 2.2.38 高圧ガス導管の初期事象発生頻度

初期事象		発生頻度 (/年)
○導管の破損による漏洩	IE1	1.00E-06

b) 事象の分岐確率

i. 緊急停止・遮断

高圧ガスタンクと同様に、指針（平成 13 年）で例示されている『全国のコンビナートにある約 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』に示される値（ 9.81×10^{-5} ）を用いる。

ii. バルブ手動閉止

高圧ガスタンクと同様に、ヒューマンファクター的な要素を考慮して 1.0×10^{-3} とした。

iii. 着火

可燃性ガスの着火確率は第 1 石油類と同様の 0.1 を設定した。

iv. 拡散防止

高圧ガス導管に設置されている蒸発や拡散を防止するための設備による防止失敗確率は、毒性ガスタンクと同様に 1.42×10^{-2} とする。

表 2.2.39 (a) 平常時における高圧ガス導管の事象分岐確率(可燃性ガス)

分岐事象		分岐確率
○緊急停止・遮断	B1	9.81E-05
○バルブ手動閉止	B2	1.00E-03
○着火	B3	1.00E-01

(b) 平常時における高圧ガス導管の事象分岐確率(毒性ガス)

分岐事象		分岐確率
○緊急停止・遮断	B1	9.81E-05
○バルブ手動閉止	B2	1.00E-03
○拡散防止	B3	1.42E-02

c) 災害の発生危険度

仙台地区の評価対象高圧ガス導管について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた各地区の高圧ガス導管の流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 2.2.40 に示す。可燃性ガスの流出による爆発・火災では、小量流出で D レベル、中量流出では E レベル、大量流出では E レベルとなる。

表 2.2.40 高圧ガス導管の爆発・火災の災害発生危険度分布(施設数)

地区	少量流出・ 爆発・火災		中量流出・ 爆発・火災		大量流出・ 爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	0	C	0
	D	1	D	0	D	0
	E	0	E	1	E	1
	計	1	計	1	計	1
備考	緊急停止設備が 設置されたタンク					

2.3 災害の影響度の推定

発生危険度の推定により抽出された各災害事象について、発生した場合の影響範囲を算定する。影響範囲は表 2.3.1 に示すようにランク付けする。

ET 図の災害の規模については影響範囲の大きさだけでなく、時間的な災害の継続時間も含まれている。影響度の推定においては時間的な要素は考慮されていないため、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。

表 2.3.1 災害の影響度区分

影響度 I	200m 以上
影響度 II	100m 以上 200m 未満
影響度 III	50m 以上 100m 未満
影響度 IV	20m 以上 50m 未満
影響度 V	20m 未満

2.3.1 影響度の算定モデルと条件

A. 解析モデル

災害の影響度を解析するための解析モデルは指針「参考資料 2 災害現象解析モデルの一例」で示されたモデルを用いる。

B. ガス拡散の気象条件

ガス拡散モデルを用いて可燃性ガスや毒性ガスが漏洩したときの拡散濃度を算定するためには、風速と大気安定度を特定する必要がある。

可燃性ガス及び毒性ガスの拡散を考えると、その濃度の分布は、風向や風速、大気安定度等の気象条件に影響される。このため、拡散ガスの影響算定においては、気象条件を、出現頻度を考慮せず、次のように設定した。

a) 風向

ガスは大気中を風下方向に拡散していくが、風向は、季節等により常に変化することから、本調査では風向を特定せず、すべての方向にガスが拡散し得るものと考えた。

b) 風速

各特別防災区域の風速については、近くに所在する気象庁の地域気象観測システム(アメダス)観測地点で計測された年間平均風速の 10 年間(2004 年から 2013 年)の平均風速を高さ 10m の風速に次式を用いて換算した。

$$V_{10} = V_R \left(\frac{10}{Z_R} \right)^{1/n}$$

ここで、

- V_{10} : 高さ 10m の風速
- Z_R : 観測点の風速計の高さ
- V_R : 高さ Z_R の風速
- n : 地表面の状態を表すパラメータ

また、森林、高い建物のない市街地、住宅地では $n=4$ とされている。
各特別防災区域における風速と気象庁観測所の風速を表 2.3.2 及び表 2.3.3 に示す。

表 2.3.2 各特別防災区域における風速

特別防災区域	地上 10m 換算 風速(m/s)	アメダス観測所
仙台地区	2.1	仙台
塩釜地区	2.3	塩釜

表 2.3.3 各気象庁観測所の風速

アメダス観測所 (観測所番号)	所在地	平均風速 (m/s)	風速計の 高さ(m)
仙台 (34392)	仙台市宮城野区五輪 仙台管区气象台	3.12	52.6
塩釜 (34331)	塩竈市伊保石	2.27	10.0

a) 大気安定度

平成 16 年度の防災アセスメント調査報告書においても議論されているように、指針で示されている算定方法を用いて算定を行った場合、影響範囲は実際よりも過大評価になると考えられる。特に大気安定度を「安定」とすると差が大きくなりすぎることから、影響度の算定に用いる大気安定度は各地区とも「中立」として算定を行う。

C. 流出口の想定

影響度の算定における流出量を算定するときの流出口については、施設の種類、災害の規模によって設定する。ただし、溶接配管の場合は毒性ガスと同様の 0.1cm^2 を想定する。

表 2.3.4 流出口の想定

想定災害	可燃性液体・ガスの漏洩	毒性ガスの漏洩	毒性液体の漏洩
少量流出	配管のフランジボルト 1 本が緩んで幅 0.1cm の隙間が開くことを想定。(図 2.3.1) ただし、下限値を 0.75cm^2 とする。	毒性ガス配管は溶接配管等の対策が施されていることが多いことから、長さ 1cm 、幅 0.1cm (面積 0.1cm^2)の亀裂を想定。	防液堤 1 辺の溝(幅 20cm を仮定)にたまった場合を想定。
中量流出/ ユニット 内流出	タンクに接続する配管断面積の $1/100$ を想定。ただし、流出口面積の下限値を 0.75cm^2 、上限値を 12.6cm^2 (直径 40cm 配管相当)とする。	同上	防液堤 2 辺の溝(幅 20cm を仮定)にたまった場合を想定。
大量流出/ 全量流出	同上	同上	防液堤 4 辺の溝(幅 20cm を仮定)にたまった場合を想定。



図 2.3.1 フランジボルトの緩みによる流出口の概念図

2.3.2 危険物タンクの災害影響度

A. 影響度の算定手順

危険物タンクで起こりうる流出火災、タンク火災、毒性ガス拡散の各災害事象の影響度算定の手順は以下に示すとおりである。

a) 流出火災

i. 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 火災の想定：流出直後に着火するとして、流出速度と燃焼速度から火炎面積を算定、同面積を底面とする円筒型火災を想定。火炎の高さは火炎底面の直径の 1.5 倍とする。
- ③ 影響度の算定：火炎中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

ii. 中量流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより火炎は大きくなる。

iii. 仕切堤内流出

- ① 火災の想定：仕切堤全面で炎上するとして、仕切堤面積と同面積を持つ円筒型火災を想定。火炎の高さは火炎底面の直径の 1.5 倍とする。ただし、仕切堤のある施設のみ適用。
- ② 影響度の算定：火炎中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

iv. 防油堤内流出

- ① 火災の想定：防油堤全面で炎上するとして、防油堤面積と同面積を持つ円筒型火災を想定。火炎の高さは火炎底面の直径の 1.5 倍とする。ただし、広大な防油堤の場合はタンク全量が深さ 0.1m で広がった面積とする。
- ② 影響度の算定：火炎中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

v. 防油堤外流出

算定困難であるとともに、発生頻度が小さいため、算定は行わずにすべての施設について最大レベルとする。

b) タンク火災

i. タンク小火災

- ① 火災の想定：タンク上部において、火炎半径をタンク半径の 1/10 に、火炎高さを火炎半径の 3 倍の円筒型火災と想定
- ② 影響度の算定：火炎中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

ii. リング火災

- ① 火災の想定：火炎幅をタンク半径の 1/5 に、底面がタンク面積、火炎高さを火炎幅の 1.5 倍の火災と想定。ただし、浮き屋根式タンクに限る。
- ② 影響度の算定：火炎中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

iii. タンク全面火災

- ① 火災の想定：底面がタンク面積、火炎高さを火炎半径の 3 倍の火災と想定。
- ② 影響度の算定：火炎中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

iv. **タンク全面防油堤火災**

流出火災における防油堤内火災と同様

c) **毒性拡散**

i. **小量流出**

- ① 流出率の算定
- ② 蒸発・拡散量の想定：小量流出火災において想定した火災面積と同様の面積から蒸発・拡散すると想定。
- ③ 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

ii. **中量流出**

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより蒸発・拡散する面積は大きくなる。

iii. **仕切堤内流出**

- ① 蒸発・拡散量の想定：仕切堤全面に流出し、蒸発・拡散すると想定。
- ② 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

iv. **防油堤内流出**

- ① 蒸発・拡散量の想定：防油堤全面に流出し、蒸発・拡散すると想定。
- ② 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

v. **防油堤外流出**

算定困難であるとともに、発生頻度が小さいため、算定は行わずにすべての施設について最大レベルとする。

B. 災害の影響度

各地区の評価対象危険物タンクについて、各災害事象の影響範囲を算定し、ランク付けしてその影響度を求める。

ランク付けされた各地区の危険物タンクの流出火災およびタンク火災の災害事象ごとの影響度分布をそれぞれ、表 2.3.5 及び表 2.3.6 に示す。

流出火災では各地区ともに、小量流出ではその影響は小さく V レベル、流出がしばらく継続する中量流出では IV-V レベル、仕切堤内流出や防油堤内に火災が拡大する場合は堤の大きさによって I-IV レベルと大きくなる。

タンク火災では、タンク屋根部におけるタンク小火災では影響度は IV-V レベル、リング火災では III-V レベル、タンク全面火災では II-V レベル、タンク全面防油堤火災では I-III レベルとなっている。

なお、防油堤外流出による流出火災の影響度は算定困難であることからすべての施設で最大レベルの I レベルとしている。

表 2.3.5 危険物タンクの流出火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・流出火災		中量流出・流出火災		仕切堤内流出・流出火災		防油堤内流出・流出火災		防油堤外流出・流出火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	0	I	14	I	77	I	79
	II	0	II	0	II	26	II	2	II	0
	III	0	III	0	III	38	III	0	III	0
	IV	0	IV	76	IV	1	IV	0	IV	0
	V	79	V	3	V	0	V	0	V	0
	計	79	計	79	計	79	計	79	計	79
塩釜地区	I	0	I	0	I	0	I	5	I	81
	II	0	II	0	II	5	II	58	II	0
	III	0	III	0	III	0	III	18	III	0
	IV	0	IV	68	IV	0	IV	0	IV	0
	V	53	V	13	V	0	V	0	V	0
	計	53	計	81	計	5	計	81	計	81
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			仕切堤が設置されたタンクのみ						

表 2.3.6 危険物タンクのタンク火災の災害影響度分布(施設数)

地区	タンク小火災		リング火災		タンク全面火災		タンク全面防油堤火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	0	I	0	I	77
	II	0	II	0	II	16	II	2
	III	0	III	16	III	31	III	0
	IV	3	IV	15	IV	31	IV	0
	V	76	V	0	V	1	V	0
	計	79	計	31	計	79	計	79
塩釜地区	I	0	I	0	I	0	I	5
	II	0	II	0	II	0	II	58
	III	0	III	0	III	0	III	18
	IV	0	IV	0	IV	68	IV	0
	V	81	V	3	V	13	V	0
	計	81	計	3	計	81	計	81
備考			浮き屋根式のタンクのみ					

2.3.3 高圧ガスタンクの災害影響度

A. 影響度の算定手順

高圧ガスタンクで起こりうるガス爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散の各災害事象の影響度算定の手順は以下に示すとおりである。

a) ガス爆発

i. 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 爆発ガス量の想定：短時間で遮断設備が作動して停止することから、5分間に漏洩したガスが全

量気化して爆発すると想定。

- ③ 影響度の算定：爆風圧が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

ii. 中量流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより爆発ガス量は大きくなる。

iii. 大量(長時間)流出

- ① 爆発ガス量の想定：10分間に漏洩したガスが全量気化して爆発すると想定。
② 影響度の算定：爆風圧が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

iv. 全量(長時間)流出

大量(長時間)流出と同様。

b) フラッシュ火災

i. 小量流出

- ① 流出率の算定
② 拡散ガス量の想定：漏洩したガスが全量気化し拡散、漏洩が停止するまで継続すると想定。
③ 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

ii. 中量流出

小量流出と同様。ただし、影響範囲は長く継続する。

iii. 大量(長時間)流出

- ① 拡散ガス量の想定：中量流出と同様。流出口が大きくなることにより拡散ガス量は大きくなる。
② 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

iv. 全量(長時間)流出

大量(長時間)流出と同様。

c) 毒性ガス拡散

i. 小量流出

- ① 流出率の算定
② 拡散ガス量の想定：漏洩したガスが全量気化し拡散、漏洩が停止するまで継続すると想定。
③ 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

ii. 中量流出

小量流出と同様。災害規模に応じて継続時間は長くなる。

iii. 大量(長時間)流出

小量流出と同様。災害規模に応じて継続時間は長くなる。

iv. 全量(長時間)流出

小量流出と同様。災害規模に応じて継続時間は長くなる。

B. 災害の影響度

各地区の評価対象高圧ガスタンクについて、各災害事象の影響範囲を算定し、ランク付けしてその影響度を求める。

ランク付けされた各地区の高圧ガスタンクの爆発、フラッシュ火災および毒性ガスの毒性拡散の災害事象ごとの影響度分布を、それぞれ、表 2.3.7、表 2.3.8 及び表 2.3.9 に示す。

配管および本体の小破による爆発では各地区とも、小量流出では III-IV レベル、流出がしばらく継続する中量流出では I-IV レベル、流出が継続する大量(長時間)流出では I-IV レベル、さらに継続する全量(長時間)流出では I-IV レベルとなっている。

フラッシュ火災の災害影響度は小量流出では III-V レベル、中量流出によるフラッシュ火災では I-V レベル、さらに継続して流出する大量(長時間)流出、全量(長時間)流出では I-V レベルとなる。フラッシュ火災では高圧ガスタンクの内容物により爆発下限濃度が異なるため、その影響度はばらつくことになる。

また、毒性拡散では濃度の基準値が小さいことから影響範囲は大きく、小量流出でも I レベルとなる。

表 2.3.7 高圧ガスタンクの爆発の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・爆発		中量流出・爆発		大量(長時間)流出・爆発		全量(長時間)流出・爆発	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	8	I	9	I	9
	II	0	II	5	II	4	II	5
	III	13	III	7	III	6	III	9
	IV	14	IV	7	IV	2	IV	4
	V	0	V	0	V	0	V	0
	計	27	計	27	計	21	計	27
塩釜地区	I	0	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	2	II	2	II	2
	III	3	III	1	III	1	III	1
	IV	0	IV	0	IV	0	IV	0
	V	0	V	0	V	0	V	0
	計	3	計	3	計	3	計	3
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			移送設備が設置されたタンクのみ				

表 2.3.8 高圧ガスタンクのフラッシュ火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・フラッシュ火災		中量流出・フラッシュ火災		大量(長時間)流出・フラッシュ火災		全量(長時間)流出・フラッシュ火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	8	I	8	I	8
	II	0	II	5	II	5	II	5
	III	9	III	7	III	6	III	7
	IV	6	IV	2	IV	0	IV	2
	V	12	V	5	V	2	V	5
	計	27	計	27	計	21	計	27
塩釜地区	I	0	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	0	II	0
	III	3	III	3	III	3	III	3
	IV	0	IV	0	IV	0	IV	0
	V	0	V	0	V	0	V	0
	計	3	計	3	計	3	計	3
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			移送設備が設置されたタンクのみ				

表 2.3.9 高圧ガスタンクの毒性拡散の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・毒性拡散		中量流出・毒性拡散		大量(長時間)流出・毒性拡散		全量(長時間)流出・毒性拡散	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	I	3	I	3	I	0	I	3
	II	0	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	0	III	0	III	0
	IV	0	IV	0	IV	0	IV	0
	V	0	V	0	V	0	V	0
	計	3	計	3	計	0	計	3
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			移送設備が設置されたタンクのみ				

2.3.4 プラントの災害影響度

A. 製造施設

a) 影響度の算定手順

製造施設で起こりうる流出火災、ガス爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散の各災害事象の影響度算定の手順は以下に示すとおりである。

i. 流出火災

1) 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 火災の想定：流出直後に着火するとして、流出速度と燃焼速度から火災面積を算定、同面積を底面とする円筒型火災を想定。火災の高さは火炎底面の直径の1.5倍とする。
- ③ 影響度の算定：火炎中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) ユニット内全量(長時間)流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより火炎は大きくなる。

3) 大量(長時間)流出

ユニット内全量(長時間)流出と同様。火災は長時間継続する可能性がある。

ii. **ガス爆発**

1) 小量流出

① 流出率の算定

② 爆発ガス量の想定：短時間で遮断設備が作動して停止することから、5分間に漏洩したガスが全量気化して爆発すると想定。ユニット内滞留量を超える場合はユニット内滞留量を爆発ガス量とする。

③ 影響度の算定：爆風圧が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) ユニット内全量(長時間)流出

① 爆発ガス量の想定：ユニット内滞留量が漏洩して爆発すると想定。

3) 大量(長時間)流出

① 爆発ガス量の想定：10分間に漏洩したガス量とユニット内滞留量のうち、大きい方を爆発ガス量と想定。

iii. **フラッシュ火災**

1) 小量流出

① 流出率の算定

② 拡散ガス量の想定：漏洩したガスが全量気化し拡散、漏洩が停止するまで継続すると想定。

③ 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) ユニット内全量(長時間)流出

小量流出と同様。ただし、影響範囲は長く継続する。

3) 大量(長時間)流出

① 拡散ガス量の想定：ユニット内全量(長時間)流出と同様。流出口が大きくなることにより拡散ガス量は大きくなる。

② 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

iv. **毒性ガス拡散**

1) 小量流出

① 流出率の算定

② 拡散ガス量の想定：漏洩したガスが全量気化し拡散、漏洩が停止するまで継続すると想定。

③ 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) ユニット内全量(長時間)流出

小量流出と同様。ただし、影響範囲は長く継続する。

3) 大量(長時間)流出

小量流出と同様。ただし、影響範囲は長く継続する。

b) 災害の影響度

仙台地区の評価対象製造施設について、各災害事象の影響範囲を算定し、ランク付けしてその影響度を求める。

ランク付けされた製造施設の可燃性液体の流出火災、可燃性ガスの爆発、フラッシュ火災の災害事象ごとの災害影響度分布を表 2.3.10 から表 2.3.13 に示す。

製造施設の可燃性液体の流出による流出火災では、ユニット内全量(長時間)流出による流出火災及びさらに大量に流出する場合には III-IV レベルとなる。

製造施設の可燃性ガスによる爆発では、ユニット内全量(長時間)流出による流出火災では I-IV レベル、さらに大量に流出する場合についても I-IV レベルとその影響範囲は内容物や処理温度によって異なる。

製造施設の可燃性ガスによるフラッシュ火災では、ユニット内全量(長時間)流出、大量(長時間)流出では I-V レベルとなる。

製造施設の毒性ガスによる毒性ガス拡散では、ユニット内全量(長時間)流出、大量(長時間)流出では IV-V レベルとなる。

表 2.3.10 製造施設可燃性液体の流出火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・流出火災		ユニット内全量(長時間)流出・流出火災		大量(長時間)流出・流出火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	1	III	1
	IV	0	IV	4	IV	4
	V	0	V	0	V	0
	計	0	計	5	計	5
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 2.3.11 製造施設可燃性ガスの爆発の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・爆発		ユニット内全量(長時間)流出・爆発		大量(長時間)流出・爆発	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	1	I	2
	II	0	II	1	II	2
	III	0	III	4	III	3
	IV	0	IV	3	IV	2
	V	0	V	0	V	0
	計	0	計	9	計	9
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 2.3.12 製造施設可燃性ガスのフラッシュ火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・火災		ユニット内全量(長時間)流出・火災		大量(長時間)流出・火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	2	I	3
	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	2	III	2
	IV	0	IV	2	IV	2
	V	0	V	3	V	2
	計	0	計	9	計	9
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 2.3.13 製造施設の毒性ガス拡散の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・毒性拡散		ユニット内全量(長時間)流出・毒性拡散		大量(長時間)流出・毒性拡散	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	0	III	0
	IV	0	IV	1	IV	1
	V	0	V	2	V	2
	計	0	計	3	計	3
備考	移送設備が設置された施設のみ					

B. 発電施設

a) 影響度の算定手順

発電施設で起こりうる流出火災の各災害事象の影響度算定の手順は以下に示すとおりである。

i. 流出火災

1) 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 火災の想定：流出直後に着火するとして、流出速度と燃焼速度から火炎面積を算定、同面積を底面とする円筒型火災を想定。火炎の高さは火炎底面の直径の1.5倍とする。
- ③ 影響度の算定：火炎中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) ユニット内全量(長時間)流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより火炎は大きくなる。

3) 大量(長時間)流出

ユニット内全量(長時間)流出と同様。火災は長時間継続する可能性がある。

ii. ガス爆発

1) 小量流出

- ① 爆発ガス量の想定：短時間で遮断設備が作動して停止することから、5分間に漏洩したガスが全量気化して爆発すると想定した。ユニット内滞留量を超える場合は、ユニット内滞留量を爆発ガス量とした。
- ② 影響度の算定：爆風圧が許容値（基準値）以上となる影響距離を求める。

2) ユニット内全量（長時間）流出

- ③ 爆発ガス量の想定：ユニット内滞留量が漏洩して爆発すると想定した。

3) 大量（長時間）流出

- ④ 爆発ガス量の想定：10分間に漏洩したガス量とユニット内滞留量のうち、大きい方を爆発ガス量と想定した。

iii. フラッシュ火災

1) 小量流出

- ① 拡散ガス量の想定：漏洩したガスが全量気化し拡散、漏洩が停止するまで継続すると想定した。
- ② 影響度の算定：拡散濃度が許容値（基準値）以上となる影響距離を求める。

2) ユニット内全量（長時間）流出

- ③ 小量流出と同様とした。流出口が大きくなることにより拡散ガス量は大きくなる。

3) 大量（長時間）流出

- ④ 拡散ガス量の想定：ユニット内全量（長時間）流出と同様とした。流出口が大きくなることにより拡散ガス量は大きくなる。

b) 災害の影響度

仙台地区の評価対象発電施設について、各災害事象の影響範囲を算定し、ランク付けしてその影響度を求める。

ランク付けされた発電施設の可燃性液体の流出火災の災害事象ごとの災害影響度分布を示す。可燃性液体の流出による流出火災では、小量流出でVレベル、ユニット内全量(長時間)流出、さらに大量に流出する場合にはIVレベルとなる。

表 2.3.14 発電施設の可燃性液体の流出火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・流出火災		ユニット内全量 (長時間)流出 ・流出火災		大量(長時間)流出・ 流出火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	0	III	0
	IV	0	IV	1	IV	1
	V	1	V	2	V	2
	計	1	計	3	計	3
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 2.3.15 発電施設の可燃性ガスのガス爆発の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・爆発		ユニット内全量(長時間)流出・爆発		大量(長時間)流出・爆発	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	1
	III	0	III	1	III	0
	IV	0	IV	0	IV	0
	V	0	V	0	V	0
	計	0	計	1	計	1
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 2.3.16 発電施設の可燃性ガスのフラッシュ火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・火災		ユニット内全量(長時間)流出・火災		大量(長時間)流出・火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	0	III	0
	IV	0	IV	1	IV	1
	V	0	V	0	V	0
	計	0	計	1	計	1
備考	移送設備が設置された施設のみ					

2.3.5 タンカー棧橋の災害影響度

A. 石油タンカー棧橋

a) 影響度の算定手順

石油タンカー棧橋で起こりうる流出火災、毒性ガス拡散の各災害事象の影響度算定の手順は以下に示すとおりである。

i. 流出火災

1) 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 火災の想定：流出直後に着火するとして、流出速度と燃焼速度から火災面積を算定、同面積を底面とする円筒型火災を想定。火災の高さは火炎底面の直径の1.5倍とする。
- ③ 影響度の算定：火災中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) 大量流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより火炎は大きくなる。

ii. 毒性ガス拡散

1) 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 拡散ガス量の想定：漏洩したガスが全量気化し拡散、漏洩が停止するまで継続すると想定。
- ③ 影響度の算定：火災中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) 大量流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより火炎は大きくなる。

b) 災害の影響度

各地区の評価対象タンカー棧橋について、各災害事象の影響範囲を算定し、ランク付けしてその影響度を求める。ランク付けされた各地区のタンカー棧橋の流出火災による災害事象ごとの災害影響度分布を表 2.3.17 に示す。

可燃性液体の流出による流出火災では、小量流出および小量流出からオイルフェンス外に流出油が拡散する場合で V レベル、さらに大量に流出する場合は IV-V レベルとなる。

表 2.3.17 タンカー棧橋の流出火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・流出火災		小量流出・流出油拡散・流出火災		大量流出・流出火災		大量流出・流出油拡散・流出火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	0	III	0	III	0
	IV	0	IV	0	IV	6	IV	6
	V	10	V	10	V	4	V	4
	計	10	計	10	計	10	計	10
塩釜地区	I	0	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	0	III	0	III	0
	IV	0	IV	0	IV	18	IV	18
	V	14	V	14	V	0	V	0
	計	14	計	14	計	18	計	18
備考	遮断設備が設置された設備のみ		遮断設備が設置された設備のみ					

B. LPG・LNG タンカー棧橋

a) 影響度の算定手順

LPG・LNG タンカー棧橋で起こりうるガス爆発、フラッシュ火災の各災害事象の影響度算定の手順は以下に示すとおりである。

i. ガス爆発

1) 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 爆発ガス量の想定：短時間で遮断設備が作動して停止することから、5 分間に漏洩したガスが全量気化して爆発すると想定。
- ③ 影響度の算定：爆風圧が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) 大量流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより爆発ガス量は大きくなる。

ii. フラッシュ火災

1) 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 拡散ガス量の想定：漏洩したガスが全量気化し拡散、漏洩が停止するまで継続すると想定。
- ③ 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) 大量流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより爆発ガス量は大きくなる。

b) 災害の影響度

仙台地区の評価対象 LPG・LNG 栈橋について、各災害事象の影響範囲を算定し、ランク付けしてその影響度を求める。ランク付けされた LPG・LNG 栈橋の爆発およびフラッシュ火災による災害事象ごとの災害影響度分布を表 2.3.18 及び表 2.3.19 に示す。

可燃性ガスの流出による爆発は小量流出では II-III レベル、大量流出では I-II レベルとなる。また、フラッシュ火災では、小量流出で III レベル、さらに大量に流出する場合は I-II レベルとなる。

表 2.3.18 LPG・LNG タンカー栈橋の爆発の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・爆発		大量流出・爆発	
	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	3
	II	1	II	1
	III	3	III	0
	IV	0	IV	0
	V	0	V	0
	計	4	計	4
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			

表 2.3.19 LPG・LNG タンカー・栈橋のフラッシュ火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・火災		大量流出・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	I	0	I	3
	II	0	II	1
	III	4	III	0
	IV	0	IV	0
	V	0	V	0
	計	4	計	4
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			

2.3.6 パイプラインの災害影響度

A. 危険物配管

a) 影響度の算定手順

危険物配管で起こりうる流出火災の各災害事象の影響度算定の手順は以下に示すとおりである。

i. 流出火災

1) 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 火災の想定：流出直後に着火するとして、流出速度と燃焼速度から火炎面積を算定、同面積を底面とする円筒型火災を想定。火炎の高さは火炎底面の直径の 1.5 倍とする。
- ③ 影響度の算定：火炎中央の高さにおける放射熱が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) 中量流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより火炎は大きくなる。

3) 大量流出

中量流出と同様。火災は長時間継続する可能性がある。

b) 災害の影響度

各地区の評価対象危険物配管について、各災害事象の影響範囲を算定し、ランク付けしてその影響度を求める。

ランク付けされた各地区の危険物配管の流出火災による災害事象ごとの災害影響度分布を表 2.3.20 に示す。

可燃性液体の流出による流出火災では、小量流出で V レベル、中量流出および大量流出においては IV となる。

表 2.3.20 危険物配管の流出火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・流出火災		中量流出・流出火災		大量流出・流出火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	0	III	0
	IV	0	IV	1	IV	1
	V	1	V	0	V	0
	計	1	計	1	計	1
塩釜地区	I	0	I	0	I	0
	II	0	II	0	II	0
	III	0	III	0	III	0
	IV	0	IV	18	IV	18
	V	16	V	0	V	0
	計	16	計	18	計	18
備考	緊急停止設備が設置されたタンク					

B. 高圧ガス導管

a) 影響度の算定手順

高圧ガス導管で起こりうるガス爆発、フラッシュ火災の各災害事象の影響度算定の手順は以下に示すとおりである。

i. ガス爆発

1) 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 爆発ガス量の想定：短時間で遮断設備が作動して停止することから、5分間に漏洩したガスが全量気化して爆発すると想定。
- ③ 影響度の算定：爆風圧が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) 中量流出

小量流出と同様。流出口が大きくなることにより爆発ガス量は大きくなる。

3) 大量流出

- ① 爆発ガス量の想定：10分間に漏洩したガスが全量気化して爆発すると想定。

ii. フラッシュ火災

1) 小量流出

- ① 流出率の算定
- ② 拡散ガス量の想定：漏洩したガスが全量気化し拡散、漏洩が停止するまで継続すると想定。
- ③ 影響度の算定：拡散濃度が許容値(基準値)以上となる影響距離を求める。

2) 中量流出

小量流出と同様。ただし、影響範囲は長く継続する。

3) 大量流出

① 拡散ガス量の想定：中量流出と同様。流出口が大きくなることにより拡散ガス量は大きくなる。

b) 災害の影響度

仙台地区の評価対象高圧ガス導管について、各災害事象の影響範囲を算定し、ランク付けしてその影響度を求める。ランク付けされた各地区の高圧ガス導管の爆発及びフラッシュ火災による災害事象ごとの災害影響度分布を表 2.3.21 及び表 2.3.22 に示す。

可燃性ガスの流出による爆発では、小量流出で III レベル、中量流出及び大量流出では I レベルとなる。フラッシュ火災では、小量流出では III レベル、中量流出及び大量流出では I レベルとなる。

表 2.3.21 高圧ガス導管の爆発の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・爆発		中量流出・爆発		大量流出・爆発	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	1	I	1
	II	0	II	0	II	0
	III	1	III	0	III	0
	IV	0	IV	0	IV	0
	V	0	V	0	V	0
	計	1	計	1	計	1
備考	緊急停止設備が設置されたタンク					

表 2.3.22 高圧ガス導管のフラッシュ火災の災害影響度分布(施設数)

地区	小量流出・火災		中量流出・火災		大量流出・火災	
	影響度	施設数	影響度	施設数	影響度	施設数
仙台地区	I	0	I	1	I	1
	II	0	II	0	II	0
	III	1	III	0	III	0
	IV	0	IV	0	IV	0
	V	0	V	0	V	0
	計	1	計	1	計	1
備考	緊急停止設備が設置されたタンク					

2.4 災害の発生危険度と影響度に基づいた総合的評価による災害想定

2.4.1 防災計画において想定すべき災害

指針を踏まえると想定災害の範囲は図 2.4.1 のように表すことができる。

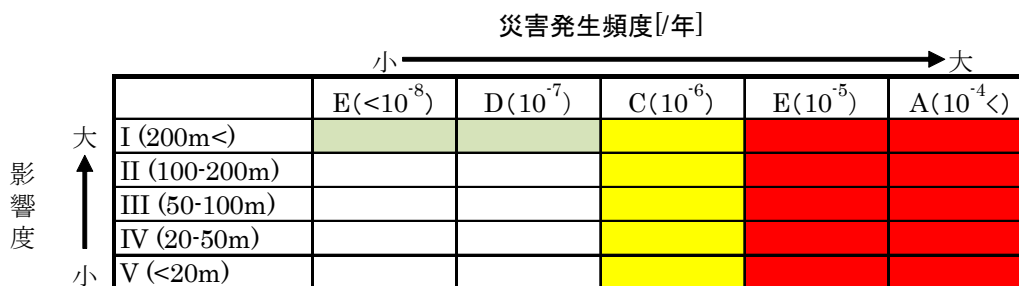


図 2.4.1 指針を踏まえた想定災害の範囲

ここで、平常時における災害の発生頻度と影響度の区分は表 2.4.1 及び表 2.4.2 のとおりである。

表 2.4.1 災害発生頻度区分(平常時)

危険度 A	10^{-4} /年程度以上 (5×10^{-5} /年以上)
危険度 B	10^{-5} /年程度 (5×10^{-6} /年以上 5×10^{-5} /年未満)
危険度 C	10^{-6} /年程度 (5×10^{-7} /年以上 5×10^{-6} /年未満)
危険度 D	10^{-7} /年程度 (5×10^{-8} /年以上 5×10^{-7} /年未満)
危険度 E	10^{-8} /年程度以下 (5×10^{-8} /年未満)

危険度 B は、 10^{-5} 回/施設・年（1施設、1年間当たり）以上の頻度で災害が発生することをあらわしており、該当施設が 1,000 施設あれば、0.01 回/年（100 年間に一度発生）することを示している。

また、危険度 C は、 10^{-6} 回/施設・年（1施設、1年間当たり）以上の頻度で災害が発生することをあらわしており、該当施設が 1,000 施設あれば、0.001 回/年（1,000 年間に一度発生）することを示している。

表 2.4.2 災害の影響度区分

影響度 I	200m 以上
影響度 II	100m 以上 200m 未満
影響度 III	50m 以上 100m 未満
影響度 IV	20m 以上 50m 未満
影響度 V	20m 未満

想定災害の抽出として発生頻度に着目し、現実には起こりうると考えて対策を検討しておくべき災害として、災害の発生頻度が高い第 1 段階(A-B レベル)の災害、および発生する可能性は小さい災害を含むが万一に備え対策を検討しておくべき第 2 段階(C レベル)の災害を想定災害として取り上げる。また、災害発生頻度が低頻度(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)においても発生頻度には言及せず、さらなる拡大様相も合わせて大規模災害のシナリオとして検討が必要である低頻度大規模災害とし

て設定される。

2.4.2 仙台地区

A. 危険物タンク

仙台地区の硫黄貯蔵の危険物タンクを除く危険物タンク 79 基について評価を実施した。

a) 流出火災

仙台地区の危険物タンク 79 基の流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.3(a)に示す。防油堤外流出・流出火災については、影響度は算定困難であるため、算定は行わずにすべての施設について最大のレベルとした。ここで、緊急遮断設備がないタンクは必ず中量流出以上となるため、小量流出の対象外となる。また、仕切堤のないタンクについては必ず防油堤内流出に拡大するため、仕切堤内流出の対象外となる。

仙台地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる流出火災は小量流出及び中量流出による流出火災であり、それぞれ 38 基及び 1 基であり、影響度は小量流出で V レベル、中量流出では IV レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる流出火災は、小量流出、中量流出、仕切堤内流出、防油堤内流出による流出火災であり、それぞれ 41 基、37 基、38 基、及び 1 基である。そのうち影響度が I レベルおよび II レベルに該当するものは、仕切堤内流出及び防油堤内流出による流出火災であり、それぞれ 30 基及び 1 基となっている。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については仕切堤内流出、防油堤内流出及び防油堤外流出による流出火災であり、それぞれ 2 基、76 基及び 79 基が該当する。

b) タンク火災

仙台地区の危険物タンク 79 基のタンク火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.3(b)に示す。ここで、リング火災は浮き屋根式のタンクのみが該当する。

仙台地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となるタンク火災は該当しない。第 2 段階(C レベル)となるタンク火災はタンク小火災であり、1 基が該当し、影響度は V レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)についてはタンク全面防油堤火災において、77 基が該当する。

表 2.4.3 危険物タンクの流出火災とタンク火災のリスクマトリックス(仙台地区)

(a)流出火災

(b)タンク火災

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	41	38	0	79
合計	0	0	41	38	0	79

中量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	39	36	1	0	76
V	0	2	1	0	0	3
合計	0	41	37	1	0	79

タンク小火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	2	1	0	0	0	3
V	39	36	1	0	0	76
合計	41	37	1	0	0	79

仕切堤内流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	2	12	0	0	14
II	0	8	18	0	0	26
III	0	30	8	0	0	38
IV	0	1	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	41	38	0	0	79

リング火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	16	0	0	0	0	16
IV	15	0	0	0	0	15
V	0	0	0	0	0	0
合計	31	0	0	0	0	31

防油堤内流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	39	37	1	0	0	77
II	2	0	0	0	0	2
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	41	37	1	0	0	79

タンク全面火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	16	0	0	0	0	16
III	31	0	0	0	0	31
IV	31	0	0	0	0	31
V	1	0	0	0	0	1
合計	79	0	0	0	0	79

防油堤外流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	79	0	0	0	0	79
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	79	0	0	0	0	79

タンク全面防油堤火災

	E	D	C	B	A	合計
I	77	0	0	0	0	77
II	2	0	0	0	0	2
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	79	0	0	0	0	79

B. 高圧ガスタンク

仙台地区の可燃性ガスタンク 9 基および可燃性毒性ガスタンク 3 基について評価を実施した。

a) ガス爆発

仙台地区にある可燃性ガスタンク及び可燃性毒性ガスについて、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.4(a)に示す。

仙台地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となるガス爆発は小量流出によるガス爆発において 27 基が該当し、影響度は III-IV レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となるガス爆発は該当なしとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については中量流出、大量(長時間)流出、及び全量(長時間)流出において、それぞれ 8 基、9 基、及び 9 基が該当する。

b) フラッシュ火災

仙台地区にある可燃性ガスタンク及び可燃性毒性ガスについて、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.4(b)に示す。

仙台地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は小量流出によるフラッシュ火災において 27 基が該当し、影響度は III-V レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となるフラッシュ火災は該当なしとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については中量流出、大量(長時間)流出、及び全量(長時間)流出において、それぞれ 8 基、8 基、及び 8 基が該当する。

c) 毒性拡散

仙台地区にある可燃性毒性ガスについて、毒性ガス拡散に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.5 に示す。

仙台地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は該当しない。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は小量流出による毒性ガス拡散であり、3 基すべてが該当し、影響度はいずれも I レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については中量流出、及び全量(長時間)流出において、それぞれ 3 基が該当する。

表 2.4.4 可燃性ガスタンクのリスクマトリックス(仙台地区)
 (a)ガス爆発 (b)フラッシュ火災

小量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	13	0	13
IV	0	0	0	14	0	14
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	27	0	27

小量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	9	0	9
IV	0	0	0	6	0	6
V	0	0	0	12	0	12
合計	0	0	0	27	0	27

中量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	8	0	0	0	8
II	0	5	0	0	0	5
III	0	7	0	0	0	7
IV	0	7	0	0	0	7
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	27	0	0	0	27

中量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	8	0	0	0	8
II	0	5	0	0	0	5
III	0	7	0	0	0	7
IV	0	2	0	0	0	2
V	0	5	0	0	0	5
合計	0	27	0	0	0	27

大量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	9	0	0	0	9
II	0	4	0	0	0	4
III	0	6	0	0	0	6
IV	0	2	0	0	0	2
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	21	0	0	0	21

大量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	8	0	0	0	8
II	0	5	0	0	0	5
III	0	6	0	0	0	6
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	2	0	0	0	2
合計	0	21	0	0	0	21

全量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	9	0	0	0	0	9
II	4	1	0	0	0	5
III	6	3	0	0	0	9
IV	2	2	0	0	0	4
V	0	0	0	0	0	0
合計	21	6	0	0	0	27

全量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	8	0	0	0	0	8
II	5	0	0	0	0	5
III	6	1	0	0	0	7
IV	0	2	0	0	0	2
V	2	3	0	0	0	5
合計	21	6	0	0	0	27

表 2.4.5 毒性ガスタンクのリスクマトリックス(仙台地区)

小量流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	3	0	0	3
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	3	0	0	3

中量流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	3	0	0	0	0	3
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	3	0	0	0	0	3

大量(長時間)流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

全量(長時間)流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	3	0	0	0	0	3
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	3	0	0	0	0	3

C. プラント

仙台地区の製造施設 14 施設、発電施設 4 施設について評価を実施した。

a) 製造施設

i. 流出火災

仙台地区の危険物を取り扱う製造施設 5 施設について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.6 に示す。

第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出による流出火災であり、5 施設すべてが該当し、影響度は III-IV レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は該当なしとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当しない。

表 2.4.6 製造施設の流出火災のリスクマトリックス(仙台地区)

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

ユニット内全量(長時間)流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	1	1
IV	0	0	0	0	4	4
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	5	5

大量(長時間)流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	1	0	0	0	0	1
IV	4	0	0	0	0	4
V	0	0	0	0	0	0
合計	5	0	0	0	0	5

ii. ガス爆発

仙台地区の高圧ガスを取り扱う製造施設 9 施設について、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.7(a) に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出によるガス爆発において、9 施設が該当し、影響度は I-IV レベルとなる。第 2 段階(C レベル)の想定災害は該当なしとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については大量(長時間)流出において、3 施設が該当する。

iii. フラッシュ火災

仙台地区の高圧ガスを取り扱う製造施設 9 施設について、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.7(b)に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出によるフラッシュ火災において、9 施設すべてが該当し、影響度は I-V レベルとなる。第 2 段階(C レベル)の想定災害は該当なしとなる。低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については大量(長時間)流出において、3 施設が該当する。

表 2.4.7 製造施設のガス爆発とフラッシュ火災のリスクマトリックス(仙台地区)

(a)ガス爆発

(b)フラッシュ火災

少量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

少量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

ユニット内全量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	1	1
II	0	0	0	0	1	1
III	0	0	0	0	4	4
IV	0	0	0	0	3	3
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	9	9

ユニット内全量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	2	2
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	2	2
IV	0	0	0	0	2	2
V	0	0	0	0	3	3
合計	0	0	0	0	9	9

大量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	2	0	0	0	0	2
II	2	0	0	0	0	2
III	3	0	0	0	0	3
IV	2	0	0	0	0	2
V	0	0	0	0	0	0
合計	9	0	0	0	0	9

大量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	3	0	0	0	0	3
II	0	0	0	0	0	0
III	2	0	0	0	0	2
IV	2	0	0	0	0	2
V	2	0	0	0	0	2
合計	9	0	0	0	0	9

iv. 毒性拡散

仙台地区の毒性ガスを取り扱う製造施設 5 施設について、毒性拡散に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.8 に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出による毒性拡散において、3 施設が該当し、影響度は IV-V レベルとなる。第 2 段階(C レベル)の想定災害は該当なしとなる。低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)についても該当する施設はない。

表 2.4.8 製造施設の毒性ガス拡散のリスクマトリックス(仙台地区)

小量流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

ユニット内全量(長時間)流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	1	1
V	0	0	0	0	2	2
合計	0	0	0	0	3	3

大量(長時間)流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	0	0	0	1
V	2	0	0	0	0	2
合計	3	0	0	0	0	3

b) 発電施設

i. 流出火災

仙台地区の危険物を取り扱う発電施設 3 施設について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.9 に示す。

第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は小量流出及びユニット内全量(長時間)流出による流出火災であり、それぞれ 1 施設及び 2 施設が該当し、影響度は IV-V レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は該当なしとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当しない。

ii. ガス爆発

仙台地区の高圧ガスを取り扱う発電施設 1 施設について、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.10(a)に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出によるガス爆発において、1 施設が該当し、影響度は III レベルとなる。第 2 段階(C レベル)の想定災害は該当なしとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)についても該当する施設はない。

iii. フラッシュ火災

仙台地区の高圧ガスを取り扱う発電施設 1 施設について、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.10(b)に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A・B レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出によるフラッシュ火災において、1 施設が該当し、影響度は III レベルとなる。また、第 2 段階(C レベル)の想定災害は該当なしとなる。低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)についても該当する施設はない。

表 2.4.9 発電施設の流出火災のリスクマトリックス(仙台地区)

少量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	1	0	1
合計	0	0	0	1	0	1

ユニット内全量(長時間)流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	1	0	1
V	1	0	0	1	0	2
合計	1	0	0	2	0	3

大量(長時間)流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	0	0	0	1
V	2	0	0	0	0	2
合計	3	0	0	0	0	3

表 2.4.10 発電施設のガス爆発とフラッシュ火災のリスクマトリックス(仙台地区)

(a)ガス爆発

(b)フラッシュ火災

小量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

小量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

ユニット内全量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	1	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	1	1

ユニット内全量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	1	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	1	1

大量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	1	0	0	0	0	1
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

大量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

D. タンカー棧橋

仙台地区の石油タンカー棧橋 10 施設、LPG・LNG タンカー棧橋 4 施設について評価を実施した。

a) 石油タンカー棧橋

仙台地区 10 施設の石油タンカー棧橋について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.11 に示す。

仙台地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は小量流出による流出火災であり、7 施設が該当し、影響度はいずれも V レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は小量流出、小量流出・流出油拡散による流出火災であり、それぞれ 3 施設、7 施設が該当する。影響度は小量流出及び小量流出・流出油拡散では V レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する施設はない。

b) LPG・LNG タンカー棧橋

i. ガス爆発

仙台地区 4 施設の LPG・LNG タンカー棧橋について、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.12(a)に示す。

第 1 段階、第 2 段階として想定される災害事象は該当しない。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については、大量流出によるガス爆発で 3 施設が該当する。

ii. フラッシュ火災

仙台地区 4 施設の LPG・LNG タンカー棧橋について、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.12(b)に示す。

第 1 段階、第 2 段階として想定される災害事象は該当しない。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については、大量流出によるフラッシュ火災で 3 施設が該当する。

表 2.4.11 石油タンカー棧橋の流出火災のリスクマトリックス(仙台地区)

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	3	7	0	10
合計	0	0	3	7	0	10

小量流出・流出油拡散・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	3	7	0	0	10
合計	0	3	7	0	0	10

大量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	6	0	0	0	0	6
V	4	0	0	0	0	4
合計	10	0	0	0	0	10

大量流出・流出油拡散・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	6	0	0	0	0	6
V	4	0	0	0	0	4
合計	10	0	0	0	0	10

表 2.4.12 LPG・LNG タンカー棧橋のリスクマトリックス（仙台地区）

(a)ガス爆発

(b)フラッシュ火災

小量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	1	0	0	0	1
III	0	3	0	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	4	0	0	0	4

小量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	4	0	0	0	4
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	4	0	0	0	4

大量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	3	0	0	0	0	3
II	1	0	0	0	0	1
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	4	0	0	0	0	4

大量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	3	0	0	0	0	3
II	1	0	0	0	0	1
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	4	0	0	0	0	4

E. パイプライン

仙台地区の危険物配管 1 施設、高圧ガス導管 1 施設について評価を実施した。

a) 危険物配管

仙台地区 1 施設の危険物配管について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.13 に示す。

仙台地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は小量流出による流出火災であり、1 施設が該当し、影響度は V レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は該当なしとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する災害はない。

b) 高圧ガス導管

i. ガス爆発

仙台地区の高圧ガス導管 1 施設について、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.14(a)に示す。

第 1 段階(A-B レベル)、第 2 段階(C レベル)として想定される災害事象は該当しない。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については、中量流出及び大量流出によるガス爆発において 1 施設が該当する。

ii. フラッシュ火災

仙台地区の高圧ガス導管 1 施設について、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.14(b)に示す。

第 1 段階(A-B レベル)、第 2 段階(C レベル)として想定される災害事象は該当しない。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については、中量流出及び大量流出によるフラッシュ火災において 1 施設が該当する。

表 2.4.13 危険物配管の流出火災のリスクマトリックス(仙台地区)

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	1	1
合計	0	0	0	0	1	1

中量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	1	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	1	0	0	0	1

大量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

表 2.4.14 高圧ガス導管のリスクマトリックス(仙台地区)

(a)ガス爆発

(b)フラッシュ火災

小量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	1	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	1	0	0	0	1

小量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	1	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	1	0	0	0	1

中量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	1	0	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

中量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	1	0	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

大量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	1	0	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

大量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	1	0	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

2.4.3 塩釜地区

A. 危険物タンク

塩釜地区の危険物タンク 81 基について評価を実施した。

a) 流出火災

塩釜地区の危険物タンク 81 基の流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.15(a) に示す。防油堤外流出・流出火災については、影響度は算定困難であるため、算定は行わずにすべての施設について最大のレベルとした。ここで、緊急遮断設備がないタンクは必ず中量流出以上となるため、小量流出の対象外となる。また、仕切堤のないタンクについては必ず防油堤内流出に拡大するため、仕切堤内流出の対象外となる。

塩釜地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる流出火災は小量流出及び中量流出による流出火災であり、それぞれ 16 基及び 5 基であり、影響度は小量流出で V レベル、中量流出では IV レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる流出火災は、小量流出、中量流出、仕切堤内流出、防油堤内流出による流出火災であり、それぞれ 37 基、52 基、5 基、及び 16 基である。そのうち影響度が I レベルおよび II レベルに該当するものは、仕切堤内流出及び防油堤内流出による流出火災であり、それぞれ 5 基及び 12 基となっている。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については防油堤内流出及び防油堤外流出による流出火災であり、それぞれ 4 基、及び 81 基が該当する。

b) タンク火災

塩釜地区の危険物タンク 81 基のタンク火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.15(b) に示す。ここで、リング火災は浮き屋根式のタンクのみが該当する。

塩釜地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となるタンク火災は該当しない。第 2 段階(C レベル)となるタンク火災はタンク小火災であり、3 基が該当し、影響度は V レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)についてはタンク全面防油堤火災において、5 基が該当する。

表 2.4.15 危険物タンクの流出火災とタンク火災のリスクマトリックス(塩釜地区)

(a)流出火災

(b)タンク火災

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	37	16	0	53
合計	0	0	37	16	0	53

中量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	24	39	5	0	68
V	0	0	13	0	0	13
合計	0	24	52	5	0	81

タンク小火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	33	45	3	0	0	81
合計	33	45	3	0	0	81

仕切堤内流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	5	0	0	5
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	5	0	0	5

リング火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	3	0	0	0	0	3
合計	3	0	0	0	0	3

防油堤内流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	4	1	0	0	5
II	0	47	11	0	0	58
III	0	14	4	0	0	18
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	65	16	0	0	81

タンク全面火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	68	0	0	0	0	68
V	13	0	0	0	0	13
合計	81	0	0	0	0	81

防油堤外流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	81	0	0	0	0	81
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	81	0	0	0	0	81

タンク全面防油堤火災

	E	D	C	B	A	合計
I	5	0	0	0	0	5
II	58	0	0	0	0	58
III	18	0	0	0	0	18
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	81	0	0	0	0	81

B. 高圧ガスタンク

塩釜地区の可燃性ガスタンク 3 基について評価を実施した。

a) ガス爆発

塩釜地区にある可燃性ガスタンクについて、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.16(a)に示す。

塩釜地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となるガス爆発は小量流出によるガス爆発において 3 基

が該当し、影響度は III レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となるガス爆発は該当なしとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する施設はない。

b) フラッシュ火災

塩釜地区にある可燃性ガスタンクについて、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 2.4.16(b)に示す。

塩釜地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は少量流出によるフラッシュ火災において 3 基が該当し、影響度は III レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となるフラッシュ火災は該当なしとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する施設はない。

表 2.4.16 可燃性ガスタンクのリスクマトリックス(塩釜地区)
(a)ガス爆発 (b)フラッシュ火災

少量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	3	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	3	0	3

少量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	3	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	3	0	3

中量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	2	0	0	0	2
III	0	1	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

中量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	3	0	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

大量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	2	0	0	0	2
III	0	1	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

大量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	3	0	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

全量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	2	0	0	0	0	2
III	1	0	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	3	0	0	0	0	3

全量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	3	0	0	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	3	0	0	0	0	3

C. タンカー棧橋

塩釜地区の石油タンカー棧橋 18 施設について評価を実施した。

a) 石油タンカー棧橋

塩釜地区 18 施設の石油タンカー棧橋について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを示す。

塩釜地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は小量流出及び大量流出による流出火災であり、それぞれ 7 施設及び 2 施設が該当し、影響度は小量流出では V レベル、大量流出では IV レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は小量流出、小量流出・流出油拡散及び大量流出による流出火災であり、それぞれ 7 施設、7 施設、及び 2 施設が該当する。影響度は小量流出及び小量流出・流出油拡散では V レベル、大量流出では IV レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する施設はない。

表 2.4.17 石油タンカー棧橋の流出火災のリスクマトリックス(塩釜地区)

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	7	7	0	14
合計	0	0	7	7	0	14

小量流出・流出油拡散・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	7	7	0	0	14
合計	0	7	7	0	0	14

大量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	14	0	2	2	0	18
V	0	0	0	0	0	0
合計	14	0	2	2	0	18

大量流出・流出油拡散・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	16	2	0	0	0	18
V	0	0	0	0	0	0
合計	16	2	0	0	0	18

D. パイプライン

塩釜地区の危険物配管 18 施設について評価を実施した。

a) 危険物配管

塩釜地区 18 施設の危険物配管について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを示す。

塩釜地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は小量流出及び中量流出による流出火災であり、それぞれ 16 施設及び 2 施設が該当し、影響度は小量流出では V レベル、中量流出では IV レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は大量流出による流出火災であり、1 施設が該当し、影響度は IV レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する災害はない。

表 2.4.18 危険物配管の流出火災のリスクマトリックス(塩釜地区)

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	16	16
合計	0	0	0	0	16	16

中量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	10	6	0	0	2	18
V	0	0	0	0	0	0
合計	10	6	0	0	2	18

大量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	16	1	1	0	0	18
V	0	0	0	0	0	0
合計	16	1	1	0	0	18

2.4.4 平常時の想定災害のまとめ

災害の発生危険度と影響度をランクに分け、両者を合わせたリスクマトリックスによる評価から、防災計画策定において想定すべき災害の抽出を行った。

想定災害の抽出として発生頻度に着目し、現実には起こりうると考えて対策を検討しておくべき災害として、災害の発生確率が高く、影響度が大きい第1段階(A・Bレベル)の災害、および発生する可能性は小さい災害を含むが万一に備え対策を検討しておくべき第2段階(Cレベル)の災害を想定災害として取り上げる。

また、評価上の発生確率は極めて小さくなったとしても、発生した時の影響が膨大な災害について、低頻度大規模災害(発生危険度 D・E レベルかつ影響度 I レベル)として取り上げる。

A. 仙台地区

仙台地区の平常時における災害危険性の評価として、想定災害のまとめを表 2.4.19 に示す。また、低頻度大規模災害として抽出した災害を表 2.4.20 に示す。

危険物タンクにおいては、第1段階の想定災害として小量流出および中量流出による流出火災が想定される。流出火災の影響度は最大で V レベルとなる。第2段階の想定災害としては小量流出、中量流出、仕切堤内流出及び防油堤内流出による流出火災が想定される。影響度は最大で I レベルであり、防油堤内流出による流出火災では、影響は他の事業所まで及ぶ可能性がある。

高圧ガスタンクにおいては、第1段階の想定災害として小量流出による、ガス爆発、フラッシュ火災が想定される。ガス爆発、フラッシュ火災とも影響度は最大で III レベルとなる。第2段階の想定災害としては小量流出による毒性ガス拡散が想定される。影響度はいずれも I レベルとなる。

プラント(発電施設)においては、第1段階の想定災害として小量流出および中量流出による流出火災、ユニット内全量(長時間)流出によるガス爆発及びフラッシュ火災が想定される。影響度は最大で流出火災では IV レベル、ガス爆発では III レベル、フラッシュ火災では IV レベルとなる。第2段階の想定災害に該当する事象はない。

プラント(製造施設)においては、第1段階の想定災害としていずれもユニット内全量(長時間)流出による流出火災、ガス爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散が想定される。影響度は最大で流出火災では III レベル、ガス爆発では I レベル、フラッシュ火災では I レベル、毒性ガス拡散では IV レベルとなる。第2段階の想定災害に該当する事象はない。

石油タンカー棧橋においては、第1段階の想定災害として小量流出による流出火災が想定され、その影響度は最大で V レベルとなる。第2段階の想定災害としては小量流出及び小量流出・流出油拡大による流出火災が想定される。影響度は最大で V レベルとなる。

LPG・LNG タンカー棧橋においては、第1段階及び第2段階の想定災害として該当する災害はない。

危険物配管においては、第1段階の想定災害として小量流出による流出火災が想定され、影響度は V レベルとなる。

高圧ガス導管においては、第1段階及び第2段階の想定災害として該当する災害はない。

表 2.4.19 平常時の想定災害(仙台地区)

施設	災害種別	第1段階災害		第2段階災害		
		想定災害	影響度	想定災害	影響度	
危険物タンク	流出火災	小量流出(38), 中量流出(1)	V	小量流出(41), 中量流出(37), 仕切堤内流出(38), 防油堤内流出(1)	I-V	
	タンク火災	該当なし	-	タンク小火災(1)	V	
高圧ガスタンク	ガス爆発	小量流出(27)	III-IV	該当なし	-	
	フラッシュ火災	小量流出(27)	III-V	該当なし	-	
	毒性ガス拡散	該当なし	-	小量流出(3)	I	
プラント	製造施設	流出火災	ユニット内全量(長時間)流出(5)	III-IV	該当なし	
		ガス爆発	ユニット内全量(長時間)流出(9)	I-IV	該当なし	
		フラッシュ火災	ユニット内全量(長時間)流出(9)	I-V	該当なし	
		毒性ガス拡散	ユニット内全量(長時間)流出(3)	IV-V	該当なし	
	発電施設	流出火災	小量流出(1), 中量流出(2)	IV-V	該当なし	-
		ガス爆発	ユニット内全量(長時間)流出(1)	III	該当なし	-
フラッシュ火災	ユニット内全量(長時間)流出(1)	IV	該当なし	-		
タンカー 棧橋	石油タンカー 流出火災	小量流出(6)	V	小量流出(3), 小量流出・流出油拡散(6)	V	
	LPG・LNGタンカー ガス爆発	該当なし	-	該当なし	-	
	フラッシュ火災	該当なし	-	該当なし	-	
パイプ ライン	危険物配管 流出火災	小量流出(1)	V	該当なし	-	
	高圧ガス導管	ガス爆発	該当なし	-	該当なし	
		フラッシュ火災	該当なし	-	該当なし	-

表 2.4.20 平常時の低頻度大規模災害(仙台地区)

施設	災害種別	低頻度大規模災害	
危険物タンク	流出火災	仕切堤内流出(2), 防油堤内流出(76), 防油堤外流出(79)	
	タンク火災	タンク全面防油堤内火災(77)	
高圧ガスタンク	ガス爆発	中量流出(8), 大量(長時間)流出(9), 全量(長時間)流出(9)	
	フラッシュ火災	中量流出(8), 大量(長時間)流出(8), 全量(長時間)流出(8)	
	毒性ガス拡散	中量流出(3), 全量(長時間)流出(3)	
プラント	製造施設	流出火災	該当なし
		ガス爆発	大量(長時間)流出(5)
		フラッシュ火災	大量(長時間)流出(3)
		毒性ガス拡散	該当なし
	発電施設	流出火災	該当なし
		ガス爆発	該当なし
フラッシュ火災	該当なし		
タンカー 棧橋	石油タンカー 流出火災	該当なし	
	LPG・LNGタンカー ガス爆発	大量流出(3)	
	フラッシュ火災	大量流出(3)	
パイプ ライン	危険物配管 流出火災	該当なし	
	高圧ガス導管	ガス爆発	中量流出(1), 大量流出(1)
フラッシュ火災		中量流出(1), 大量流出(1)	

B. 塩釜地区

塩釜地区の平常時における災害危険性の評価として、想定災害のまとめを表 2.4.21 に示す。また、低頻度大規模災害として抽出した災害を表 2.4.22 に示す。

危険物タンクにおいては、第1段階の想定災害として小量流出および中量流出による流出火災が想定される。流出火災の影響度は最大でIVレベルとなる。第2段階の想定災害としては小量流出、中量流出、仕切堤内流出及び防油堤内流出による流出火災が想定される。影響度は最大でIレベルであり、防油堤内流出による流出火災では、影響は他の事業所まで及ぶ可能性がある。

高圧ガスタンクにおいては、第1段階の想定災害として小量流出による、ガス爆発、フラッシュ火災が想定される。ガス爆発、フラッシュ火災とも影響度は最大でIIIレベルとなる。第2段階の想定災害は該当する災害はない。

石油タンカー棧橋においては、第1段階の想定災害として小量流出及び大量流出による流出火災が想定され、その影響度は最大でIVレベルとなる。第2段階の想定災害としては小量流出及び小量流出・流出油拡大、大量流出による流出火災が想定される。影響度は最大でIVレベルとなる。

危険物配管においては、第1段階の想定災害として小量流出及び中量流出による流出火災が想定され、影響度はIVレベルとなる。第2段階の想定災害としては大量流出による流出火災が想定され、影響度は最大でIVレベルとなる。

表 2.4.21 平常時の想定災害(塩釜地区)

施設	災害種別	第1段階災害		第2段階災害		
		想定災害	影響度	想定災害	影響度	
危険物タンク	流出火災	小量流出(16), 中量流出(5)	IV-V	小量流出(37), 中量流出(52), 仕切堤内流出(5), 防油堤内流出(16)	I-V	
	タンク火災	該当なし	-	タンク小火災(3)	V	
高圧ガスタンク	ガス爆発	小量流出(3)	III	該当なし	-	
	フラッシュ火災	小量流出(3)	III	該当なし	-	
タンカー 棧橋	石油タンカー 棧橋	流出火災	小量流出(7), 大量流出(2)	IV-V	小量流出(7), 小量流出・流出油拡散(7), 大量流出(2)	IV-V
パイプ ライン	危険物配管	流出火災	小量流出(16), 中量流出(2)	IV-V	大量流出(1)	IV

表 2.4.22 平常時の低頻度大規模災害(塩釜地区)

施設	災害種別	低頻度大規模災害	
危険物タンク	流出火災	防油堤内流出(4), 防油堤外流出(81)	
	タンク火災	タンク全面防油堤火災(5)	
高圧ガスタンク	ガス爆発	該当なし	
	フラッシュ火災	該当なし	
タンカー 棧橋	石油タンカー 棧橋	流出火災	該当なし
パイプ ライン	危険物配管	流出火災	該当なし

第3章 地震(短周期地震動)時の災害を対象とした評価

3.1 地震の想定

2011年東北地方太平洋沖地震は、我が国の観測史上最大規模の地震であり、本県も含め各地に甚大な被害をもたらした。その貴重な経験に鑑み、中央防災会議は今後の地震対策の基本的な考え方を示し、「地震・津波の想定を行うにあたっては、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」としている¹。従って、本アセスメントにおいても、最大クラスの地震・津波を想定しその影響度を検討すべきところであるが、本県においては平成16年の第三次地震被害想定調査以降、地震被害想定は行われていないことから、ここではこの第三次地震被害想定結果と東北地方太平洋沖地震での各種観測データとを比較し、影響が大きいと考えられる地震動強さ、津波高さを与える地震を想定することとした。

3.1.1 想定地震

A. 宮城県第三次地震被害想定調査

宮城県において「宮城県地震被害想定調査に関する報告書(平成16年3月、宮城県防災会議地震対策等専門部会)」では第三次地震被害想定調査として、下記3つの地震について被害想定が実施された。

- 宮城県沖地震（単独）
- 宮城県沖地震（連動）
- 長町ー利府線断層帯の地震

①宮城県沖地震（単独）

想定断層は、1978年宮城県沖地震の再来を考慮したものであるが、破壊の開始を宮城県に大きな震度分布となるように北東の破壊とした。石巻から北上川沿いや古川の低地、仙台平野等の軟弱地盤が分布する地域で震度6弱から6強となり、これらの地域では被害が大きくなっている。1978年の地震に比べると、住家建物の全半壊被害で3.5倍（約27,300棟）、死傷者で3倍強（約4,100人）となった。地震発生後の20分から60分後に宮城県沿岸に津波が到達し、最大2m前後の津波高となり、浸水被害が若干出る。

②宮城県沖地震（連動）

本想定地震は、地震調査研究推進本部が宮城県沖の最大級の地震として想定したものである。地震動の分布は単独の地震とよく似ているが、中北部でやや大きくなっている。特に、県北部地域の震度6強の分布が単独とは異なり、矢本町周辺で震度6強となる地域が分布している。単独の地震より地震動分布が大きくなった分、被害は大きくなる。

単独と同様、地震発生後の20分から60分後に宮城県沿岸に津波が到達する。牡鹿半島より北部沿岸では4mを超える津波高となる場所もあり、かなりの浸水域が予想される。

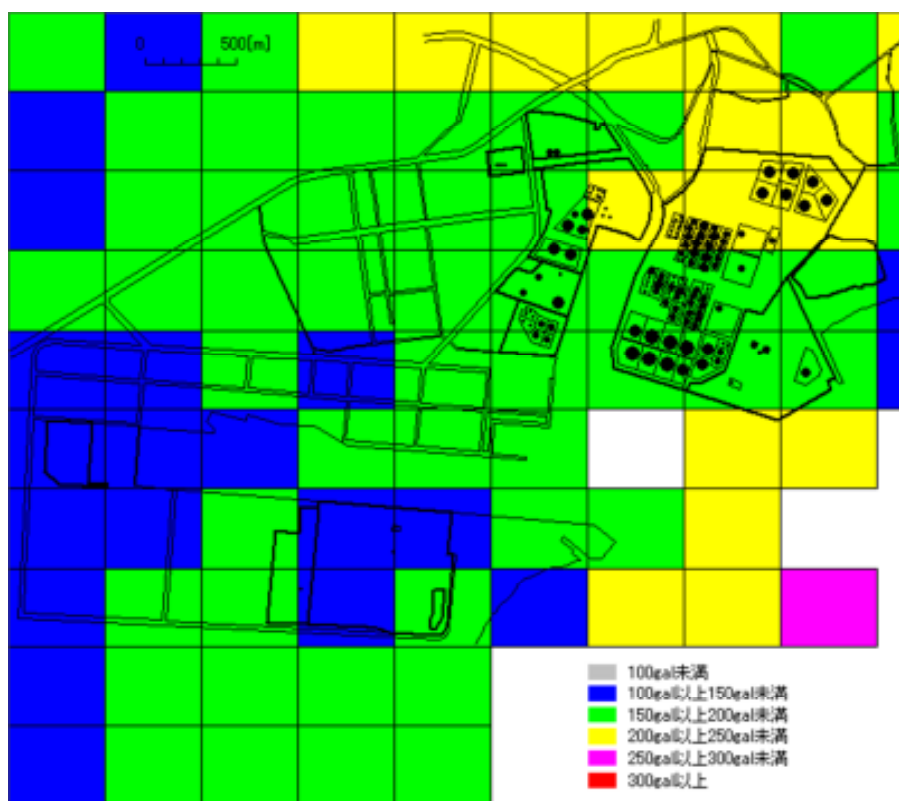
¹ 中央防災会議：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告、2011
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/pdf/houkoku.pdf>

③長町ー利府線断層帯の地震

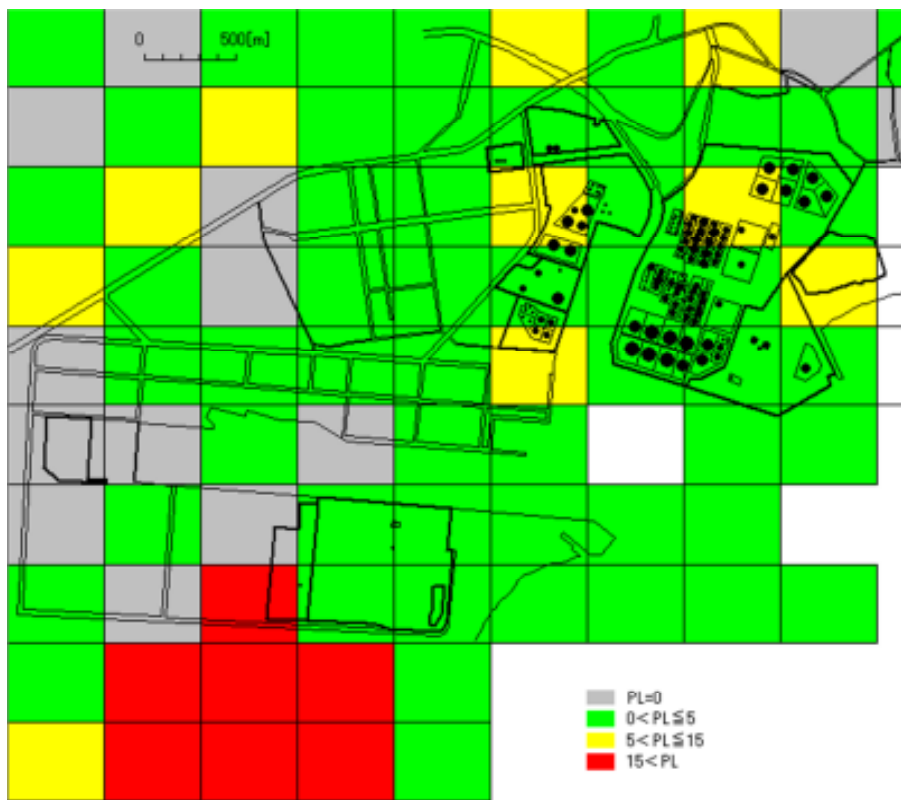
仙台市街地を通る長町ー利府線断層帯を想定地震としたもので、断層の直上となる青葉区、泉区、太白区のそれぞれ東部地域で震度6強、場所によっては震度7となるが、それより遠方になると急激に震度が小さくなっている。被害は、仙台市およびその周辺に集中している。仙台市の被害を宮城県沖地震（単独）と比べると建物全半壊棟数は6倍（約53,000棟）となり、死傷者数は9倍（約11,000人）となった。仙台市では人口集積地のため、場所によっては兵庫県南部地震の甚大な被害地域と同じような被害となることが予想される。

以下に各想定地震における各地区の加速度分布および液状化危険度分布を図3.1.1から図3.1.6に示す。

a) 宮城県沖地震（単独）

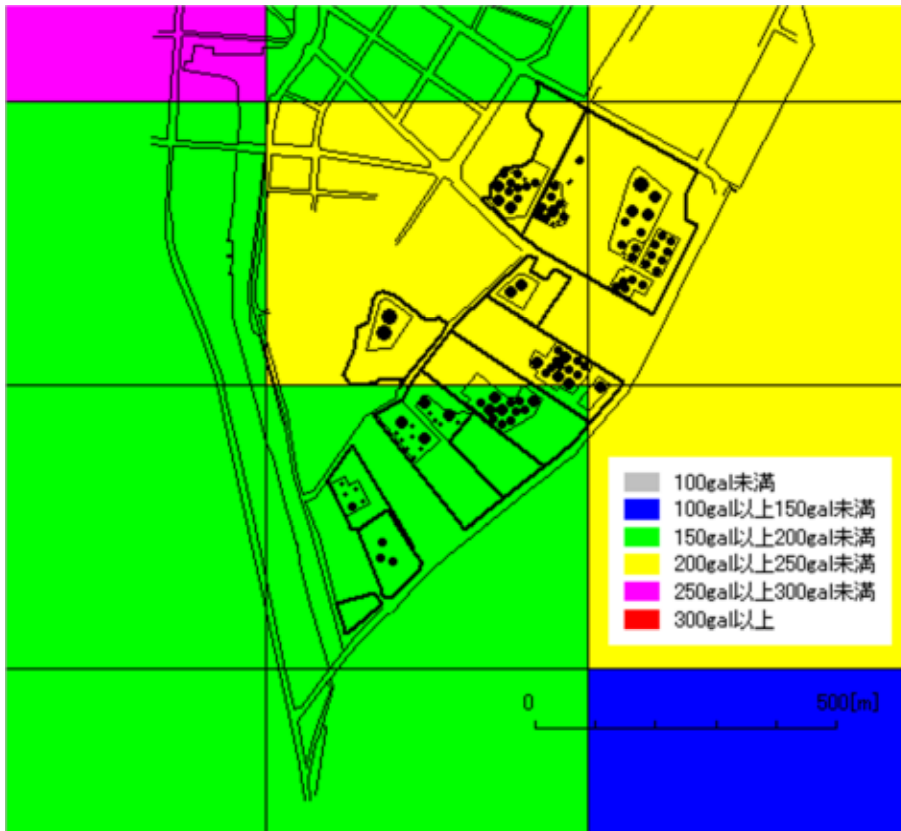


(a) 加速度分布



(b)液状化危険度分布

图 3.1.1 宮城県沖地震(单独) 仙台地区



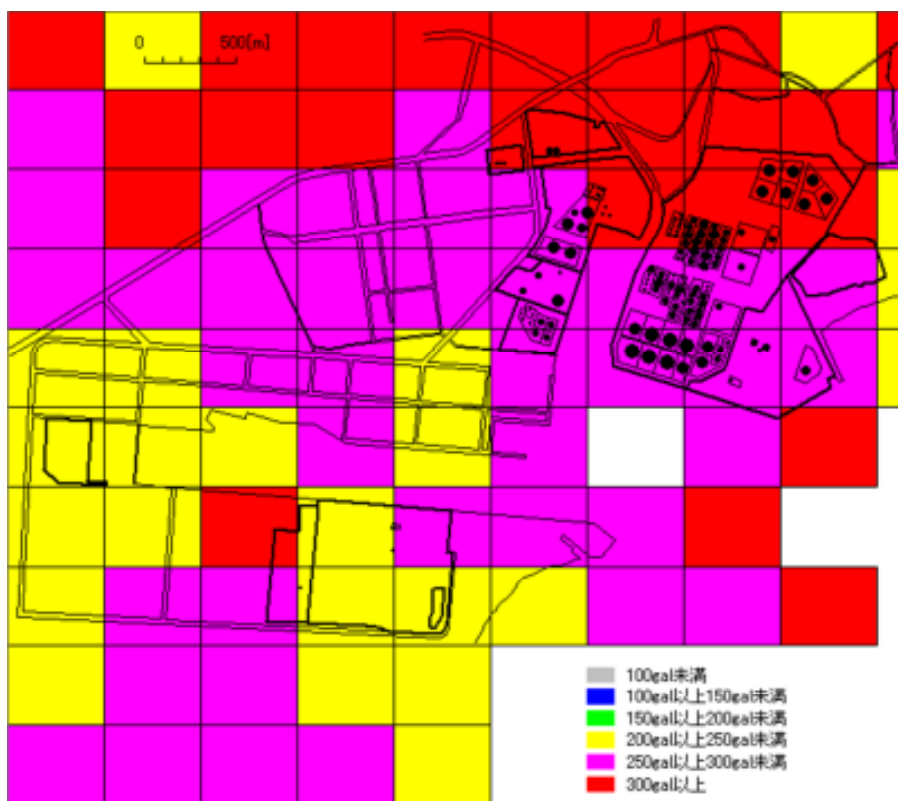
(a) 震度分布



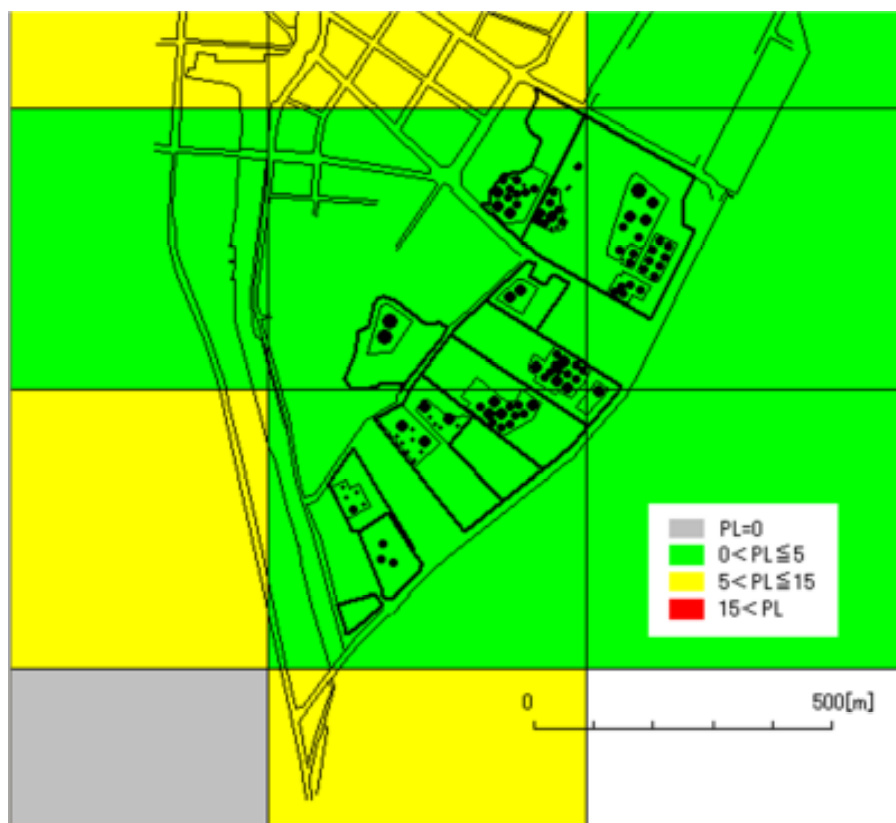
(b) 液状化危険度分布

図 3.1.2 宮城県沖地震(単独) 塩釜地区

b) 宮城県沖地震 (連動)

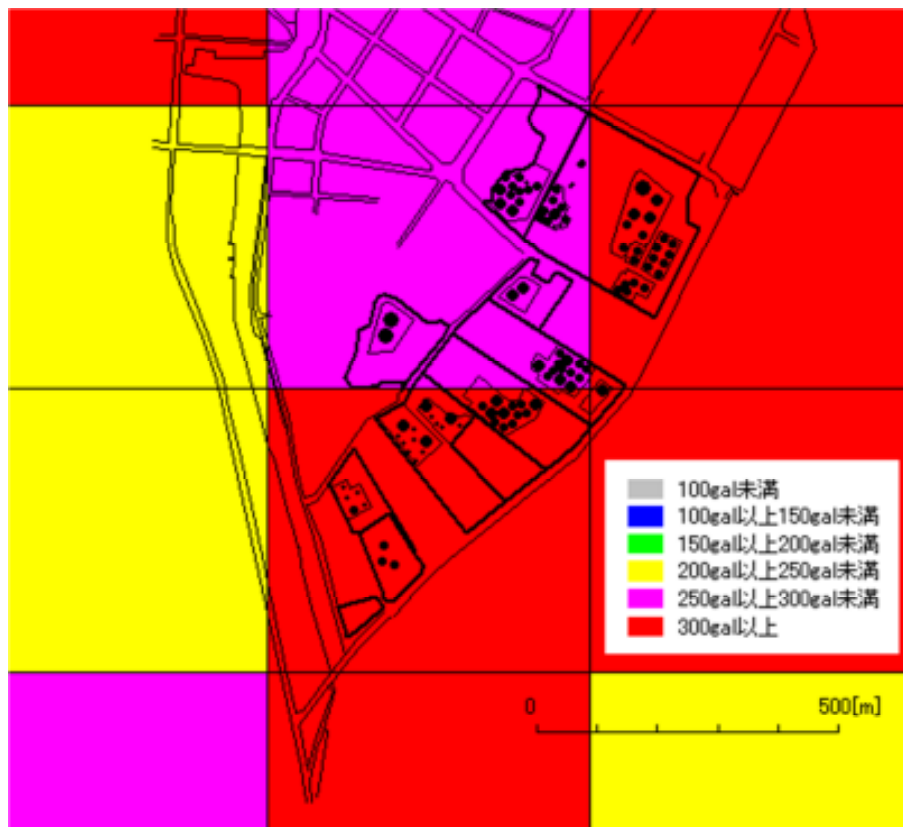


(a) 震度分布



(b) 液状化危険度分布

图 3.1.3 宮城県沖地震(連動) 仙台地区



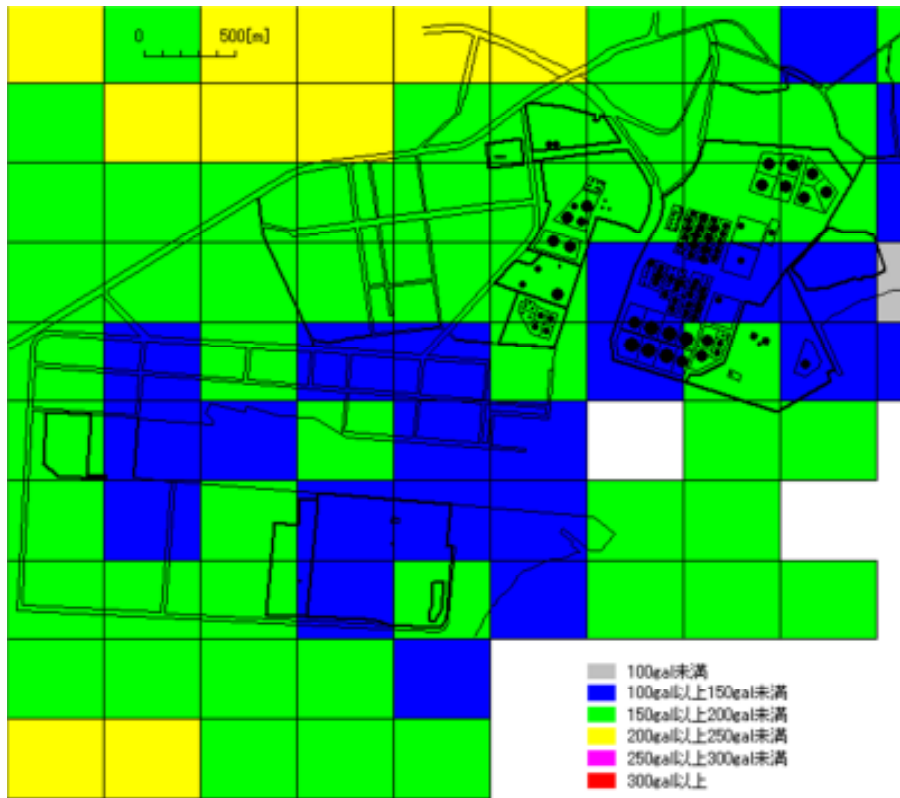
(a) 震度分布



(b)液状化危険度分布

図 3.1.4 宮城県沖地震(連動) 塩釜地区

c) 長町ー利府線断層帯の地震

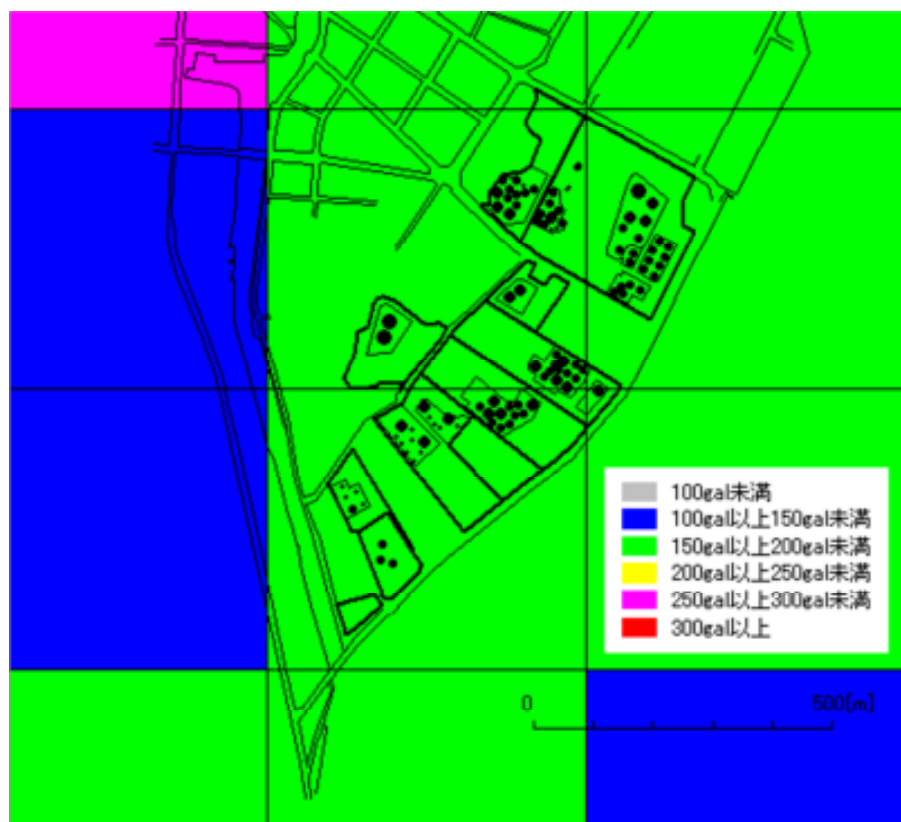


(a) 震度分布



(b)液状化危険度分布

図 3.1.5 長町一利府線断層帯の地震 仙台地区



(a) 震度分布



(b)液状化危険度 PL 値

図 3.1.6 長町一利府線断層帯の地震 塩釜地区

第三次地震被害想定調査における宮城県石油コンビナート等特別防災区域の各地区の最大計測震度と液状化危険度を表 3.1.1 に示す。

表 3.1.1 宮城県特別防災区域における最大計測震度と液状化危険度(第三次地震被害想定調査)

特別 防災区域	宮城県沖地震(単独)		宮城県沖地震(連動)		長町一利府線断層帯の 地震	
	計測震度	液状化 PL 値	計測震度	液状化 PL 値	計測震度	液状化 PL 値
仙台地区	5.74	5 < PL ≤ 15	6.05	5 < PL ≤ 15	5.79	PL=0
塩釜地区	5.79	0 < PL ≤ 5	6.20	0 < PL ≤ 5	5.79	PL=0

B. 東北地方太平洋沖地震

2011 年に東北地方に甚大な被害をもたらした東北地方太平洋沖地震では、気象庁、防災科学技術研究所、港湾空港技術研究所による観測点の強震記録が公開されている。しかしながら、各観測点とコンビナート特別区域では位置が異なるため、サイト増幅特性が大きく異なっている可能性がある。実際、港湾空港技術研究所による報告では、港湾空港技術研究所の観測点(仙台-G)と仙台地区にある高砂埠頭

とはサイト増幅特性が大きく異なっているとしている²。

今回のアセスメント調査では参考資料 2 の手法により、各事業所における加速度時刻歴を推定し、地表における計測震度を求めた。計測震度に関しては、気象庁ホームページ“計測震度の算出方法”³を参考とした。

地震の概要(気象庁)
1.発生日時平成 23 年 3 月 11 日(金)14 時 46 分頃
2.震源及び規模(推定) 三陸沖(牡鹿半島の東南東 130km 付近(北緯 38.1 度、東経 142.9 度)) モーメントマグニチュード Mw9.0、深さ約 24km
断層面のすべり分布
最大すべり量は約 30m 主な断層の長さは約 450km、幅は約 150km 本震での破壊継続時間は約 170 秒間

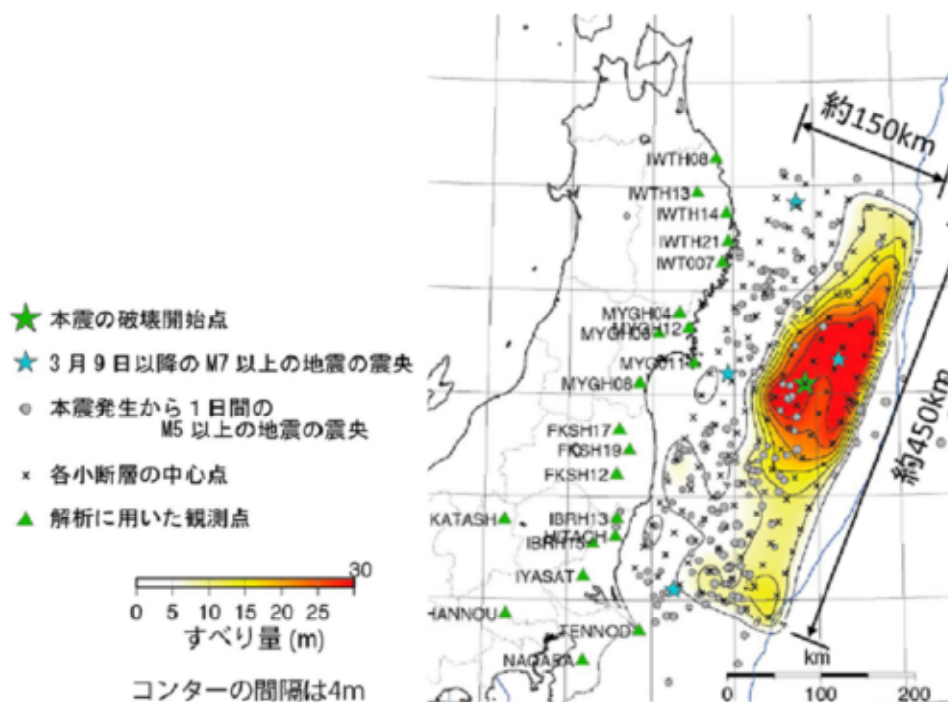


図 3.1.7 東北地方太平洋沖地震のすべり分布 (出典:中央防災会議資料)

² 2011 年東北地方太平洋沖地震による仙台塩釜港(仙台港区)高砂埠頭における地震動の事後推定(第 1 版)

http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bst/taisin/research_jpn/research_jpn_2011/jr_4051_rev1.html

³ http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/calc_sindo.htm

液状化危険度については、若松らによると、仙台平野において 745～2008 年に発生した液状化は 8 回であり、東北地方太平洋沖地震による液状化発生地点では特別防災区域における液状化発生地点のデータは見られない⁴。ただし、津波被害地域において建物が不等沈下により大きく傾いている事例については、津波による洗掘で基礎地盤が流出して傾斜した可能性もあるため、噴砂の痕跡が確認されていない場合は液状化と見なされていない。

3.1.2 地震(短周期地震動を対象)時の発生危険度の算定に用いる地震動

短周期地震動を受けた時(以下、強震動)の発生危険度の評価において用いる各地区の震度は、宮城県第三次地震被害想定調査結果と東北太平洋沖地震の推定による計測震度において過去最大となる値を用いた。ただし、塩釜地区の事業所地点において東北太平洋沖地震に対する各地区での推定計測震度を比較し大きい方の値を用いた。

液状化危険度 PL については、東北地方太平洋沖地震による液状化が不明のため、第三次地震被害想定調査による値を用いた。

強震時の発生危険度の評価に用いた各地区の計測震度と PL 値の最大値を表 3.1.2 に示す。

表 3.1.2 強震時の発生危険度の評価に用いた地震動の計測震度の最大値

特別 防災区域	計測震度地区最大値		液状化 PL 値
	東北地方 太平洋沖地震 (事後推定)	第三次地震被害想 定調査	
仙台地区	5.62	6.05	$5 < PL \leq 15$
塩釜地区	6.79	6.20	$0 < PL \leq 5$

3.1.3 液状化危険度

液状化危険度の想定方法は道路橋示方書(2002)の液状化判定式が用いられている。また、各地点における液状化の発生と程度を評価する指標として、液状化指数 PL 値を岩崎ほか(1980)の手法により求めている。PL 値と液状化危険度の関係は概ね以下のとおりである。

$30.0 < PL$	液状化危険度は極めて高い
$15.0 < PL \leq 30.0$	液状化危険度はかなり高い
$5.0 < PL \leq 15.0$	液状化危険度は高い
$0.0 < PL \leq 5.0$	液状化危険度は低い
$PL = 0.0$	液状化危険度はかなり低い

⁴若松加寿江、“2011 年東北地方太平洋沖地震による地盤の再液状化”、日本地震工学会論文集 第 12 巻、第 5 号、(2012)。

3.2 災害の拡大シナリオの展開

強震時の事故を対象とした災害シナリオを展開する場合、初期事象の発生原因は平常時とは異なるが、初期事象の種類や事象分岐は平常時と同様であると考えられる。

強震時の事故を対象とした主要施設の初期事象を表 3.2.1 に示す。

表 3.2.1 主要施設の初期事象の設定(強震時)

施設種別		初期事象
危険物タンク	可燃性液体タンク	○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
	毒性危険物タンク	○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
高圧ガスタンク	可燃性ガスタンク (LPG、LNG、ガスホルダーを含む)	○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
	毒性ガスタンク	○配管の小破による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○配管の大破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
毒劇物液体タンク		○配管の破壊による漏洩
		○タンク本体の小破による漏洩
		○タンク本体の大破による漏洩
プラント	製造施設	○装置の小破による漏洩
		○装置の大破による漏洩
		○装置の破損による漏洩
タンカー棧橋	石油タンカー棧橋	○配管の破損による漏洩
	LPG・LNG タンカー棧橋	○配管の破損による漏洩
パイプライン	危険物配管	○配管からの漏洩
	高圧ガス導管	○導管からの漏洩

3.3 災害の発生危険度(確率)の推定

平常時の防災アセスメントにおいては、対象施設の災害発生危険度を1年あたりの発生頻度(1/年)として表わした。地震時においては、地域防災計画との整合を図るため、想定地震の発生頻度は考慮せずに、地震が発生した時の被害確率として表すことになる。この場合、ETの初期事象は想定地震が発生したときの施設の被害確率として与え、これをもとに得られる中間あるいは最終的な災害事象の発生確率も同じ意味を持つ。

算定された発生危険度については発生確率を表3.3.1のようにランク付けすることにより、評価を行う。

表 3.3.1 災害発生確率区分(強震時)

危険度 A	10 ⁻² 程度以上 (5×10 ⁻³ 以上)
危険度 B	10 ⁻³ 程度 (5×10 ⁻⁴ 以上 5×10 ⁻³ 未満)
危険度 C	10 ⁻⁴ 程度 (5×10 ⁻⁵ 以上 5×10 ⁻⁴ 未満)
危険度 D	10 ⁻⁵ 程度 (5×10 ⁻⁶ 以上 5×10 ⁻⁵ 未満)
危険度 E	10 ⁻⁶ 程度以下 (5×10 ⁻⁶ 未満)

例えば、危険度 B の発生確率 10⁻³ とは当該地震動が発生した場合、1,000 施設の内 1 施設で発生する確率となる。

A. 初期事象の発生確率

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、対象施設の種類や構造など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。

過去の地震(阪神・淡路大震災、東日本大震災)における危険物タンク等の被害状況が指針に示されている。被害状況は初期事象の確率推定にあたって多少の参考にはなるにしても、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ほとんど見られないため、これらをもとに対象地区で予想される地震動に対して妥当な確率値を設定することは困難と言える。

指針には工学的な解析によって得られた危険物タンクの被害モデルが示されており、これを適用する。

B. 事象の分岐確率

a) 機械的な防災設備

機械的な防災設備である緊急遮断装置(緊急停止・遮断装置)、緊急移送装置、散水・水幕装置、消火装置、拡散防止・除害装置など機械的な防災設備が地震時に作動しなくなる主な原因としては、

- 駆動源(主として電力)の停止
- 地震による設備(特に空気、水、消火剤などを送る配管系)の損傷
- 設備の偶発的な故障

が挙げられる。

駆動源の停止は、常用の駆動電源の停止(電力などのユーティリティからの供給の停止)および非常

用の駆動電源の停止が重なったときに起こりうる。

震度 6 弱以上の強い地震動が想定される場合は、常用の駆動電源は停止する可能性は極めて高く、非常用の駆動電源起動の成否が機械的な防災設備の信頼性に大きく寄与する。

震度 5 強以下の地震動の場合、非常用駆動電源がある場合の事象分岐確率は平常時と同定度とし、一方で非常用駆動電源がない場合は平常時の 5 倍として設定する。また、震度 6 弱以上の強い地震動が想定される場合は、非常用駆動電源がある場合で平常時の 5 倍、ない場合は 10 倍として事象分岐確率を設定した。

b) 物理的な防災設備

物理的な防災設備である仕切堤・防油堤、防液堤は地盤の液状化を想定した耐震補強の補強措置が施されていない場合、流出防止効果は期待できないと考えられる。物理的な防災設備に関しては、地震での液状化危険度判定結果を踏まえ、震度 6 弱以上の地震動では事象分岐確率は平常時の 5 倍、かつ設備が設置されている地点で地盤の液状化の発生が想定される場合(液状化指数 PL 値(後述)が 15 より大きい)は液状化の危険性が高いとして、平常時の 10 倍であるとして設定する。震度 5 強以下の地震動においては平常時と同程度とする。

c) 人為的な防災活動

人為的な防災活動であるバルブの手動閉止は、地震動の強さや地盤の液状化の発生の有無によって想定される漏洩や火災現場への到着の困難さに左右されると考えられる。従って、震度 6 弱以上の地震動ではバルブの手動閉止に関する事象分岐確率は平常時の 10 倍として設定する。オイルフェンスの設置に関しても同様に設定する。

d) 着火

着火に関する事象分岐確率に関しては平常時と同程度と考える。

3.3.1 危険物タンクの災害発生危険度

A. 初期事象の発生確率

危険物タンクの側板座屈に関して、地表加速度と座屈発生率の関係が工学的に得られている。このような地震動強さと被害との関係はフラジリティ曲線と呼ばれている。

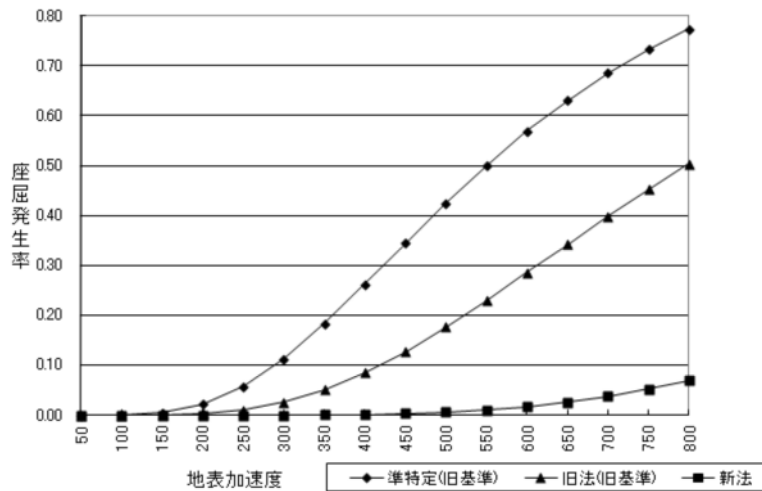


図 3.3.1 危険物タンクの側板座屈に関するフラジリティ曲線(満液時)

注 1)このフラジリティ曲線は平成 7 年に実施された石油タンクの調査結果に基づき作成されたものであり、当時旧法タンクの多くが旧基準であり、準特定タンクの技術基準は制定されていなかった。

また、図 3.3.1 における地表加速度は最大加速度ではなく、タンクの損傷に実効的に作用する加速度とされている。ここでは気象庁の計測震度算出に用いられている次式により、計測震度から地表加速度を逆算により求める。

$$I = 2 \log A + 0.94$$

$$A = 10^{0.5(I-0.984)}$$

ここで、

- I : 計測震度
- A : 地表加速度(gal)

初期事象として取り上げた漏洩の発生確率はフラジリティ曲線から求められる座屈発生確率に、座屈から漏洩に至る確率を乗じて求めることになる。

$$R = C_r f_i(A)$$

ここで、

- R : タンク本体からの漏洩確率
- C_r : 座屈から漏洩に至る確率

$$f_i(A) : \text{座屈発生確率}$$

i : タンク種

(=1: 新法、旧法・新基準、=2: 旧法・旧基準、準特定・新基準、=3: 準特定・旧

基準)

また、座屈発生確率を求めるフラジリティ曲線は対数正規累積分布関数と呼ばれ、平均(μ)と標準偏差(σ)の2つのパラメータを用いて次式で表すことができる。

$$f_i(A) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \int_0^A \frac{e^{-\frac{-(\ln(t)-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}}}{t}$$

パラメータはタンク種により、以下のような値をとる。

タンク種	μ_i	σ_i
○準特定・旧基準	6.31	0.5
○旧法・旧基準	6.68	0.5
○新法	7.35	0.45

平成 26 年現在、旧法・旧基準タンクはすべて新基準に適合、準特定・旧基準タンクの一部が新基準に適合している。そこで、消防法令において定められている各タンク技術基準に基づいた対数正規分布の平均値を補正した新法タンク、旧法・新基準タンク及び準特定・新基準タンクのフラジリティ曲線を用いることとする⁵。

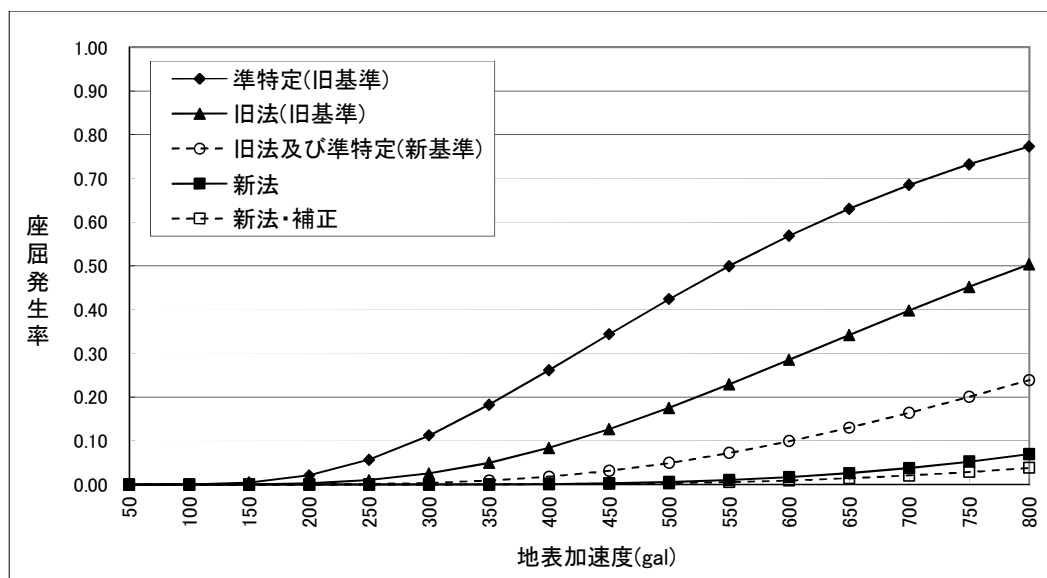


図 3.3.2 屋外タンク貯蔵所の側板座屈に関するフラジリティ関数（満液時、 $\nu_1=1$ ）⁵

⁵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、2014.

$$\mu_1 = \mu + \ln\left(\frac{1}{\rho}\right)\left(\frac{v_1}{1}\right)$$

$$\mu_2 = \mu + \ln\left(\frac{1.1}{1.5}\right)\left(\frac{v_1}{1}\right)$$

ここで、 μ_1 は新法タンクの平均（補正）、 μ_2 は旧法・新基準及び準特定・新基準タンクの平均を表す。 μ は指針に示されている新法タンクの平均（=7.35）、 ρ は貯蔵物の実液比重である。また、 v_1 は消防法告示（自治省告示第九十九号、昭和49年）で定める特定屋外タンク貯蔵所（容量1,000kl以上のタンク）の設計水平震度の算出に用いられるパラメータの1つであり、地域によって0.7、0.85、1のいずれかの値を取り、宮城県の場合は1となる。以上より、タンク種によるパラメータは以下のような値をとる。

i	タンク種	μ_i	σ_i
1	○新法(補正)	μ_1	0.45
2	○旧法・新基準、準特定・新基準	μ_2	0.5
3	○準特定・旧基準	6.31	0.5

座屈から漏洩に至る確率 C_r は「石油コンビナートの防災アセスメント」消防庁（平成25年）では、阪神・淡路大震災のときの被害状況から、小破漏洩では0.1~0.2とし、大破漏洩では事例がほとんどないため、小破漏洩の1/10として0.01~0.02としている。ここでは C_r として安全率を考慮して、小破では0.2、大破では0.02として設定する。

補正されたフラジリティ曲線をもとに、配管からの漏洩の発生確率を求める。配管の破損に関しては、液状化に大きく影響を受けると考えられる。配管の破損からの漏洩に関してはタンク本体とはメカニズムが異なるが、タンク本体と同様な座屈から漏洩に至る確率 C_r を用いることに加え、液状化危険度ランクによる補正係数を乗じて設定する。

$$R = C_l C_r f_i(A)$$

ここで、

- R : 配管からの漏洩確率
- C_l : 液状化危険度ランクによる補正係数

また、指針では配管からの漏洩に関する発生確率はタンク本体の小破の場合の2倍から数倍の値を設定するように示されている。

液状化危険度ランクによる補正係数 C_l は液状化指数により次のように設定されている。

液状化指数 PL 値		C _i
液状化危険度はかなり低い	PL=0	1.0
液状化危険度は低い	0<PL≤5	1.2
液状化危険度は高い	5<PL≤15	1.5
液状化危険度はかなり高い	15<PL	3.0

ただし、配管の破損による漏洩の発生確率に関して、フラジリティ曲線は新法タンクにおいても、旧法・新基準タンクの値を用いる。また、配管の破損に関しても発生確率は大破については小破の 1/10 であると仮定した。

以上より、危険物タンクにおける初期事象の発生確率は表 3.3.2 のように設定する。

表 3.3.2 地震(短周期地震動)時における危険物タンクの初期事象発生確率

初期事象		タンク種別	発生確率
○配管の小破による漏洩	IE1	A	$0.2f_3(A)C_i(PL)$
		B,C	$0.2f_2(A)C_i(PL)$
○タンク本体の小破による漏洩	IE2	A	$0.2f_3(A)$
		B	$0.2f_2(A)$
		C	$0.2f_1(A)$
○配管の大破による漏洩	IE3	A	$0.02f_3(A)C_i(PL)$
		B,C	$0.02f_2(A)C_i(PL)$
○タンク本体の大破による漏洩	IE4	A	$0.02f_3(A)$
		B	$0.02f_2(A)$
		C	$0.02f_1(A)$

注 1)タンク種別 A は準特定・旧基準、B は旧法・新基準、準特定・新基準、C は新法タンク(補正)
注 2)A は地表加速度

なお、タンク屋根における火災に至る浮き屋根シール部の損傷、タンク屋根板の損傷は地震時ではスロッシングが原因と考えられるため、対象外とした。

B. 事象の分岐確率

表 3.3.3 強震時における危険物タンク(可燃性)の事象分岐確率

分岐事象				分岐確率
○緊急遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	6.73E-05
			震度 6 弱以上	3.37E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.37E-04
			震度 6 弱以上	6.73E-04
○バルブ手動閉止	B2	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上		1.00E-02
○一時的な流出拡大防止	B3			1.00E-01
○緊急移送	B4	非常電源あり	震度 5 強以下	3.06E-05
			震度 6 弱以上	1.53E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	1.53E-04
			震度 6 弱以上	3.06E-04
○仕切堤による拡大防止	B5	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上	PL 値<15	5.00E-03
			PL 値>15	1.00E-02
○防油堤による拡大防止	B6	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上	PL 値<15	5.00E-03
			PL 値>15	1.00E-02
○着火	B7	第 1 石油類		1.00E-01
		第 2,3,4 石油類		1.00E-02

表 3.3.4 強震時における危険物タンク(毒性)の事象分岐確率

分岐事象				分岐確率
○緊急遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	6.73E-05
			震度 6 弱以上	3.37E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.37E-04
			震度 6 弱以上	6.73E-04
○バルブ手動閉止	B2	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上		1.00E-02
○一時的な流出拡大防止	B3			1.00E-01
○緊急移送	B4	非常電源あり	震度 5 強以下	3.06E-05
			震度 6 弱以上	1.53E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	1.53E-04

			震度 6 弱以上	3.06E-04
○仕切堤による拡大防止	B5	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上	PL 値<15	5.00E-03
			PL 値>15	1.00E-02
○防油堤による拡大防止	B6	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上	PL 値<15	5.00E-03
			PL 値>15	1.00E-02
○拡散防止	B7			1.00E-01

C. 災害の発生危険度

各地区の評価対象危険物タンクについて初期事象と分岐確率を地震時の ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生確率を算定する。各危険物タンクの災害発生確率は、貯蔵する内容物分類、設備の有無、タンク構造基準に加え、各地区の地震動による震度、液状化危険度等により異なる。なお、タンク屋根における火災に至る浮き屋根シール部の損傷・漏洩、タンク屋根板の損傷は、地震時ではスロッシングが原因と考えられるため、対象外とした。

ランク付けされた各地区の危険物タンクの流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 3.3.5 に示す。仙台地区では、小量流出では C-D レベル、流出がしばらく継続する中量流出では C-E レベル、仕切堤内流出では D-E レベル、防油堤内に火災が拡大する場合は D-E レベル、防油堤外まで火災が拡大する場合は E レベルと低い値となる。塩釜地区では、小量流出では A-C レベル、流出がしばらく継続する中量流出では B-D レベル、仕切堤内流出では C レベル、防油堤内に火災が拡大する場合は B-E レベル、防油堤外まで火災が拡大する場合は E レベルと低い値となる。

表 3.3.5 危険物タンクの流出火災の災害発生危険度分布（施設数）

地区	小量流出・流出火災		中量流出・流出火災		仕切堤内流出・流出火災		防油堤内流出・流出火災		防油堤外流出・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0
	C	38	C	28	C	0	C	0	C	0
	D	41	D	43	D	38	D	28	D	0
	E	0	E	8	E	41	E	51	E	79
	計	79	計	79	計	79	計	79	計	79
塩釜地区	A	10	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	36	B	29	B	0	B	16	B	0
	C	7	C	41	C	5	C	41	C	0
	D	0	D	11	D	0	D	20	D	0
	E	0	E	0	E	0	E	4	E	81
	計	53	計	81	計	5	計	81	計	81
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			仕切堤が設置されたタンクのみ						

3.3.2 高圧ガスタンクの災害発生危険度

A. 初期事象の発生確率

例えば、消防庁が平成 24 年度に実施した石油コンビナート施設や防災設備の被害状況調査による、高圧ガスタンクの被害状況は表 3.3.6 のようになっている。

表 3.3.6 東日本大震災における高圧ガスタンクの被害状況(LNG 以外の可燃性ガス)

震度			5強以下	6弱	6強以上
施設数			410	92	8
被害 施設	タンク本体	漏洩	1 (2.4×10^{-3})	—	—
		破損	—	4 (4.3×10^{-2})	—
	配管等	漏洩	1 (2.4×10^{-3})	—	—
		破損	—	—	—

- 注 1) 袖ヶ浦市で天然ガスの漏洩が発生しているが、当該事業所は調査の対象事業所に含まれていない
 注 2) 漏洩（本体 1 施設、配管等 1 施設）は、市原市の LPG タンク爆発火災を本体、配管それぞれ各 1 件として計上したものである。
 注 3) タンク本体の破損（4 施設）のうち、2 施設は球形タンクのブレース破断、他の 2 施設は液状化によるタンクの傾きとなっている。
 注 4) 括弧内の数値は 1 施設あたりの被害率を表す。
 注 5) この調査では主に震度 5 強以上を観測した事業所を対象としている。

また、危険物タンクで大きな被害で出た新潟地震や宮城県沖地震も含めて、高圧ガスタンクでの漏洩はほとんど発生していない。

高圧ガスタンクでは危険物タンクのところで述べたような工学的解析結果も報告されていない。一般的にガスタンクは強度が高いことから、危険物タンク(新法)の場合の漏洩の発生確率と同程度と考え、下記のように設定することとした。

なお、タンク本体の大破による漏洩については過去に事例が少ないことと、高圧ガスタンクの強度が高いことを踏まえ、評価の対象外とした。

表 3.3.7 地震(短周期地震動)時における高圧ガスタンクの初期事象発生確率

初期事象		発生確率
○配管の小破による漏洩	IE1	$0.2f_2(A)C_i(PL)$
○タンク本体の小破による漏洩	IE2	$0.2f_1(A)$
○配管の大破による漏洩	IE3	$0.02f_2(A)C_i(PL)$
○タンク本体の大破による漏洩	IE4	-

- 注 1) f_i は補正前の危険物タンクの fragility 曲線($i=1$:新法、 $i=2$:旧法・旧基準、準特定・新基準)である。

B. 事象の分岐確率

表 3.3.8 地震(短周期地震動)時における可燃性ガスタンクの事象分岐確率

分岐事象				分岐確率
○緊急遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	9.81E-05
			震度 6 弱以上	4.91E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	4.91E-04
			震度 6 弱以上	9.81E-04
○バルブ手動閉止	B2	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上		1.00E-02
○緊急移送	B3	非常電源あり	震度 5 強以下	6.09E-05
			震度 6 弱以上	3.05E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.05E-04
			震度 6 弱以上	6.09E-04
○防液堤による拡大防止	B5	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上	PL 値<15	5.00E-03
			PL 値>15	1.00E-02
○着火	B7			1.00E-01

表 3.3.9 地震(短周期地震動)時における毒性ガスタンクの事象分岐確率

分岐事象				分岐確率
○緊急遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	9.81E-05
			震度 6 弱以上	4.91E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	4.91E-04
			震度 6 弱以上	9.81E-04
○バルブ手動閉止	B2	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上		1.00E-02
○緊急移送	B3	非常電源あり	震度 5 強以下	6.09E-05
			震度 6 弱以上	3.05E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.05E-04
			震度 6 弱以上	6.09E-04
○防液堤による拡大防止	B4	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上	PL 値<15	5.00E-03
			PL 値>15	1.00E-02
○拡散防止・除害	B5			1.00E-01

C. 災害の発生危険度

評価対象高圧ガスタンクについて初期事象と分岐確率を地震時の ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生確率を算定する。

ランク付けされた高圧ガスタンクの爆発・火災および毒性ガス拡散の災害事象ごとの発生危険度分布を表 3.3.10 および表 3.3.11 に示す。

配管および本体の小破による爆発・火災では、小量流出において C レベル、流出がしばらく継続する中量流出では D レベル、流出が継続する大量(長時間)流出では D レベル、さらに継続する全量(長時間)流出では D-E レベルとなっている。

毒性拡散では短時間で終息するような小量流出では C レベル、中量流出では D レベル、それ以上に継続して流出する全量(長時間)流出ではその危険度は D レベルとなっている。

表 3.3.10 高圧ガスタンクの爆発・火災の災害発生危険度分布 (施設数)

地区	小量流出・爆発・火災		中量流出・爆発・火災		大量(長時間)流出・爆発・火災		全量(長時間)流出・爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0	B	0
	C	27	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	27	D	21	D	6
	E	0	E	0	E	0	E	21
	計	27	計	27	計	21	計	27
塩釜地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0	B	0
	C	3	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	3	D	3	D	0
	E	0	E	0	E	0	E	3
	計	3	計	3	計	3	計	3
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			移送設備が設置されたタンクのみ				

表 3.3.11 高圧ガスタンクの毒性ガス拡散の災害発生危険度分布 (施設数)

地区	小量流出・毒性拡散		中量流出・毒性拡散		大量(長時間)流出・毒性拡散		全量(長時間)流出・毒性拡散	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0	B	0
	C	3	C	0	C	0	C	0
	D	0	D	3	D	0	D	3
	E	0	E	0	E	0	E	0
	計	3	計	3	計	0	計	3
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			移送設備が設置されたタンクのみ				

3.3.3 プラントの災害発生危険度

A. 製造施設

a) 初期事象の発生確率

製造施設の配管強度は危険物タンクや高圧ガスタンクと同程度と考えられる。

表 3.3.12 地震(短周期地震動)時における製造施設の初期事象発生確率

初期事象		発生確率
○装置の小破による漏洩	IE1	$0.2f_2(A)$
○装置の大破による漏洩	IE2	$0.02f_2(A)$

注 1) f_i は補正前の危険物タンクのフラジリティ曲線($i=2$: 旧法・旧基準、準特定・新基準)である。

b) 事象の分岐確率

表 3.3.13 強震時における危険物製造所(可燃性)、高圧ガス製造施設(可燃性ガス)の事象分岐確率

分岐事象			分岐確率	
○緊急停止・遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	6.73E-05
			震度 6 弱以上	3.37E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.37E-04
			震度 6 弱以上	6.73E-04
○緊急移送(内容物処理)	B2	非常電源あり	震度 5 強以下	6.09E-05
			震度 6 弱以上	3.05E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.05E-04
			震度 6 弱以上	6.09E-04
○着火	B3		1.00E-01	

表 3.3.14 強震時における危険物製造所(毒性)、高圧ガス製造施設(毒性ガス)の事象分岐確率

分岐事象			分岐確率	
○緊急停止・遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	6.73E-05
			震度 6 弱以上	3.37E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.37E-04
			震度 6 弱以上	6.73E-04
○緊急移送(内容物処理)	B2	非常電源あり	震度 5 強以下	6.09E-05
			震度 6 弱以上	3.05E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.05E-04
			震度 6 弱以上	6.09E-04
○拡散防止・除害	B3	震度 5 強以下		1.42E-02
		震度 6 弱以上		7.10E-02

c) 災害の発生危険度

評価対象製造施設について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた製造施設の可燃性液体の流出火災、可燃性ガスの爆発・火災、毒性ガス拡散の災害事象ごとの発生危険度分布を表 3.3.15 から表 3.3.17 に示す。

可燃性液体の流出による流出火災では、ユニット内全量(長時間)流出による流出火災では C レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルと推定される。

製造施設の可燃性ガスによる爆発・火災では、ユニット内全量(長時間)流出では C レベル、大量(長時間)流出による爆発・火災では E レベルとなっている。

製造施設の毒性ガスによる毒性ガス拡散では、ユニット内全量(長時間)流出による爆発・火災では C レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルと推定される。

表 3.3.15 製造施設可燃性液体の流出火災の災害発生危険度分布 (施設数)

地区	小量流出・流出火災		ユニット内全量(長時間)流出・流出火災		大量(長時間)流出・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	5	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	5
	計	0	計	5	計	5
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 3.3.16 製造施設可燃性ガスの爆発・火災の災害発生危険度分布 (施設数)

地区	小量流出・爆発・火災		ユニット内全量(長時間)流出・爆発・火災		大量(長時間)流出・爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	9	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	9
	計	0	計	9	計	9
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 3.3.17 製造施設毒性ガスの毒性ガス拡散の災害発生危険度分布（施設数）

地区	小量流出・毒性ガス拡散		ユニット内全量（長時間）流出・毒性ガス拡散		大量（長時間）流出・毒性ガス拡散	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	3	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	3
	計	0	計	3	計	3
備考	移送設備が設置された施設のみ					

B. 発電施設

a) 初期事象の発生確率

製造施設と同様に配管強度は危険物タンクや高圧ガスタンクと同程度と考えられる。

表 3.3.18 強震時における発電施設の初期事象発生確率

初期事象		発生確率
○装置の小破による漏洩	IE1	$0.2f_2(A)$
○装置の大破による漏洩	IE2	$0.02f_2(A)$

注 1) f_i は補正前の危険物タンクのフラジリティ曲線($i=2$:旧法・旧基準、準特定・新基準)である。

b) 事象の分岐確率

表 3.3.19 強震時における発電施設の事象分岐確率

分岐事象			分岐確率	
○緊急停止・遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	6.73E-05
			震度 6 弱以上	3.37E-04
	非常電源なし	震度 5 強以下	3.37E-04	
		震度 6 弱以上	6.73E-04	
○緊急移送(内容物処理)	B2	非常電源あり	震度 5 強以下	6.09E-05
			震度 6 弱以上	3.05E-04
	非常電源なし	震度 5 強以下	3.05E-04	
		震度 6 弱以上	6.09E-04	
○着火	B3		1.00E-01	

c) 災害の発生危険度

各地区の評価対象発電施設について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた発電施設の可燃性液体の流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 3.3.20 に示す。可燃性液体の流出による流出火災では、小量流出で C レベル、ユニット内全量(長時間)流出では C および E レベル、大量(長時間)流出では E レベルと推定される。

ランク付けされた発電施設の可燃性ガスの爆発・火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 3.3.21 に示す。可燃性ガスの流出による爆発・火災では、ユニット内全量(長時間)流出では C レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルと推定される。

表 3.3.20 発電施設の流出火災の災害発生危険度分布（施設数）

地区	小量流出・流出火災		ユニット内全量(長時間)流出・流出火災		大量(長時間)流出・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	1	C	2	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	1	E	3
	計	1	計	3	計	3
備考	移送設備が設置された施設のみ					

表 3.3.21 発電施設の爆発・火災の災害発生危険度分布（施設数）

地区	小量流出・爆発・火災		ユニット内全量(長時間)流出・爆発・火災		大量(長時間)流出・爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	0	C	1	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	1
	計	0	計	1	計	1
備考	移送設備が設置された施設のみ					

3.3.4 タンカー棧橋の災害発生危険度

A. 石油タンカー棧橋

a) 初期事象の発生確率

危険物タンクにおける配管の小破による漏洩と同程度と考えられるため、以下のように設定した。

表 3.3.22 強震時における石油タンカー棧橋の初期事象発生確率

初期事象	発生確率	
○配管の破損による漏洩	IE1	$0.2f_2(A)C_1(PL)$

注 1) f_2 は補正前の危険物タンクのフラジリティ曲線(=2: 旧法・旧基準、準特定・新基準)である。

b) 事象の分岐確率

表 3.3.23 強震時における石油タンカー棧橋の事象分岐確率

分岐事象				分岐確率
○緊急停止・遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	6.73E-05
			震度 6 弱以上	3.37E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.37E-04
			震度 6 弱以上	6.73E-04
○オイルフェンス	B2	震度 5 強以下		1.00E-02
		震度 6 弱以上		1.00E-01
○着火	B3	第 1 石油類		1.00E-01
		第 2, 第 3, 第 4 石油類		1.00E-02

c) 災害の発生危険度

各地区の評価対象石油タンカー棧橋について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた各地区の石油タンカー棧橋の可燃性液体の流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 3.3.24 に示す。可燃性液体の流出による流出火災では、仙台地区において小量流出で C-D レベル、オイルフェンス外に流出油が拡散する場合は D-E レベル、さらに大量に流出する場合は E レベル、オイルフェンス外に流出油が拡散する場合も E レベルとなる。塩釜地区では小量流出で A-C レベル、流出油が拡散する場合で B-D レベル、さらに大量に流出する場合は B-E レベル、オイルフェンス外に流出油が拡散する場合は E レベルとなる。

表 3.3.24 石油タンカー棧橋の流出火災の災害発生危険度分布（施設数）

地区	小量流出・流出火災		小量流出・流出油拡散・流出火災		大量流出・流出火災		大量流出・流出油拡散・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0	B	0
	C	7	C	0	C	0	C	0
	D	3	D	7	D	0	D	0
	E	0	E	3	E	10	E	10
	計	10	計	10	計	10	計	10
塩釜地区	A	3	A	0	A	0	A	0
	B	6	B	3	B	2	B	0
	C	5	C	6	C	2	C	2
	D	0	D	5	D	0	D	2
	E	0	E	0	E	14	E	14
	計	14	計	14	計	18	計	18
備考	遮断設備が設置された設備のみ		遮断設備が設置された設備のみ					

B. LPG・LNG タンカー棧橋

a) 初期事象の発生確率

高圧ガスタンクにおける配管の小破による漏洩と同程度と考えられるため、以下のように設定した。

表 3.3.25 強震時における LPG・LNG タンカー棧橋の初期事象発生確率

初期事象		発生確率
○配管の破損による漏洩	IE1	0.2f ₂ (A)C ₁ (PL)

注 1) f₂は補正前の危険物タンクのフラジリティ曲線(=2:旧法・旧基準、準特定・新基準)である。

b) 事象の分岐確率

表 3.3.26 強震時における LPG・LNG タンカー棧橋の事象分岐確率

分岐事象				分岐確率
○緊急停止・遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	9.81E-05
			震度 6 弱以上	4.91E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	4.91E-04
			震度 6 弱以上	9.81E-04
○着火	B2			1.00E-01

c) 災害の発生危険度

各地区の評価対象 LPG・LNG タンカー棧橋について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた LPG・LNG タンカー棧橋の可燃性ガスによる爆発・火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 3.3.27 に示す。可燃性ガスの流出による爆発・火災では、少量流出で C レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルとなる。

表 3.3.27 LPG・LNG タンカー棧橋の爆発・火災の災害発生危険度分布（施設数）

地区	少量流出・爆発・火災		大量流出・爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0
	B	0	B	0
	C	4	C	0
	D	0	D	0
	E	0	E	4
	計	4	計	4
備考	遮断設備が設置されたタンクのみ			

3.3.5 パイプラインの災害発生危険度

A. 危険物配管

a) 初期事象の発生確率

危険物タンクにおける配管の小破による漏洩と同程度と考えられるため、以下のように設定した。

表 3.3.28 強震時における危険物配管の初期事象発生確率

初期事象		発生確率
○配管の破損による漏洩	IE1	$0.2f_2(A)C_i(PL)$

注 1) f_2 は補正前の危険物タンクのフラジリティ曲線(=2:旧法・旧基準、準特定・新基準)である。

b) 事象の分岐確率

表 3.3.29 (a) 強震時における危険物配管の事象分岐確率(可燃性)

分岐事象			分岐確率	
○緊急停止・遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	6.73E-05
			震度 6 弱以上	3.37E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.37E-04
			震度 6 弱以上	6.73E-04
○バルブ手動閉止	B2	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上		1.00E-02
○着火	B3	第 1 石油類		1.00E-01
		第 2,3,4 石油類		1.00E-02

(b) 強震時における危険物配管の事象分岐確率(毒性)

分岐事象			分岐確率	
○緊急停止・遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	6.73E-05
			震度 6 弱以上	3.37E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	3.37E-04
			震度 6 弱以上	6.73E-04
○バルブ手動閉止	B2	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上		1.00E-02
○拡散防止	B3			1.00E-01

c) 災害の発生危険度

各地区の評価対象危険物配管について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた各地区の危険物配管の流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 3.3.30 に示す。可燃性液体の流出による流出火災では、仙台地区では小量流出では C レベル、中量流出および大量流出では E レベル、塩釜地区では小量流出で A-C レベル、中量流出で C-E レベル、さらに大量に流出する場合は E レベルとなる。

表 3.3.30 危険物配管の流出火災の災害発生危険度分布（施設数）

地区	小量流出・流出火災		中量流出・流出火災		大量流出・流出火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	1	C	0	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	1	E	1
	計	1	計	1	計	1
塩釜地区	A	3	A	0	A	0
	B	9	B	0	B	0
	C	4	C	1	C	0
	D	0	D	1	D	0
	E	0	E	16	E	18
	計	16	計	18	計	18
備考	緊急停止設備が設置されたタンク					

B. 高圧ガス導管

a) 初期事象の発生確率

高圧ガスタンクにおける配管の小破による漏洩と同程度と考えられるため、以下のように設定した。

表 3.3.31 強震時における高圧ガス導管の初期事象発生確率

初期事象	発生確率	
○配管の破損による漏洩	IE1	$0.2f_2(A)C_1(PL)$

注 1) f_2 は補正前の危険物タンクの fragility 曲線 (=2 : 旧法・旧基準、準特定・新基準) である。

b) 事象の分岐確率

表 3.3.32 (a) 強震時における高圧ガス導管の事象分岐確率(可燃性ガス)

分岐事象			分岐確率	
○緊急停止・遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	9.81E-05
			震度 6 弱以上	4.91E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	4.91E-04
			震度 6 弱以上	9.81E-04
○バルブ手動閉止	B2	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上		1.00E-02
○着火	B3			1.00E-01

(b) 強震時における高圧ガス導管の事象分岐確率(毒性ガス)

分岐事象			分岐確率	
○緊急停止・遮断	B1	非常電源あり	震度 5 強以下	9.81E-05
			震度 6 弱以上	4.91E-04
		非常電源なし	震度 5 強以下	4.91E-04
			震度 6 弱以上	9.81E-04
○バルブ手動閉止	B2	震度 5 強以下		1.00E-03
		震度 6 弱以上		1.00E-02
○拡散防止	B3			1.42E-02

c) 災害の発生危険度

評価対象高圧ガス導管について初期事象と分岐確率を ET に適用することにより、起こりうる災害事象の発生頻度を算定する。

ランク付けされた各地区の高圧ガス導管の流出火災の災害事象ごとの発生危険度分布を表 3.3.33 に示す。可燃性ガスの流出による爆発・火災では、小量流出で C レベル、中量流出では E レベル、大量流出では E レベルとなる。

表 3.3.33 高圧ガス導管の爆発・火災の災害発生危険度分布（施設数）

地区	小量流出・ 爆発・火災		中量流出・ 爆発・火災		大量流出・ 爆発・火災	
	危険度	施設数	危険度	施設数	危険度	施設数
仙台地区	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	1	C	0	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	1	E	1
	計	1	計	1	計	1
備考	緊急停止設備が 設置されたタンク					

3.4 災害の影響度の推定

災害の影響度については算定方法、算定条件はすべて平常時と同様であるため、算定結果(災害事象の影響範囲)については平常時と同様となる。

3.5 災害の発生危険度と影響度に基づいた総合的評価による災害想定

3.5.1 防災計画において想定すべき災害

平常時と同様に、指針を踏まえると想定災害の範囲は図 3.5.1 のように表すことができる。

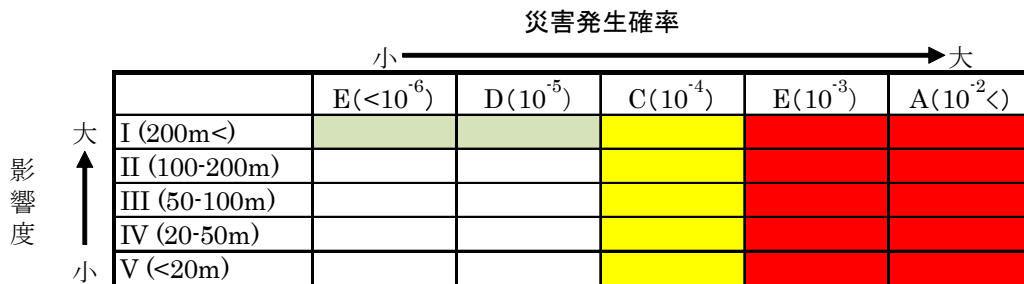


図 3.5.1 指針を踏まえた想定災害の範囲

ここで、強震時における災害の発生確率と影響度の区分を表 3.5.1 及び表 3.5.2 のとおりである。

表 3.5.1 災害発生確率区分(強震時)

危険度 A	10^{-2} 程度以上 (5×10^{-3} 以上)
危険度 B	10^{-3} 程度 (5×10^{-4} 以上 5×10^{-3} 未満)
危険度 C	10^{-4} 程度 (5×10^{-5} 以上 5×10^{-4} 未満)
危険度 D	10^{-5} 程度 (5×10^{-6} 以上 5×10^{-5} 未満)
危険度 E	10^{-6} 程度以下 (5×10^{-6} 未満)

危険度 B は、 10^{-3} 回/施設・地震（1 施設、当該規模の地震発生 1 回当たり）以上の確率で災害が発生することをあらわしており、該当施設が 1,000 施設あれば、1 回/地震（当該規模の地震発生 1 回に対して）することを示している。

また、危険度 C は 10^{-4} 回/施設・地震（1 施設、当該規模の地震発生 1 回当たり）以上の確率で災害が発生することをあらわしており、該当施設が 1,000 施設あれば、0.1 回/地震（当該規模の地震発生 1 回に対して）することを示している。

表 3.5.2 災害の影響度区分

影響度 I	200m 以上
影響度 II	100m 以上 200m 未満
影響度 III	50m 以上 100m 未満
影響度 IV	20m 以上 50m 未満
影響度 V	20m 未満

想定災害の抽出として発生確率に着目し、現実には起こりうると考えて対策を検討しておくべき災害として、災害の発生確率が高い第 1 段階(A-B レベル)の災害、および発生する可能性は小さい災害を含むが万一に備え対策を検討しておくべき第 2 段階(C レベル)の災害を想定災害として取り上げる。また、災害発生確率が低確率(E レベル、D レベル)においても発生確率には言及せず、さらなる拡大様相も合

わせて大規模災害のシナリオとして検討が必要である低頻度大規模災害として設定される。

3.5.2 仙台地区

A. 危険物タンク

仙台地区 79 基の危険物タンクについて評価を実施した。

a) 流出火災

仙台地区の危険物タンク 79 基の流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.3 に示す。防油堤外流出・流出火災については、算定困難であるため、算定は行わずにすべての施設について最大のレベルとした。ここで、緊急遮断設備がないタンクは必ず中量流出以上となるため、小量流出の対象外となる。また、仕切堤のないタンクについては必ず防油堤内流出に拡大するため、仕切堤内流出の対象外となる。

仙台地区では、第 1 段階(A-B レベル)となる流出火災は該当がない。第 2 段階(C レベル)となる流出火災は、小量流出および中量流出による流出火災であり、それぞれ 38 基および 28 基である。そのうち影響度が I レベルおよび II レベルに該当するものはない。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については仕切堤内流出、防油堤内流出および防油堤外流出による流出火災であり、それぞれ 14 基、77 基および 79 基が該当する。

表 3.5.3 危険物タンクの流出火災のリスクマトリックス(仙台地区)

少量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	41	38	0	0	79
合計	0	41	38	0	0	79

中量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	8	41	27	0	0	76
V	0	2	1	0	0	3
合計	8	43	28	0	0	79

仕切堤内流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	2	12	0	0	0	14
II	8	18	0	0	0	26
III	30	8	0	0	0	38
IV	1	0	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	41	38	0	0	0	79

防油堤内流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	49	28	0	0	0	77
II	2	0	0	0	0	2
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	51	28	0	0	0	79

防油堤外流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	79	0	0	0	0	79
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	79	0	0	0	0	79

B. 高圧ガスタンク

仙台地区の可燃性ガスタンク 24 基および可燃性毒性ガスタンク 3 基について評価を実施した。

a) ガス爆発

仙台地区にある可燃性ガスタンクおよび可燃性毒性ガスタンクについて、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.4(a)に示す。

第 1 段階(A・B レベル)となるガス爆発は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となるガス爆発は小量流出によるガス爆発であり、27 基すべてが該当する。影響度は III-V レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については中量流出、大量(長時間)流出および全量(長時間)流出において、それぞれ 8 基、9 基および 9 基が該当する。

b) フラッシュ火災

仙台地区にある可燃性ガスタンクおよび可燃性毒性ガスタンクについて、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.4(b)に示す。

第 1 段階(A・B レベル)となるガス爆発は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となるフラッシュ火災は小量流出によるフラッシュ火災であり、27 基すべてが該当する。影響度は III-V レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については中量流出、大量(長時間)流出および全量(長時間)流出において、それぞれ 8 基が該当する。

c) 毒性拡散

仙台地区にある可燃性毒性ガスタンクについて、毒性拡散に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.5 に示す。

第 1 段階(A・B レベル)となるガス爆発は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となる毒性拡散は小量流出による毒性拡散であり、3 基すべてが該当する。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については中量流出および全量(長時間)流出において、3 基すべてが該当する。

表 3.5.4 可燃性ガスタンクのリスクマトリックス(仙台地区)
 (a)ガス爆発 (b)フラッシュ火災

小量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	13	0	0	13
IV	0	0	14	0	0	14
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	27	0	0	27

小量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	9	0	0	9
IV	0	0	6	0	0	6
V	0	0	12	0	0	12
合計	0	0	27	0	0	27

中量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	8	0	0	0	8
II	0	5	0	0	0	5
III	0	7	0	0	0	7
IV	0	7	0	0	0	7
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	27	0	0	0	27

中量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	8	0	0	0	8
II	0	5	0	0	0	5
III	0	7	0	0	0	7
IV	0	2	0	0	0	2
V	0	5	0	0	0	5
合計	0	27	0	0	0	27

大量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	9	0	0	0	9
II	0	4	0	0	0	4
III	0	6	0	0	0	6
IV	0	2	0	0	0	2
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	21	0	0	0	21

大量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	8	0	0	0	8
II	0	5	0	0	0	5
III	0	6	0	0	0	6
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	2	0	0	0	2
合計	0	21	0	0	0	21

全量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	9	0	0	0	0	9
II	4	1	0	0	0	5
III	6	3	0	0	0	9
IV	2	2	0	0	0	4
V	0	0	0	0	0	0
合計	21	6	0	0	0	27

全量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	8	0	0	0	0	8
II	5	0	0	0	0	5
III	6	1	0	0	0	7
IV	0	2	0	0	0	2
V	2	3	0	0	0	5
合計	21	6	0	0	0	27

表 3.5.5 毒性ガスタンクの毒性拡散のリスクマトリックス(仙台地区)

小量流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	3	0	0	3
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	3	0	0	3

中量流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	3	0	0	0	3
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

大量(長時間)流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

全量(長時間)流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	3	0	0	0	3
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

C. プラント

仙台地区の製造施設 7 施設、発電施設 3 施設について評価を実施した。

a) 製造施設

i. 流出火災

仙台地区の危険物を扱う製造施設 5 施設について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.6 に示す。

第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出による流出火災において、5 施設が該当し、影響度は III-IV レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当なしとなる。

表 3.5.6 製造施設の流出火災のリスクマトリックス（仙台地区）

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

ユニット内全量(長時間)流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	1	0	0	1
IV	0	0	4	0	0	4
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	5	0	0	5

大量(長時間)流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	1	0	0	0	0	1
IV	4	0	0	0	0	4
V	0	0	0	0	0	0
合計	5	0	0	0	0	5

ii. ガス爆発

高圧ガスを取り扱う製造施設 9 施設について、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.7(a)に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出によるガス爆発において、9 施設が該当し、影響度は I-IV レベルとなる。低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については大量(長時間)流出において、3 施設が該当する。

iii. フラッシュ火災

仙台地区の高圧ガスを取り扱う製造施設 9 施設について、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.7(b)に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出によるフラッシュ火災において、9 施設が該当し、影響度は I-V レベルとなる。低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については大量(長時間)流出において、3 施設が該当する。

表 3.5.7 製造施設のガス爆発とフラッシュ火災のリスクマトリックス(仙台地区)

(a)ガス爆発

(b)フラッシュ火災

小量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

小量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

ユニット内全量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	1	0	0	1
II	0	0	1	0	0	1
III	0	0	4	0	0	4
IV	0	0	3	0	0	3
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	9	0	0	9

ユニット内全量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	2	0	0	2
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	2	0	0	2
IV	0	0	2	0	0	2
V	0	0	3	0	0	3
合計	0	0	9	0	0	9

大量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	2	0	0	0	0	2
II	2	0	0	0	0	2
III	3	0	0	0	0	3
IV	2	0	0	0	0	2
V	0	0	0	0	0	0
合計	9	0	0	0	0	9

大量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	3	0	0	0	0	3
II	0	0	0	0	0	0
III	2	0	0	0	0	2
IV	2	0	0	0	0	2
V	2	0	0	0	0	2
合計	9	0	0	0	0	9

iv. 毒性拡散

仙台地区の毒性ガスを取り扱う製造施設 5 施設について、毒性拡散に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.8 に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出による毒性拡散において、3 施設が該当し、影響度は IV-V レベルとなる。低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)についても該当する施設はない。

表 3.5.8 製造施設の毒性ガス拡散のリスクマトリックス(仙台地区)

小量流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

ユニット内全量(長時間)流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	1	0	0	1
V	0	0	2	0	0	2
合計	0	0	3	0	0	3

大量(長時間)流出・毒性拡散

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	0	0	0	1
V	2	0	0	0	0	2
合計	3	0	0	0	0	3

b) 発電施設

i. 流出火災

仙台地区の危険物を取り扱う発電施設 3 施設について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.9 に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は小量流出による流出火災であり、1 施設が該当し、影響度は V レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当しない。

表 3.5.9 発電施設の流出火災のリスクマトリックス（仙台地区）

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	1	0	0	1
合計	0	0	1	0	0	1

ユニット内全量(長時間)流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	1	0	0	0	0	1
合計	1	0	0	0	0	1

大量(長時間)流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	0	0	0	1
V	2	0	0	0	0	2
合計	3	0	0	0	0	3

i. ガス爆発

仙台地区の高圧ガスを取り扱う発電施設 1 施設について、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.10(a)に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出によるガス爆発において、1 施設が該当し、影響度は III レベルとなる。低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する施設はない。

ii. フラッシュ火災

仙台地区の高圧ガスを取り扱う発電施設 1 施設について、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.10(b)に示す。

仙台地区においては第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は該当なしとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害はユニット内全量(長時間)流出によるフラッシュ火災において、1 施設が該当し、影響度は IV レベルとなる。低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する施設はない。

表 3.5.10 発電施設のガス爆発とフラッシュ火災のリスクマトリックス(仙台地区)

(a)ガス爆発

(b)フラッシュ火災

小量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

小量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

ユニット内全量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	1	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	1	0	0	1

ユニット内全量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	1	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	1	0	0	1

大量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	1	0	0	0	0	1
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

大量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

D. タンカー棧橋

仙台地区の石油タンカー棧橋 10 施設、LPG・LNG タンカー棧橋 4 施設について評価を実施した。

a) 石油タンカー棧橋

仙台地区 10 施設の石油タンカー棧橋について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.11 に示す。

第 1 段階(A・B レベル)となる想定災害は該当しない。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は小量流出による流出火災であり 7 施設が該当する。影響度は小量流出で V レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する災害はない。

b) LPG・LNG タンカー棧橋

i. ガス爆発

仙台地区 4 施設の LPG・LNG タンカー棧橋について、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.12(a)に示す。

第 1 段階(A・B レベル)として想定される災害は該当しない。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は小量流出によるガス爆発であり、影響度は II-III レベルとなる。また、低頻度大規模災害については、大量流出によるガス爆発において 3 施設が該当する。

ii. フラッシュ火災

仙台地区 4 施設の LPG・LNG タンカー棧橋について、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.12(b)に示す。

第 1 段階(A・B レベル)として想定される災害は該当しない。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は少量流出によるフラッシュ火災であり、影響度は III レベルとなる。また、低頻度大規模災害については、大量流出によるフラッシュ火災において 3 施設が該当する。

表 3.5.11 石油タンカー棧橋の流出火災のリスクマトリックス (仙台地区)

少量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	3	7	0	0	10
合計	0	3	7	0	0	10

少量流出・流出油拡散・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	3	7	0	0	0	10
合計	3	7	0	0	0	10

大量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	6	0	0	0	0	6
V	4	0	0	0	0	4
合計	10	0	0	0	0	10

大量流出・流出油拡散・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	6	0	0	0	0	6
V	4	0	0	0	0	4
合計	10	0	0	0	0	10

表 3.5.12 LPG・LNG タンカー棧橋のリスクマトリックス（仙台地区）

(a)ガス爆発

(b)フラッシュ火災

小量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	1	0	0	1
III	0	0	3	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	4	0	0	4

小量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	4	0	0	4
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	4	0	0	4

大量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	3	0	0	0	0	3
II	1	0	0	0	0	1
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	4	0	0	0	0	4

大量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	3	0	0	0	0	3
II	1	0	0	0	0	1
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	4	0	0	0	0	4

E. パイプライン

仙台地区の危険物配管 1 施設、高圧ガス導管 1 施設について評価を実施した。

a) 危険物配管

仙台地区 1 施設の危険物配管について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.13 に示す。

仙台地区においては、第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は該当しない。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は小量流出による流出火災であり、1 施設が該当し、影響度は V レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する災害はない。

b) 高圧ガス導管

i. ガス爆発

仙台地区の高圧ガス導管 1 施設について、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.14(a)に示す。

第 1 段階(A-B レベル)として想定される災害事象は該当しない。第 2 段階(C レベル)として想定される災害として小量流出によるガス爆発において 1 施設が該当し、影響度は III レベルとなる。また、低頻度大規模災害については、中量流出および大量流出によるガス爆発が該当し、1 施設となる。

ii. フラッシュ火災

仙台地区の高圧ガス導管 1 施設について、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.14(b)に示す。

第 1 段階(A-B レベル)として想定される災害事象は該当しない。第 2 段階(C レベル)として想定される災害として小量流出によるフラッシュ火災において 1 施設が該当し、影響度は III レベルとなる。ま

た、低頻度大規模災害については、中量流出および大量流出によるフラッシュ火災が該当し、1 施設となる。

表 3.5.13 危険物配管の流出火災のリスクマトリックス（仙台地区）

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	1	0	0	1
合計	0	0	1	0	0	1

中量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

大量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	1	0	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

表 3.5.14 高圧ガス導管のリスクマトリックス (仙台地区)
 (a)ガス爆発 (b)フラッシュ火災

少量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	1	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	1	0	0	1

少量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	1	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	1	0	0	1

中量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	1	0	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

中量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	1	0	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

大量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	1	0	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

大量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	1	0	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

3.5.3 塩釜地区

A. 危険物タンク

塩釜地区 81 基の危険物タンクについて評価を実施した。

a) 流出火災

塩釜地区の危険物タンク 81 基の流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.15 に示す。

表 3.5.15 危険物タンクの流出火災のリスクマトリックス（塩釜地区）

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	7	36	10	53
合計	0	0	7	36	10	53

中量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	10	36	22	0	68
V	0	1	5	7	0	13
合計	0	11	41	29	0	81

仕切堤内流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	5	0	0	5
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	5	0	0	5

防油堤内流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	4	1	0	5
II	4	16	30	8	0	58
III	0	4	7	7	0	18
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	4	20	41	16	0	81

防油堤外流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	81	0	0	0	0	81
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	81	0	0	0	0	81

第1段階(A-Bレベル)となる流出火災は小量流出、中量流出および防油堤内流出による流出火災であり、それぞれ46基、29基および16基が該当し、影響度は小量流出ではVレベル、中量流出ではIV-Vレベル、防油堤内流出ではI-IIIレベルとなる。第2段階(Cレベル)となる流出火災は、小量流出、中量流出、仕切堤内流出および防油堤内流出による流出火災であり、それぞれ7基、41基、5基および41基である。そのうち防油堤内流出による流出火災では影響度が最大Iレベルとなる。また、低頻度大規模災害(DレベルもしくはEレベルかつ影響度Iレベル)については防油堤外流出による流出火災であり、81基すべてが該当する。

B. 高圧ガスタンク

塩釜地区の可燃性ガスタンク3基について評価を実施した。

a) ガス爆発

塩釜地区にある可燃性ガスタンクについて、ガス爆発に対する各災害事象のリスクマトリックスを表3.5.16(a)に示す。

第1段階の想定災害となるガス爆発は該当なしとなる。第2段階の想定災害となるガス爆発は小量流出によるガス爆発であり、3基すべてが該当し、影響度はIIIレベルとなる。また、低頻度大規模災害については該当なしとなる。

b) フラッシュ火災

塩釜地区にある可燃性ガスタンクについて、フラッシュ火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表3.5.16(b)に示す。

第1段階の想定災害となるフラッシュ火災は該当なしとなる。第2段階の想定災害となるフラッシュ火災は小量流出によるフラッシュ火災であり、3基すべてが該当し、影響度はIIIレベルとなる。また、低頻度大規模災害については該当なしとなる。

表 3.5.16 可燃性ガスタンクのリスクマトリックス (塩釜地区)

(a)ガス爆発

(b)フラッシュ火災

小量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	3	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	3	0	0	3

小量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	3	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	3	0	0	3

中量流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	2	0	0	0	2
III	0	1	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

中量流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	3	0	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

大量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	2	0	0	0	2
III	0	1	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

大量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	3	0	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	3	0	0	0	3

全量(長時間)流出・爆発

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	2	0	0	0	0	2
III	1	0	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	3	0	0	0	0	3

全量(長時間)流出・火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	3	0	0	0	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	3	0	0	0	0	3

C. タンカー棧橋

塩釜地区の石油タンカー棧橋 18 施設について評価を実施した。

a) 石油タンカー棧橋

塩釜地区の 18 施設の石油タンカー棧橋について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.17 に示す。

第 1 段階(A-B レベル)となる想定災害は小量流出、小量流出・流出油拡散および大量流出による流出火災であり、それぞれ 9 施設、3 施設および 2 施設が該当し、影響度は小量流出および小量流出・流出油拡散では V レベル、大量流出では IV レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は小量流出、小量流出・流出油拡散、大量流出および大量流出・流出油拡散による流出火災であり、それぞれ 5 施設、6 施設、2 施設および 2 施設が該当する。影響度は小量流出および小量流出・流出油拡散では V レベル、

大量流出および大量流出・流出油拡散では IV レベルとなる。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する災害はない。

表 3.5.17 石油タンカー棧橋の流出火災のリスクマトリックス (塩釜地区)

小量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	5	6	3	14
合計	0	0	5	6	3	14

小量流出・流出油拡散・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	5	6	3	0	14
合計	0	5	6	3	0	14

大量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	14	0	2	2	0	18
V	0	0	0	0	0	0
合計	14	0	2	2	0	18

大量流出・流出油拡散・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	14	2	2	0	0	18
V	0	0	0	0	0	0
合計	14	2	2	0	0	18

D. パイプライン

塩釜地区の危険物配管 18 施設について評価を実施した。

a) 危険物配管

塩釜地区 18 施設の危険物配管について、流出火災に対する各災害事象のリスクマトリックスを表 3.5.18 に示す。

塩釜地区においては、第 1 段階(A・B レベル)となる想定災害は小量流出による流出火災であり、12 施設が該当し、影響度は V レベルとなる。第 2 段階(C レベル)となる想定災害は小量流出および中量流出による流出火災であり、それぞれ 4 施設および 1 施設が該当する。また、低頻度大規模災害(D レベルもしくは E レベルかつ影響度 I レベル)については該当する災害はない。

表 3.5.18 危険物配管の流出火災のリスクマトリックス（塩釜地区）

少量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	4	9	3	16
合計	0	0	4	9	3	16

中量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	16	1	1	0	0	18
V	0	0	0	0	0	0
合計	16	1	1	0	0	18

大量流出・流出火災

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	18	0	0	0	0	18
V	0	0	0	0	0	0
合計	18	0	0	0	0	18

3.5.4 強震時の想定災害のまとめ

平常時と同様に、災害の発生危険度と影響度をランクに分け、両者を合わせたリスクマトリックスによる評価から、防災計画策定において想定すべき災害の抽出を行った。

想定災害の抽出として発生確率に着目し、現実には起こりうると考えて対策を検討しておくべき災害として、災害の発生確率が高く、影響度が大きい第1段階(A-Bレベル)の災害、および発生する可能性は小さい災害を含むが万一に備え対策を検討しておくべき第2段階(Cレベル)の災害を想定災害として取り上げる。

また、評価上の発生確率は極めて小さくなったとしても、発生した時の影響が膨大な災害について、低頻度大規模災害(発生危険度 D-E レベルかつ影響度 I レベル)として取り上げる。

A. 仙台地区

仙台地区の強震時における災害危険性の評価として、想定災害のまとめを表 3.5.19(a)に示す。また、低頻度大規模災害として抽出した災害を同様に表 3.5.19(b)に示す。

危険物タンクにおいては、第1段階の想定災害として該当する事象はない。第2段階の想定災害として該当する事象としては、小量流出および中量流出による流出火災が想定される。流出火災の影響度は最大で IV レベルとなる。

高圧ガスタンクにおいては、第1段階の想定災害として該当する事象はない。第2段階の想定災害としては小量流出によるフラッシュ火災、ガス爆発が想定される。影響度はいずれも最大で III レベルとなる。

プラント(発電施設)においては、第1段階の想定災害として該当する事象はない。第2段階の想定災害として小量流出による流出火災、ユニット内全量(長時間)流出によるガス爆発及びフラッシュ火災が想定される。影響度は最大で流出火災では V レベル、ガス爆発では III レベル、フラッシュ火災では IV レベルとなる。

プラント(製造施設)においては、第1段階の想定災害として該当する事象はない。第2段階の想定災害としていずれもユニット内全量(長時間)流出による流出火災、ガス爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散が想定される。影響度は最大で流出火災では III レベル、ガス爆発では I レベル、フラッシュ火災では I レベル、毒性ガス拡散では IV レベルとなる。

石油タンカー棧橋においては、第1段階の想定災害として該当する事象はない。第2段階の想定災害として小量流出による流出火災が想定され、影響度は最大で V レベルとなる。

LPG・LNG タンカー棧橋においては、第1段階の想定災害として該当する事象はない。第2段階の想定災害として小量流出によるフラッシュ火災、ガス爆発が想定され、影響度はガス爆発では最大 II レベル、フラッシュ火災では最大 III レベルとなる。

危険物配管においては、第1段階の想定災害として該当する事象はない。第2段階の想定災害として小量流出による流出火災が想定され、影響度は最大で V レベルであり、放射熱の影響は施設周辺に留まる。

高圧ガス導管においては、第1段階の想定災害として該当する事象はない。第2段階の想定災害として小量流出によるフラッシュ火災、ガス爆発が想定され、影響度はいずれも最大 III レベルとなる。

表 3.5.19(a) 強震時の想定災害（仙台地区）

施設	災害種別	第1段階災害		第2段階災害		
		想定災害	影響度	想定災害	影響度	
危険物タンク	流出火災	該当なし	-	小量流出(38), 中量流出(28)	IV-V	
高圧ガスタンク	ガス爆発	該当なし	-	小量流出(27)	III-IV	
	フラッシュ火災	該当なし	-	小量流出(27)	III-V	
	毒性ガス拡散	該当なし	-	小量流出(3)	I	
プラント	製造施設	流出火災	該当なし	ユニット内全量(長時間)流出(5)	III-IV	
		ガス爆発	該当なし	ユニット内全量(長時間)流出(9)	I-IV	
		フラッシュ火災	該当なし	ユニット内全量(長時間)流出(9)	I-V	
		毒性ガス拡散	該当なし	ユニット内全量(長時間)流出(3)	IV-V	
	発電施設	流出火災	該当なし	-	小量流出(1)	V
		ガス爆発	該当なし	-	ユニット内全量(長時間)流出(1)	III
フラッシュ火災		該当なし	-	ユニット内全量(長時間)流出(1)	IV	
タンカー 棧橋	石油タンカー	流出火災	該当なし	小量流出(7)	V	
	LPG・LNGタンカー棧橋	ガス爆発	該当なし	小量流出(4)	II-III	
		フラッシュ火災	該当なし	小量流出(4)	III	
パイプライン	危険物配管	流出火災	該当なし	小量流出(1)	V	
	高圧ガス導管	ガス爆発	該当なし	小量流出(1)	III	
		フラッシュ火災	該当なし	-	小量流出(1)	III

表 3.5.19(b) 強震時の低頻度大規模災害（仙台地区）

施設	災害種別	低頻度大規模災害	
		想定災害	影響度
危険物タンク	流出火災	仕切堤内流出(14), 防油堤内流出(77), 防油堤外流出(79)	
高圧ガスタンク	ガス爆発	中量流出(8), 大量(長時間)流出(9), 全量(長時間)流出(9)	
	フラッシュ火災	中量流出(8), 大量(長時間)流出(8), 全量(長時間)流出(8)	
	毒性ガス拡散	中量流出(3), 全量(長時間)流出(3)	
プラント	製造施設	流出火災	該当なし
		ガス爆発	大量(長時間)流出(5)
		フラッシュ火災	大量(長時間)流出(3)
		毒性ガス拡散	該当なし
	発電施設	流出火災	該当なし
		ガス爆発	該当なし
フラッシュ火災		該当なし	
タンカー 棧橋	石油タンカー	流出火災	該当なし
	LPG・LNGタンカー棧橋	ガス爆発	大量流出(3)
		フラッシュ火災	大量流出(3)
パイプライン	危険物配管	流出火災	該当なし
	高圧ガス導管	ガス爆発	中量流出(1), 大量流出(1)
		フラッシュ火災	中量流出(1), 大量流出(1)

B. 塩釜地区

塩釜地区の強震時における災害危険性の評価として、想定災害のまとめを表 3.5.20 (a)に示す。また、低頻度大規模災害として抽出した災害を同様に表 3.5.20(b)に示す。

危険物タンクにおいては、第1段階の想定災害として小量流出、中量流出、防油堤内流出による流出火災が想定され、影響度は防油堤内流出による流出火災で最大 I レベルとなる。第2段階の想定災害としては小量流出、中量流出、仕切堤内流出及び防油堤内流出による流出火災が想定される。影響度は防油堤内流出による流出火災で最大で I レベルとなる。

高圧ガスタンクにおいては、第1段階の想定災害として該当する事象はない。第2段階の想定災害としては小量流出によるフラッシュ火災、ガス爆発が想定される。影響度はガス爆発、フラッシュ火災とも最大 III レベルとなる。

石油タンカー棧橋においては、第1段階の想定災害として小量流出、小量流出・流出油拡散および大量流出による流出火災が想定され、影響度は最大 IV レベルとなる。第2段階の想定災害としては小量流出、小量流出・流出油拡散、大量流出および大量流出・流出油拡散による流出火災が想定され、影響度は最大で IV レベルとなり、放射熱の影響は施設周辺に留まる。

危険物配管においては、第1段階の想定災害として小量流出による流出火災が想定され、影響度は最大で V レベルであり、放射熱の影響は施設周辺に留まる。第2段階の想定災害としては小量流出および中量流出による流出火災が想定される。影響度は最大 IV レベルとなる。

表 3.5.20(a) 強震時の想定災害 (塩釜地区)

施設	災害種別	第1段階災害		第2段階災害	
		想定災害	影響度	想定災害	影響度
危険物タンク	流出火災	小量流出(46), 中量流出(29), 防油堤内流出(16)	I-V	小量流出(7), 中量流出(41), 仕切堤内流出(5), 防油堤内流出(41)	I-V
高圧ガスタンク	ガス爆発	該当なし	-	小量流出(3)	III
	フラッシュ火災	該当なし	-	小量流出(3)	III
タンカー棧橋	石油タンカー棧橋 流出火災	小量流出(9), 小量流出・流出油拡散(3), 大量流出(2)	IV-V	小量流出(5), 小量流出・流出油拡散(6), 大量流出(2), 大量流出・流出油拡散(2)	IV-V
パイプライン	危険物配管 流出火災	小量流出(12)	V	小量流出(4), 中量流出(1)	IV-V

表 3.5.20(b) 強震時の低頻度大規模災害 (塩釜地区)

施設	災害種別	低頻度大規模災害
危険物タンク	流出火災	防油堤内流出(4), 防油堤外流出(81)
高圧ガスタンク	ガス爆発	該当なし
	フラッシュ火災	該当なし
タンカー棧橋	石油タンカー棧橋 流出火災	該当なし
パイプライン	危険物配管 流出火災	該当なし

第4章 長周期地震動による災害評価

4.1 東日本大震災における長周期地震動による被害

4.1.1 浮き屋根上への漏洩

東日本大震災では、3月22日に、仙台地区の事業所において、屋外タンク貯蔵所(塩釜地区消防事務組合管内)(原油 許可容量 65,700 kL 内容量 55,000kL)の浮き屋根上に滞油が確認(図 4.1.1)されたが、調査の結果、ほとんどが水と判明した。

原因は、雨水管の元弁が閉鎖されていたため、雨水が排水されず浮き屋根上に溜まり、若干のスロッシングによる溢流により原油の油膜が雨水の表面に形成されたもので、火災等は発生していない。

なお、本事案について事業所では、「大容量泡放射システム」の出動を要請している。

(下図は仙台市消防局からの提供)



図 4.1.1 浮き屋根上に原油溢流疑いの事例

4.1.2 タンク付属設備の被害

東日本大震災では、ローリングラダーが脱輪(図 4.1.2)したり、浮き屋根本体が揺られたことにより浮き屋根回転止めが引きつられタンク側板が変形(図 4.1.3)する事例等があったが、火災等の災害には至らなかった。

ローリングラダーが脱輪することにより、場合によっては浮き屋根本体が破損、溢流、浮き屋根沈降、最悪火災と至る危険性もあったと考えられる。

また、ウエザーシールがはずれたこと(図 4.1.4)等に対しては、シール部に異常が発生し、万一着火すると、タンク火災に至る危険性もあったと考えられる。

さらに、ポンツーン蓋が離脱(図 4.1.5)したことに対しては、浮き屋根上に溢流した油がポンツーン内に流入する恐れがあり、その流入量によってはポンツーンの浮力を喪失し、他のタンクへ油を緊急移送できない状況の場合は、浮き屋根が沈降しタンク全面火災に至る危険性もあったと考えられる。

(下図は仙台市消防局からの提供)

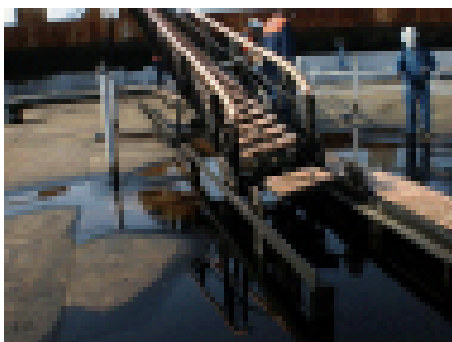


図 4.1.2 ローリングラダーの脱輪



図 4.1.3 浮き屋根回転止め、側板の変形



図 4.1.4 ウエザーシールのはずれ

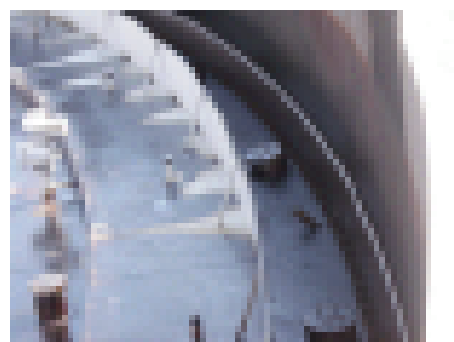


図 4.1.5 ポンツーン蓋の離脱

4.1.3 タンク内のドレン配管の破損

東日本大震災では、タンク内ドレン配管の損傷によるタンク内容物の流出は確認されていない。

4.2 想定する災害シナリオ

4.2.1 浮き屋根式タンク

指針に示されている、長周期地震動による浮き屋根式タンクの下記初期事象による災害シナリオを図 4.2.1 から図 4.2.3 までに示す。

- 浮き屋根上への流出
- 浮き屋根の損傷・沈降
- タンク内のドレン配管の破損

浮き屋根式タンクでは、大きなスロッシングが励起されると、余裕空間高さを上回り内容物が溢流する可能性があるほか、浮き屋根が上部構造物に衝突し、それが起因して内容物に着火することにより、リム火災が発生する可能性がある。

また、何らかの理由により、リム火災が発生した場合、消火設備が機能しない、もしくは、消火活動

ができない事態となれば、リング火災に進展し、その後、浮き屋根が沈降した場合は、タンク全面火災となる。

さらにタンク全面火災が長時間にわたり継続した場合、ボイルオーバーが発生し防油堤内火災をも引き起こす等恐れがある。

一方、溢流がない場合でも、ゲージポールや浮き屋根の変形・破損、浮き屋根上への油の滞留、浮き屋根の沈降等が生じる恐れがあり、被害の状況に応じリム火災、リング火災、タンク全面火災の発生も考えられる。

さらに、タンク全面火災が発生し長時間にわたり継続した場合、ボイルオーバーが発生し防油堤内火災をも引き起こす恐れがある。

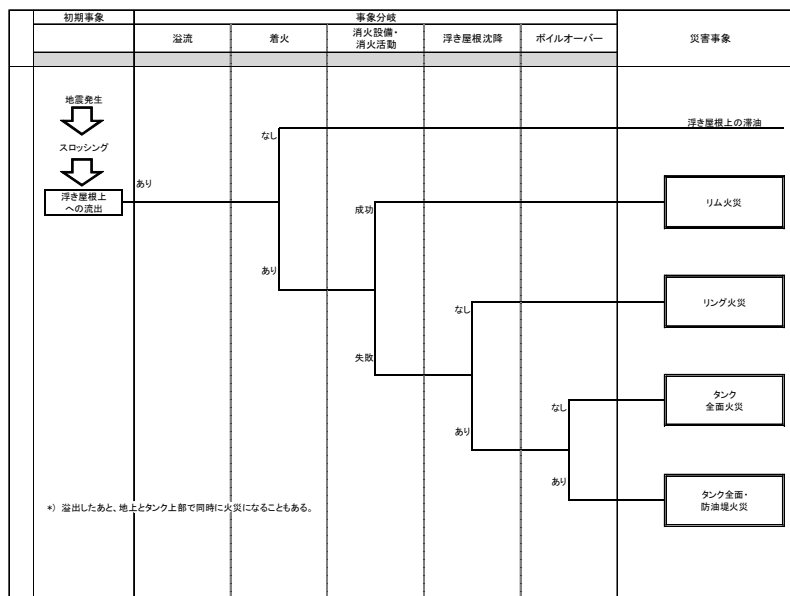
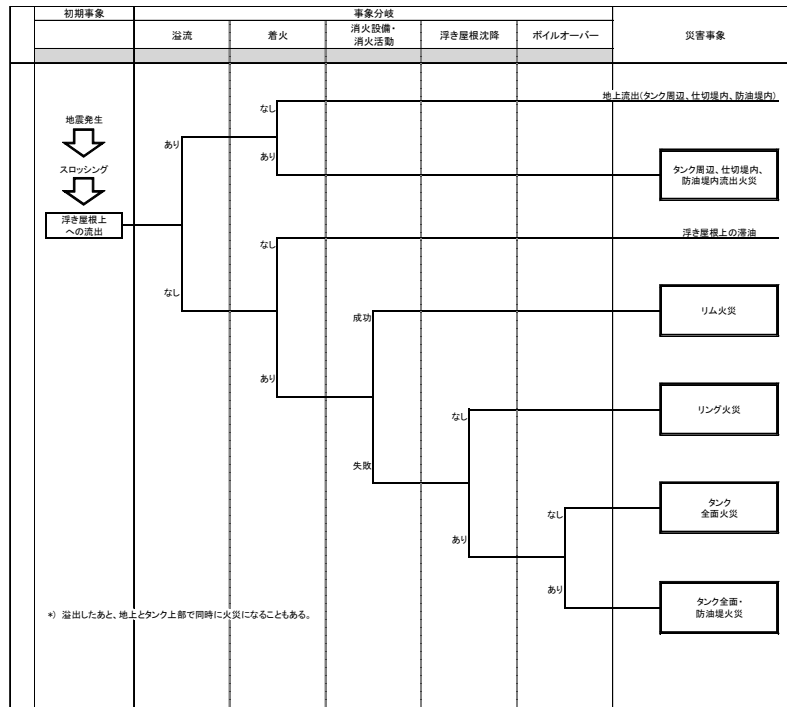


図 4.2.1 浮き屋根上への流出による災害シナリオ

浮き屋根の破損・沈降が発生し、着火した場合、タンク全面火災となり、さらにタンク全面火災が長時間にわたり継続した場合、ボイルオーバーが発生し防油堤内火災をも引き起こす恐れもある。

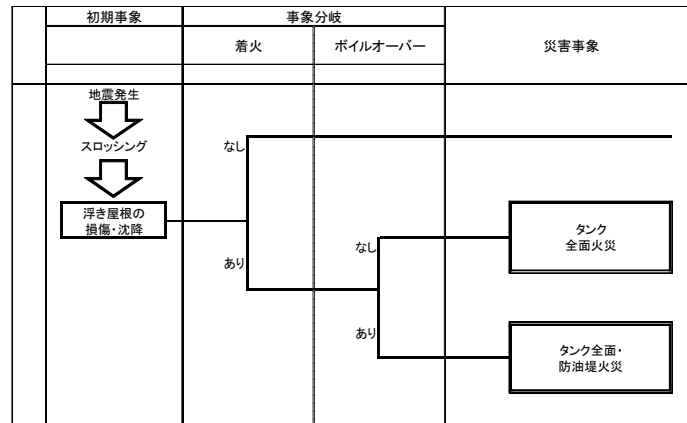


図 4.2.2 浮き屋根の損傷・沈降による災害シナリオ

浮き屋根式タンクでは、浮き屋根上に流出した油がドレン排水口から流出したり、タンク内部でドレン配管が破損してタンク内部の油がドレン排水口から流出したりするような事象が考えられる。前者の場合には、流出量は少量に留まるが、後者の場合は、ドレンバルブの閉止ができなかった際には、大量に流出して仕切堤や防油堤内に滞留することも考えられ、着火した場合、仕切堤内火災や防油堤内火災が発生する。

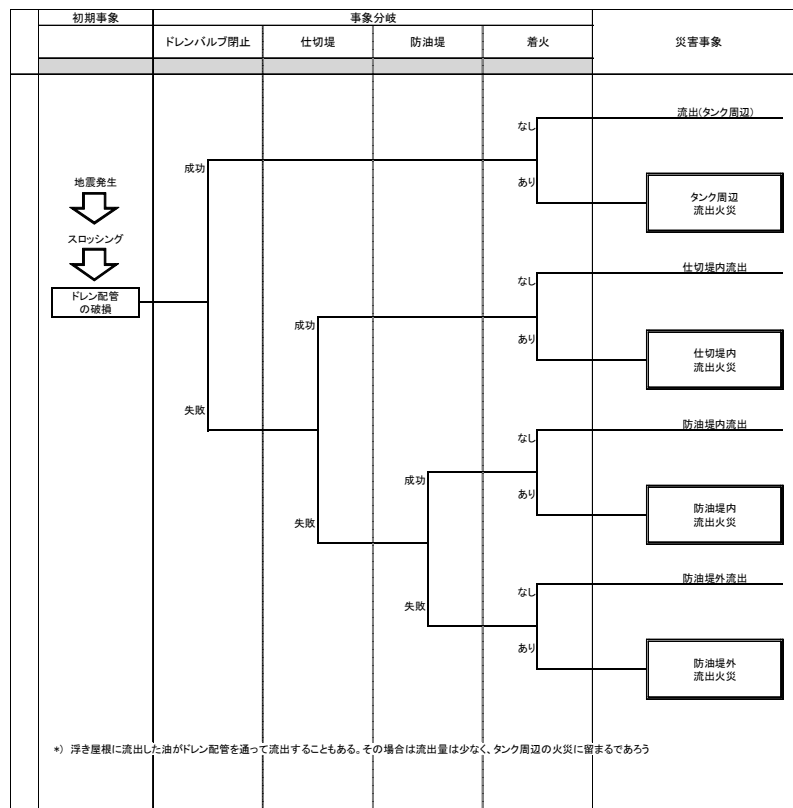


図 4.2.3 タンク内のドレン配管の破損による災害シナリオ

4.2.2 内部浮き蓋付きタンク

指針では、スロッシングによりタンク内の浮き蓋が損傷し、油が浮き蓋上に溢流、あるいは浮き蓋が沈降した場合には、タンク上部の空間に可燃性蒸気が滞留し、通気口からの空気の流入により可燃性ガス濃度が爆発範囲内となって爆発・火災が発生する危険性がある、としている。また、2003年十勝沖地震での内部浮き蓋付きタンクの被害では、スロッシング波高が2m以上になると被害が顕著になることが確認されている¹。

内部浮き蓋付きタンクでは、スロッシングにより、浮き蓋が損傷・沈降し、着火した場合、消火設備等が機能しないと、タンク全面火災に至る可能性がある。さらに、タンク全面火災が長時間にわたり継続すると、ボイルオーバーが発生し、防油堤内火災をも引き起こす恐れがある。

図 4.2.4 に指針に示されている長周期地震動による浮き蓋の損傷・沈降による災害シナリオを示す。

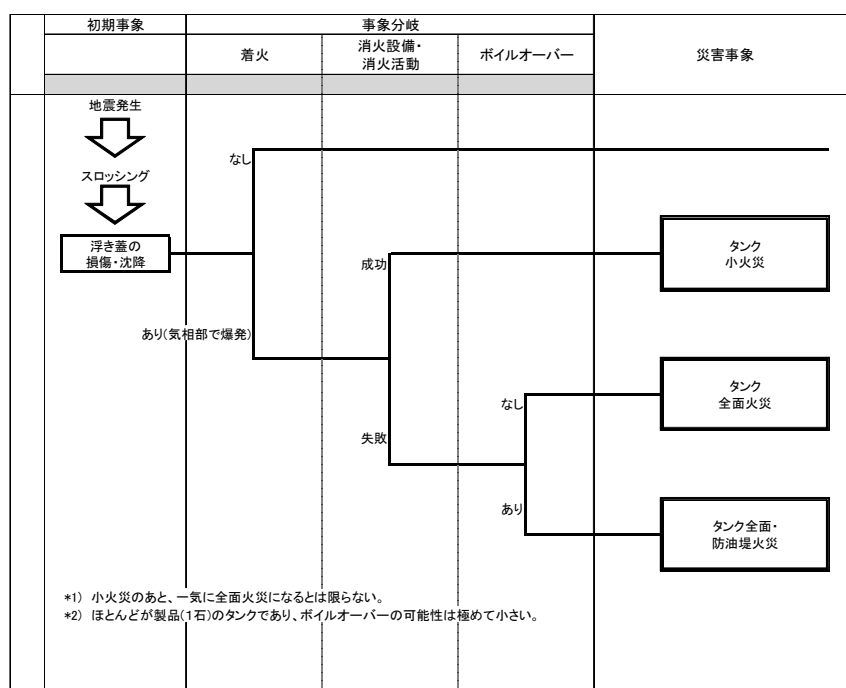


図 4.2.4 浮き蓋の損傷・沈降による災害シナリオ

¹ 消防庁危険物保安室：内部浮き蓋付き屋外貯蔵タンクの安全対策に関する検討報告書、2011

4.2.3 固定屋根式タンク

固定屋根式タンクの屋根は、放爆構造がとられていることから、スロッシングにより内容物が屋根に衝突すると、側板との接合部が破損し、内容物が溢流する可能性がある。

指針では、このような事例は、1964年の新潟地震で確認されており、容量 20,000kL、直径約 45m の固定屋根式タンク 2 基において、総量約 2,000kL の重油が防油堤内に溢流している、としているが、東日本大震災では同様の被害は確認されていない。

固定屋根式タンクでは、タンク上部が破損し、着火した場合タンク小火災が発生し、消火設備等が機能しない場合には、タンク全面火災に至る恐れがある。さらに、タンク全面火災が長時間にわたり継続すると、ボイルオーバーが発生し、防油堤内火災をも引き起こす恐れがある。

図 4.2.5 に指針に示されている長周期地震動によるタンク上部の損傷による災害シナリオを示す。

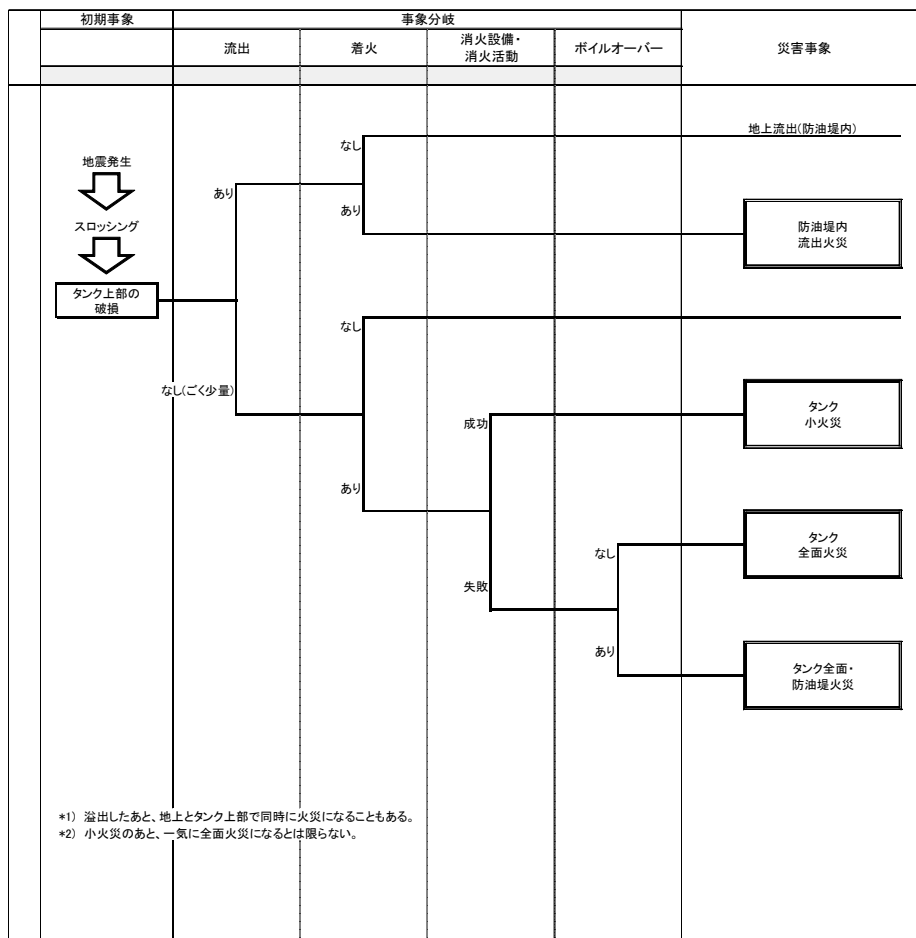


図 4.2.5 タンク上部の破損による災害シナリオ

4.3 長周期地震動による被害の評価方法

4.3.1 スロッシングによる最大波高の推定及び溢流量の算定

浮き屋根式タンク、内部浮き蓋付きタンク、固定屋根式タンクを対象として、速度応答スペクトル法を基にスロッシングによる溢流危険性を評価する。速度応答スペクトルとは、いろいろな固有周期を持つさまざまな建物や構造物に対して、地震動がどの程度の強さの揺れを生じさせるかを示すもので、建物や構造物と同じ特性（固有周期と減衰定数）を持つ揺れの最大値として算定される。

速度応答スペクトル法の評価式を以下に示す。

$$\eta = 0.837 (D/2g) (2\pi/T_s) Sv(T_s) \quad (\text{式1})$$

$$T_s = 2\pi \{ (D/3.682g) \coth(3.682H/D) \}^{1/2} \quad (\text{式2})$$

η : スロッシング最大波高 (m)

T_s : タンクのスロッシング基本固有周期 (s)

D : タンク内径 (m)

H : 液面高さ (m)

g : 重力加速度 (9.8m/s²)

$Sv(T_s)$: 周期 T_s における速度応答スペクトル (m/s)

式1は、微小波高を仮定したもの（線形解）であり、溢流が生じるような大きなスロッシングの場合は、非線形性の影響による波高増分を考慮する必要がある。

非線形性を考慮したスロッシング最大波高 $\eta+$ は、西晴樹ら²により次式が提案されており、2003年十勝沖地震での事例から適用性が確認されている。

$$\eta+ = \eta + \Delta\eta$$

$$\Delta\eta = 0.91R(\eta/R)^2 \quad (\text{式3})$$

$\eta+$: 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 (式1による線形解 : m)

$\Delta\eta$: 非線形液面増分 (m)

R : タンク半径 (m)

また、非線形性を考慮したスロッシング最大波高($\eta+$)とタンクの側板高さとの差を溢流高さ(δh)、スロッシングによる液面減少高さ(溢流により減少した液レベル)を Δ とすると、溢流体積(δv)が式4で表される。

² 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)

$$\delta_v = \delta_h \cdot (R - r_0) \cdot R \theta_0 \quad (\text{式4})$$

δ_v : 溢流体積 (図 4.3.1の斜線で示す部分)

δ_h : 溢流高さ

r_0 : タンク側板高さにおける $\theta = 0^\circ$ の半径との交点

θ_0 : 側板近傍においてスロッシング波高が H_c と等しくなる円周方向角度

また、無次元液面減少高さ Δ/R は、 δ_v/R^3 の一次近似式として式 5 であらわされ、

$$\Delta/R = \alpha \cdot \delta_v/R^3 = \alpha \cdot \delta_h/R \cdot (R - r_0)/R \cdot \theta_0 \quad (\text{式5})$$

α : 比例係数(自由液面 : 0.659、浮屋根 : 0.4023)

任意の半径と周方向角度の液面の鉛直変位は、線形解 η 、非線形液面増分 $\Delta \eta$ を用いると式 6 であらわされる。

$$\eta^+(r, \theta) = \eta^{(1)\max} \cdot J_1(\varepsilon_1 \cdot r/R) / J_1(\varepsilon_1) \cdot \cos \theta + r/R \cdot \Delta \eta \cdot \cos 2\theta \quad (\text{式6})$$

J_1 : 第 1 種ベッセル関数(1 次)

ε_1 : J_1 の $dJ_1(x)/dx=0$ の 1 番目の正根 (=1.84118)

式 6 において、 r^0 は $\eta^+(r_0, 0) = H_c$ を、 θ_0 は $\eta^+(R, \theta_0) = H_c$ を解くことによって、溢流量は式 7 により求められる。

$$\begin{aligned} \Delta v &= (R^2 \pi) \cdot \Delta \\ &= (R^2 \pi) \cdot (\alpha \cdot \delta_v / R^2) \\ &= (R^2 \pi) \cdot (\alpha \cdot \delta_h \cdot (R - r_0) \cdot \theta_0 / R) \end{aligned} \quad (\text{式7})$$

Δ : スロッシングによる液面減少高さ

α : 0.4023 (浮屋根)

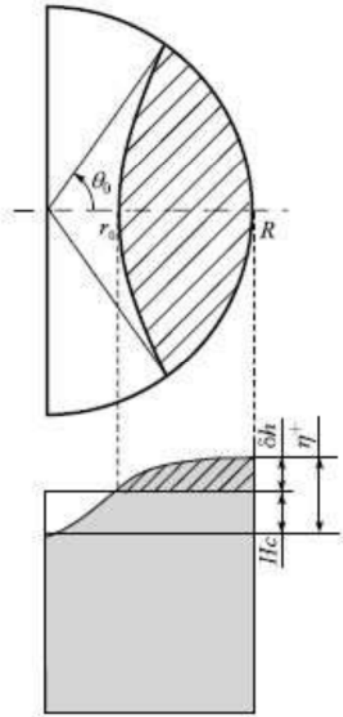


図 4.3.1 非線形スロッシングによる溢流量の模式図

4.3.2 速度応答スペクトルの設定

長周期地震動による災害評価で使用する速度応答スペクトルは、仙台地区においては、「参考資料2 東北地方太平洋沖地震(M9.0)における地震動」に示す方法で推定した地震動から変換処理を行ったものを、塩釜地区においては、独立行政法人防災科学技術研究所 K-NET の観測地点 MYG012 で観測された地震動を用いた。表 4.3.1 に評価に用いた速度応答スペクトルの内容、図 4.3.2 及び図 4.3.3 に各地区の速度応答スペクトルを示す。

表 4.3.1 評価に用いた速度応答スペクトル

地区名称	事業所名称	評価に用いた速度応答スペクトル
仙 台	J X 日 鉱 日 石 エ ネ ル ギ ー (株) 仙 台 製 油 所	「参考資料 2 東北地方太平洋沖地震 (M9.0) における地震動に示す方法」で推定した地震動から変換処理を行った推定波
	全農エネルギー(株)仙台石油基地	
塩 釜	EMG マーケティング合同会社塩釜油槽所	独立行政法人防災科学技術研究所 K-NET の観測地点 MYG012 での観測波
	カメイ株式会社 塩釜貞山油槽所	
	出光興産(株)塩釜油槽所	
	昭和シェル石油(株)塩釜油槽所	
	東西オイルターミナル(株)塩釜油槽所	
	富士興産 (株) 塩釜油槽所	

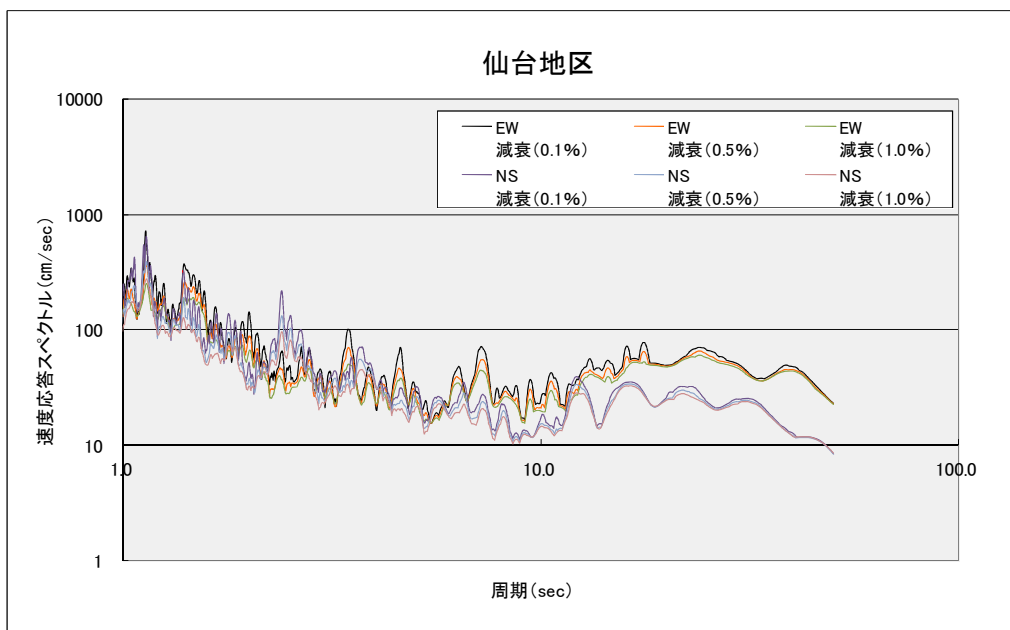


図 4.3.2 速度応答スペクトル(仙台地区)

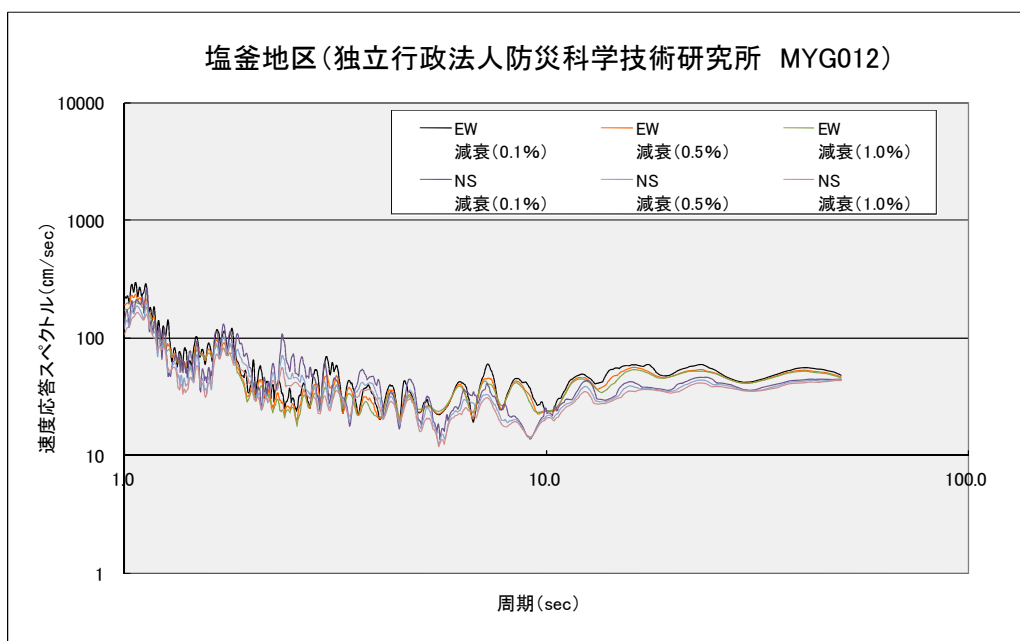


図 4.3.3 速度応答スペクトル(塩釜地区)

4.4 スロッシング最大波高の算定

スロッシング最大波高の算定に用いる液面高さを、事業所アンケート調査で回答された自主管理の液面高さの上限値とした。

特定事業所における 10,000kL を目安とした貯蔵量別、固有周期別の危険物タンク数を表 4.4.1 及び表 4.4.2 に示す。

表 4.4.1 特定事業所における貯蔵量別危険物タンク数

地区名称	貯蔵量別危険物タンク数		総計
	500kL 以上 10,000kL 未満	10,000kL 以上	
仙台地区	25	54	79
塩釜地区	81	0	81
計	106	54	160

表 4.4.2 特定事業所における固有周期別危険物タンク数

地区名称	固有周期別危険物タンク数			総計
	5 (sec) 未満	5 (sec) 以上 10 (sec) 未満	10 (sec) 以上	
仙台地区	11	62	6	79
塩釜地区	81	0	0	81
計	92	62	6	160

図 4.4.1 に危険物タンクのスロッシング波高の頻度分布を示す。

評価対象である危険物タンクのスロッシング波高の最大値は約 1.2 m で、1.0m を超えるタンクは 5 基であり、0.5m 以上 1.0m 未満のタンクは 86 基、0.5m 未満のタンクは 69 基あるが、いずれも、スロッシング波高がタンクの余裕空間高を超えるタンクはない。

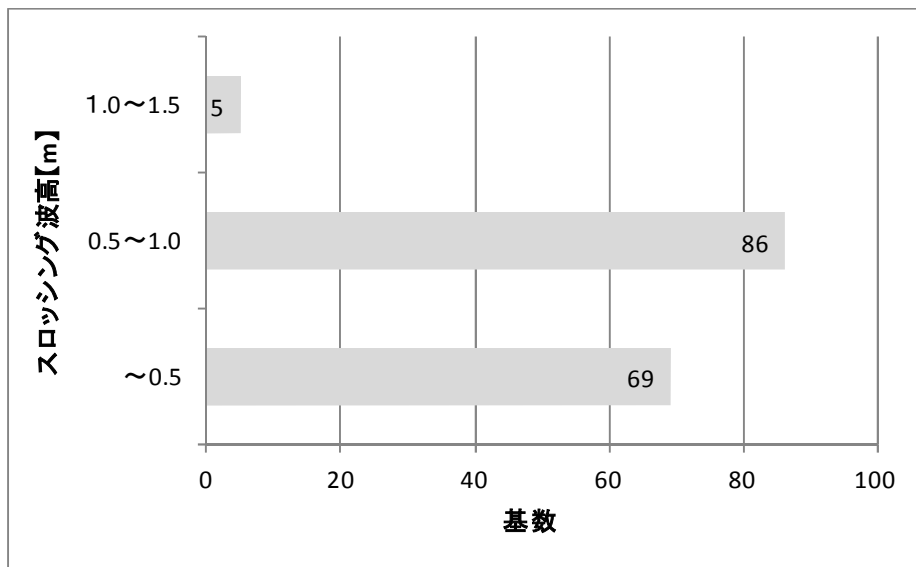


図 4.4.1 危険物タンクのスロッシング波高の頻度分布

4.5 浮き屋根式タンクの災害想定

2003年十勝沖地震の被害事例では、浮き屋根等の破損に関して、シングルデッキ浮き屋根式タンクの危険性が高いこと、スロッシング波高が2mを超えると同じく危険性が高いことなどが報告されている³が、本調査結果ではスロッシング波高は最大1.2mであることから、スロッシングによる被害（溢流、浮き屋根損傷等）の可能性は低いと考えられる。

ただし上述のとおり、東日本大震災では、ローリングラダーが脱輪する等のタンクの付属設備の被害が発生していることから、それらに起因する火災の懸念も全くないわけではないことに留意することが必要である。

なお、石油タンクのスロッシングが浮き屋根に与える影響に関する最近の研究によれば、消防法で取り扱われていないスロッシングの非線形性が、浮き屋根ポンツーンに作用する応力に強く影響する場合があります⁴、スロッシング最大波高だけで災害想定を限定することは危険であると考えておいた方がよい。従って、浮き屋根の破損、沈降、タンク全面火災という災害シナリオ等も考えておくべきと思われる。このことは、次節4.6の内部浮き蓋付きタンクについても同様である。

4.6 内部浮き蓋付きタンクの災害想定

4.2.2に示したように、指針では、2003年十勝沖地震での内部浮き蓋付きタンクは、浮き屋根式タンクと同様にスロッシング波高が2m以上になると被害が顕著になることが確認されている⁵。

評価対象の内部浮き蓋付きタンクでは、他の屋根構造のタンクも含め、スロッシング波高が2mを超えるものはないことから、タンク火災が発生する可能性は低いと考えられる。

4.7 固定屋根式タンクの災害想定

4.2.3に示したように、指針では、1964年の新潟地震で、容量20,000kL、直径約45mの固定屋根式タンク2基において、総量約2,000kLの重油が防油堤内に溢流した、としている。

このときのスロッシング最大波高は3m（推定値）、液面上の空間高さは約2mであった。

また、2003年十勝沖地震でも、固定屋根式タンク1基において、側板と屋根接合部を突き破って溢流する事例が確認されている⁶。

評価対象の固定屋根式タンクに対しては、スロッシング最大波高は空間余裕高さ以下と推定されており、液面が固定屋根には届かないことから、油の溢流やタンク火災の発生の可能性は低いと考えられる。

³ 座間信作：2003年十勝沖地震にみる石油タンク被害の特徴と対策、物理探査、第59巻第4号(2006)

⁴ 松井徹哉、永谷隆志：長周期地震動を受ける大型円筒浮屋根貯槽の非線形スロッシング挙動、第14回日本地震工学シンポジウム論文集、2923-2932、2014

⁵ 消防庁危険物保安室：内部浮き蓋付き屋外貯蔵タンクの安全対策に関する検討報告書、2011

⁶ 太田外氣晴、座間信作：巨大地震と大規模構造物—長周期地震動による被害と対策—、2005

第5章 津波による災害評価

5.1 東日本大震災での津波による被害

東日本大震災において、宮城県内で津波により被害を受けた石油タンク施設の数及び石油タンク本体に浮き上がり、転倒、滑動、流失、漂流等の移動被害が生じたものの数を表 5.1.1 に、津波による石油タンク施設に発生した被害を表 5.1.2 に示す¹。

表 5.1.1 津波により被害を受けた石油タンク施設等の数

容量クラス (m ³)	～500	500 ～ 1,000	1,000 ～ 10,000	10,000 ～ 50,000	50,000 ～	不明	合計
津波により被害を受けた石油タンク施設の数	125	38	28	19	15	4	229
津波により浮き上がり、転倒、滑動、流失、漂流等の移動の被害を受けた石油タンク	55	19	14	1	0	0	89

表 5.1.2 津波により石油タンク施設に発生した被害

被害箇所	被害の内容
タンク本体	<ul style="list-style-type: none"> ○流失、移動、転倒 ○変形 ○タンク開放中にマンホールから津波が浸水して浮き屋根が回転し、ガイドポール、ゲージポール、側板最上段が一部変形 ○タンク側板のガレキ等の衝突によるへこみ
基礎・地盤	<ul style="list-style-type: none"> ○洗掘 ○基礎・犬走りの土砂流出 ○犬走りにひび割れ、陥没
配管	<ul style="list-style-type: none"> ○流失、移動 ○破断、折損、破損、屈曲
防油堤	<ul style="list-style-type: none"> ○き裂、破損 ○目地部の割れやコンクリートのひび割れ ○仕切堤破損 ○基礎洗堀→開口に至るものあり
その他	<ul style="list-style-type: none"> ○雨水浸入防止シールの膨れ、剥がれ等 ○泡消火設備用ポンプ、タンク元弁遠隔操作装置、消火器、掲示板等の設備・装置の流失、浸水、損傷 ○泡消火設備、タンク元弁等の周辺設備・装置の基礎の洗堀 ○防油堤内に、がれき等が流入し、防油堤の規定容量の確保が困難 ○タンクヤードの洗堀 ○タンクヤード内汚泥集積

¹ 2014年日本地震工学シンポジウム論文：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：畑山健：消防庁消防研究センター

5.1.1 危険物タンクにおける災害

A. 配管の破損による漏洩による災害

東日本大震災では、3月11日から3月17日にかけて、仙台地区の事業所において、屋外タンク貯蔵所の附属配管（直径約20mm、ドレーン・ベント）2箇所が破損し、ガソリン約1,200kL及び重油約1,400kLが防油堤内に流出、滞油した。これに伴い、同事業所敷地内全てに火災警戒区域が設定された。

公設消防隊による防油堤内への消火泡投入により、可燃性蒸気の発生を抑制し、タンクの元バルブを閉鎖して引き続く流出を阻止した。

なお、防油堤内の流出油の回収には、約1ヶ月の期間を要した。

仙台地区の事業所における屋外タンク貯蔵所附属配管の破損及び危険物流出事故の状況を示す写真を図5.1.1に示す。

（下図は仙台市消防局からの提供）

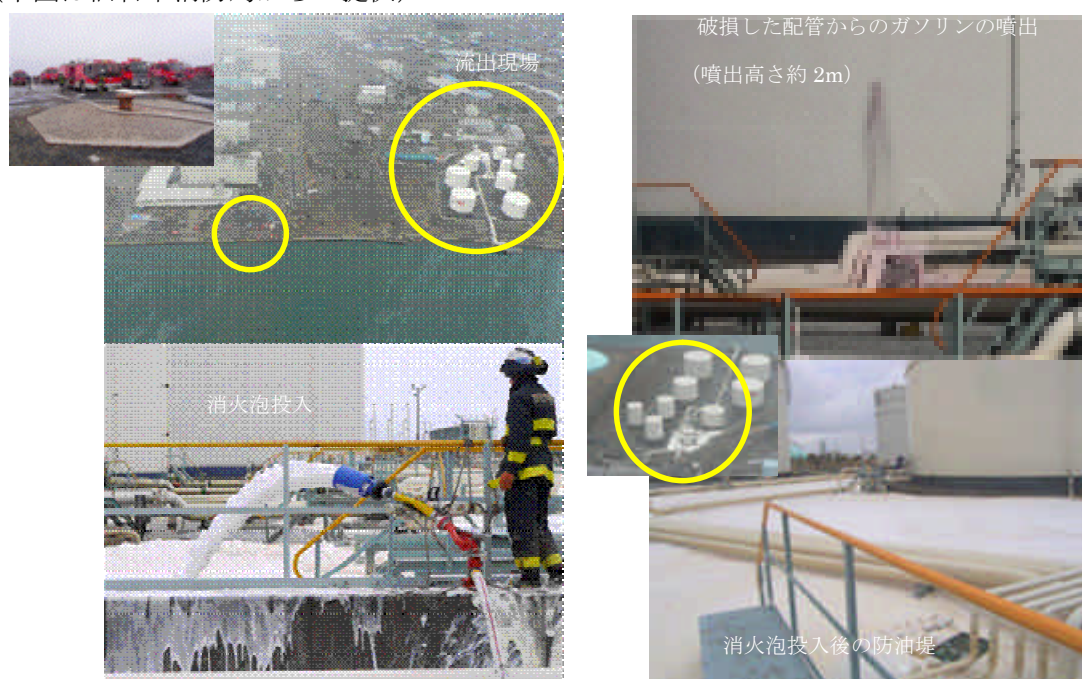


図 5.1.1 仙台地区の事業所における屋外タンク貯蔵所附属配管の破損及び危険物流出事故

また、3月11日から3月15日にかけて、仙台地区の事業所において、津波により、ローリー出荷施設付近で火災が発生し、ガソリンタンク、アスファルトタンク、硫黄タンク、配管ラック等が焼損し、ガソリン等の危険物約23,200kLが焼失した（図5.1.2～図5.1.6）。

本火災は、地震に伴う津波により配管の破断や貯蔵タンクの破損が発生し、危険物等が漏洩した後、ローリー出荷場付近における横転車両のバッテリーの電氣的要因もしくはガス出荷場付近において発生した衝撃火花により、漏洩拡散した危険物等に引火したことにより出火し、延焼拡大したものと推定されている²。

² 2014年日本地震工学シンポジウム論文：東日本大震災におけるコンビナート火災：西 晴樹：消防庁消防研究センター

本火災で焼損し倒壊したガソリンタンクについては、津波により防油堤やタンク基礎の周辺が洗掘され、底板と側板との溶接接合部に破断（破断長さは約 2.4m）が生じ、ガソリンが流出したものと考えられている。

なお、このガソリンタンク等の火災に関連して、隣接する高圧ガスタンク(容量:35,000t)に爆発の危険があることから、半径 2km の範囲に対して 2 市 1 町が避難指示（3 月 12 日 10 : 10）を発令した。（避難指示解除は 3 月 15 日 15 : 00）

（下図は仙台市消防局、塩釜地区消防事務組合消防本部からの提供）

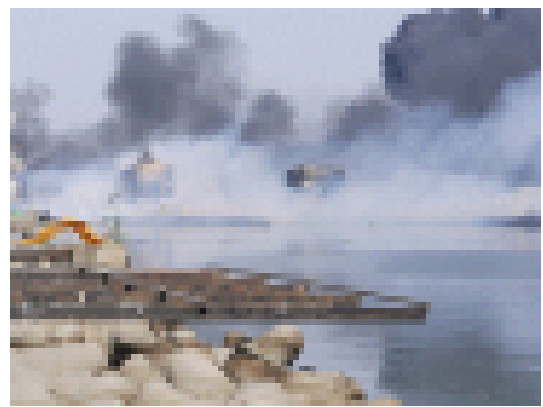


図 5.1.2 火災が発生した区域の全景



図 5.1.3 ガソリンタンク火災



図 5.1.4 配管の火災



図 5.1.5 焼損し倒壊したガソリンタンク

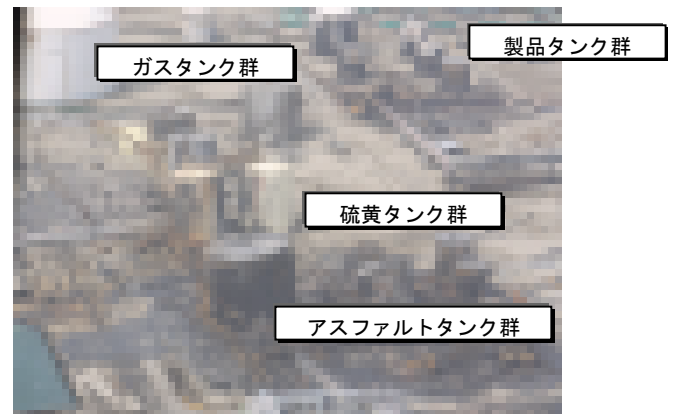


図 5.1.6 タンクの焼損状況

同事業所では火災となった施設とは別に、津波により、屋外タンク出荷配管から重油約 4,400kL が漏洩、防油堤が洗掘されたことにより、構内道路に流出したが、流出油等防止堤により、事業所外への流出は確認されていない（図 5.1.7、図 5.1.8）。

また、同事業所の屋外タンク付属配管の損傷により重油約 3,900kL が防油堤内に流出した（図 5.1.9）。

なお、事業所では、震災による停電により電源供給（常用・非常用とも）が断たれたことから、緊急遮断弁等の閉鎖操作を行うことができなかった。

（下図は仙台市消防局からの提供）

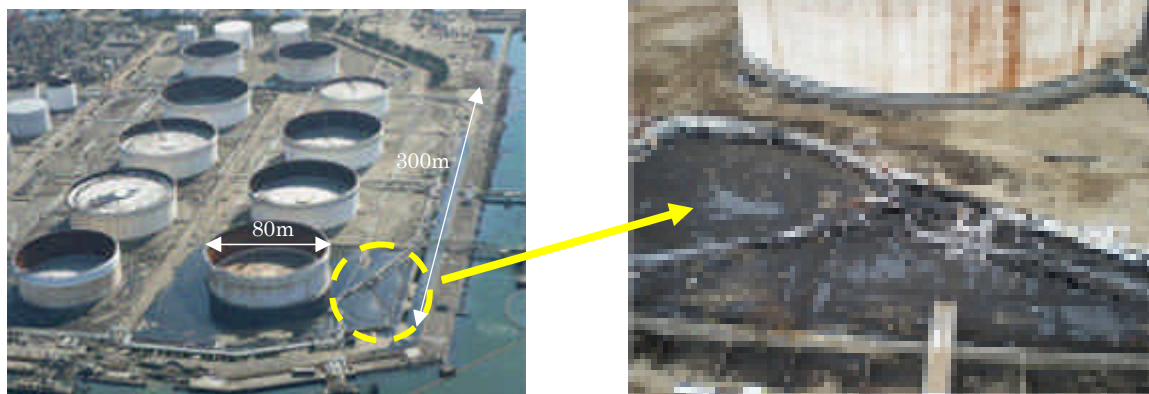


図 5.1.7 出荷配管から重油の流出



図 5.1.8 津波により湾曲した配管及びオイルフェンス展張状況

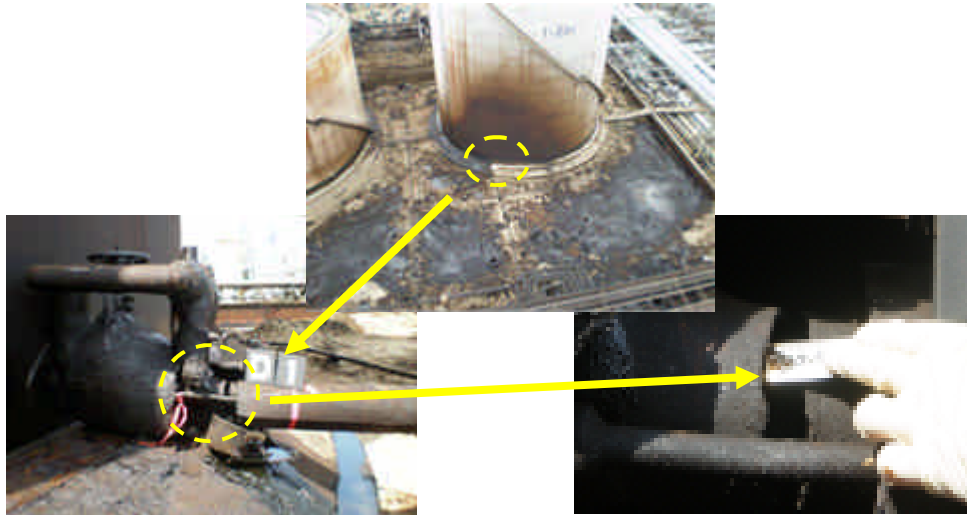


図 5.1.9 タンク附属配管の破損状況

B. タンクの移動

東日本大震災では、仙台地区において、危険物タンクが移動（休止中の旧法タンク 4 基）するなどの直接的被害が発生している（図 5.1.10）。

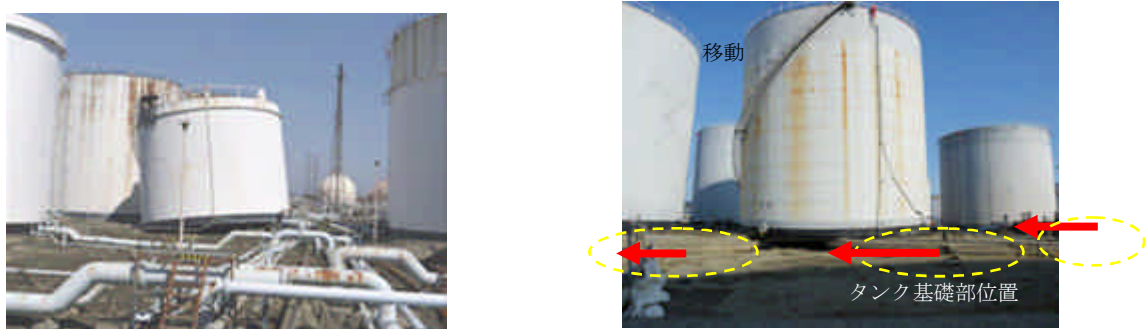


図 5.1.10 津波による危険物タンクの移動

C. その他の特筆した被害

その他の特筆した被害としては、津波による、屋外タンク基礎部及び防油堤の洗掘等が挙げられる（図 5.1.11 図）。

屋外タンク基礎部が広い範囲において洗掘された場合、タンク底部への局所的な荷重の増加によるタンク底部破断、油流出、あるいはタンクが傾斜し、転倒に至り、石油類の大量の流出につながる恐れも考えられる。

また、仙台地区では津波による防油堤の洗掘では、防油堤が倒壊する可能性が高くなり、地震により防油堤内に流出した石油類が堤外へ流出拡大する可能性も考えられる。



図 5.1.11 津波による屋外タンク基礎部及び防油堤の洗掘

5.1.1 に示したガソリンタンク等の火災により類焼したアスファルトタンクから、火のついたアスファルトが石油タンカー棧橋や消火ポンプ設備付近に漂着し、火災となった(図 5.1.12、図 5.1.13)ほか、LPG タンカー棧橋も津波により被災した(図 5.1.14)。また、津波により消防車両は全損(9 台)し(図 5.1.15)、これらの被害により、消火活動等に著しい支障が生じた。

なお、津波遡上に伴う漂流船舶の衝突等により、配管等が損傷し、配管内の油が海上へ流出する可能性もあったと考えられる。



図 5.1.12 石油タンカー棧橋の焼損



図 5.1.13 海水ポンプ室の焼損



図 5.1.14 津波による LPG タンカー棧橋の破損



図 5.1.15 津波による消防車両の被害

5.1.2 高圧ガス設備の津波による災害

5.1.1 で示したガソリンタンク等の火災（平成 23 年 3 月 11 日から 3 月 15 日にかけて、仙台地区の事業所において発生した事例）では、津波により、ローリー出荷設備付近で火災が発生し、ガソリンタンク、アスファルトタンク、硫黄タンク等が焼損するとともに、近傍の LP ガス出荷施設において設備全体が焼損した。これは、危険物タンク等の災害にととまらず、高圧ガス設備にも災害拡大したものである。（図 5.1.16）

（下図は仙台市消防局からの提供）



図 5.1.16 LPG パイプラック基礎及び配管の損傷

また、津波により流されたトラックが液化窒素貯槽に付属する加圧蒸発器や酸素ガスホルダー下部の放出弁に衝突したため、これら設備が損傷しガスが漏洩した³（図 5.1.17、図 5.1.18）。

（下図は仙台市消防局からの提供）



図 5.1.17 流入したトラックが衝突し、破損した酸素ガスホルダー放出弁

³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（第 17 回） - 配付資料



図 5.1.18 液体窒素タンクから漏洩

5.2 想定する災害シナリオ

5.2.1 危険物タンク

指針に示されている、津波による危険物タンクにおける下記初期事象の各災害シナリオを図 5.2.1 から図 5.2.3 までに示す。

- 配管の破損による漏洩
- タンクの移動・転倒
- 地震による流出後の津波

ここで、各災害シナリオにおける災害事象のうち網掛けになっている災害事象は、東日本大震災で発生した災害事象を示す。

A. 配管の破損による漏洩

津波浸水により、防油堤内の配管が破損し漏洩した場合、緊急遮断やバルブ手動閉止ができないと防油堤内へ流出し、着火すれば、防油堤内流出火災に至る可能性がある。大量に流出し、防油堤が不等沈下等により機能が損なわれた場合、防油堤外に流出し、さらに、流出油等防止堤が機能しなければ、事業所外へ流出し、着火すれば火災に至る恐れがある。

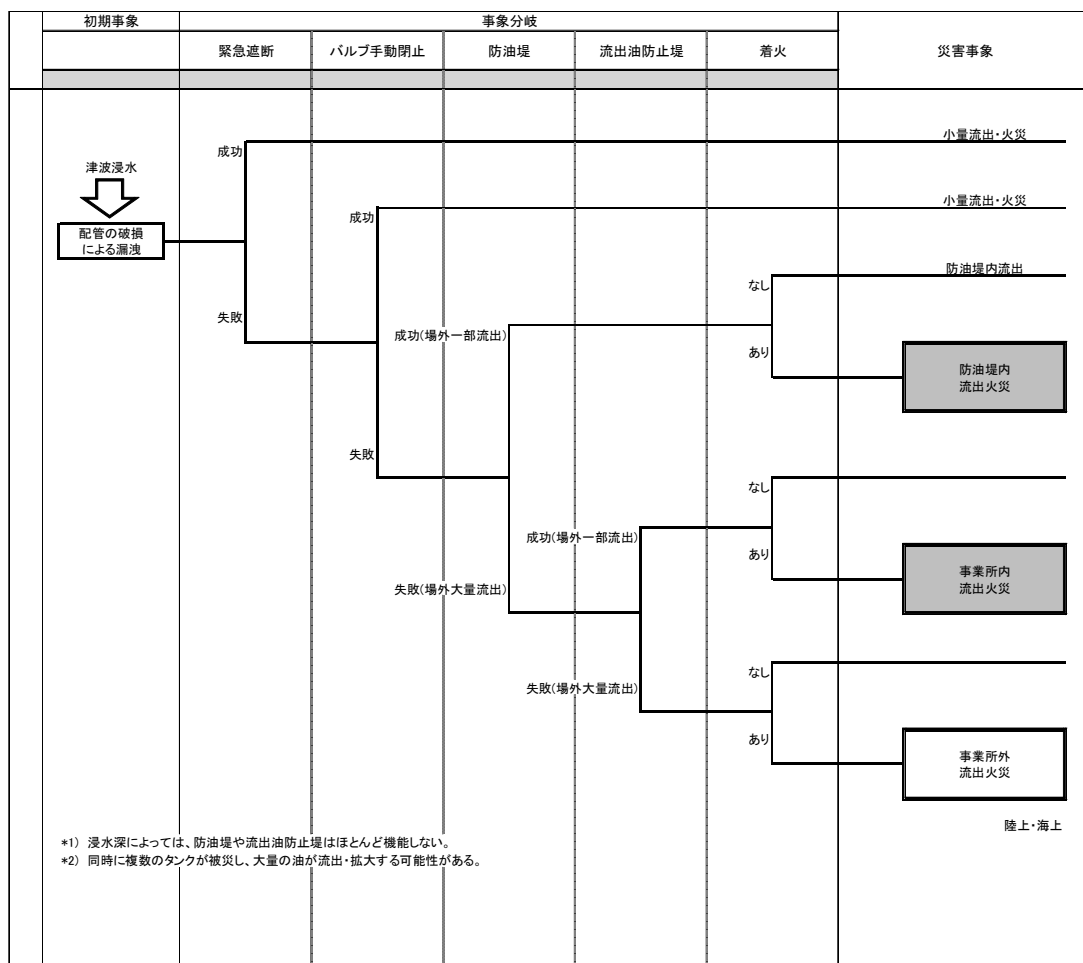


図 5.2.1 配管の破損による漏洩による災害シナリオ

B. タンクの移動・転倒

東日本大震災での被害状況から、浸水深（5.3.2 津波浸水深 参照）が概ね 3m以上となる場合には、危険物タンクの転倒や移動などの直接的被害が発生し、危険物が大量に流出する危険性があるといえる。

緊急遮断が機能しない、もしくは、バルブ手動閉止ができない場合は、防油堤内流出が発生する恐れがあり、防油堤が機能しなければ、事業所内に流出拡大し、流出油等防止堤が機能しなければ事業所外流出に至る危険性がある。

また、津波により大量の油の流出が想定される場合には、大規模な流出火災に至る恐れがある。

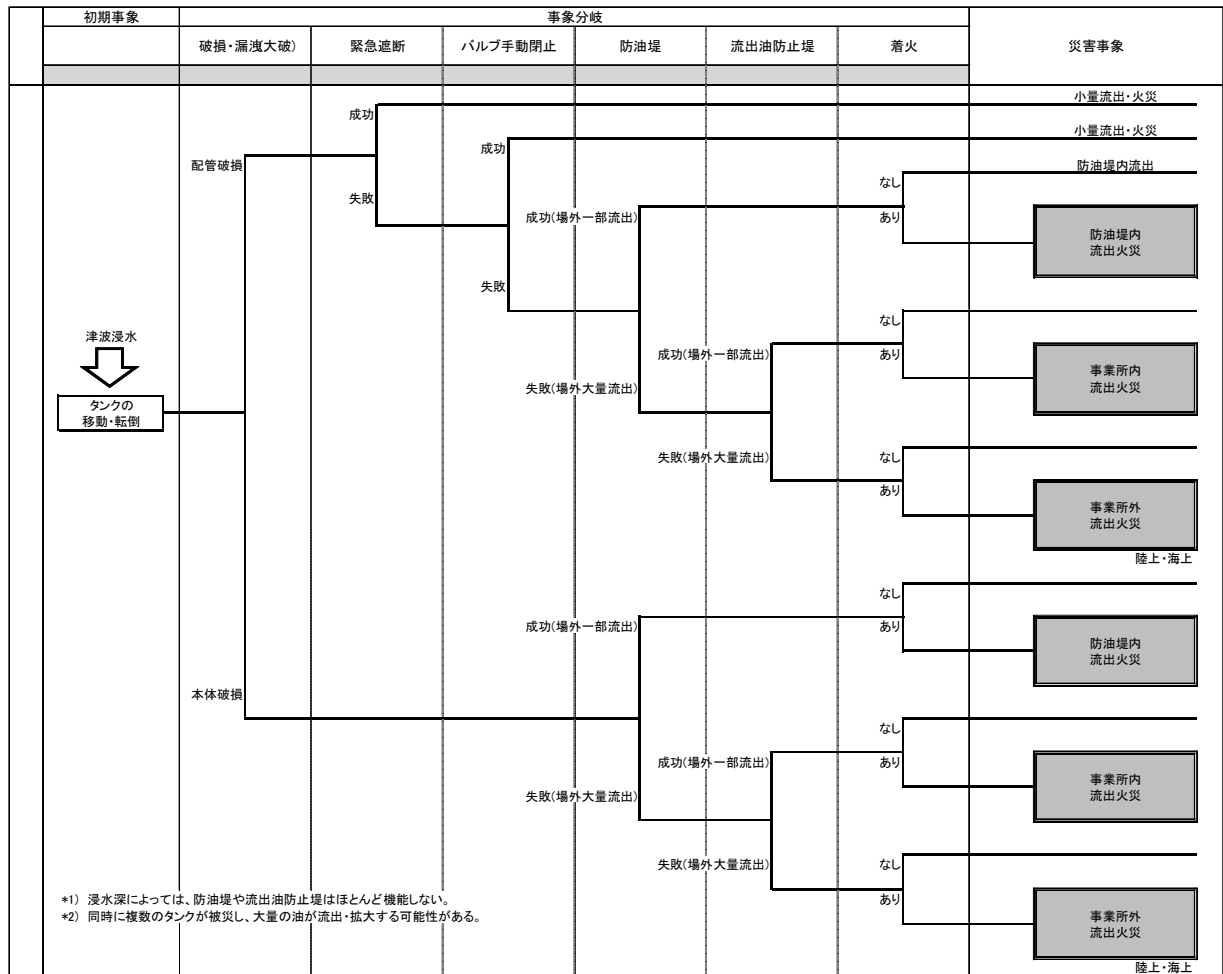


図 5.2.2 タンクの移動・転倒による災害シナリオ

C. 地震による流出後の津波

地震により防油堤内流出が発生し、その後の津波により防油堤内が浸水した場合、防油堤外へ流出し、事業所内流出火災へ至る可能性がある。

さらに、流出油等防止堤が機能しなければ、事業所外の陸上あるいは海上に災害が拡大する可能性がある。

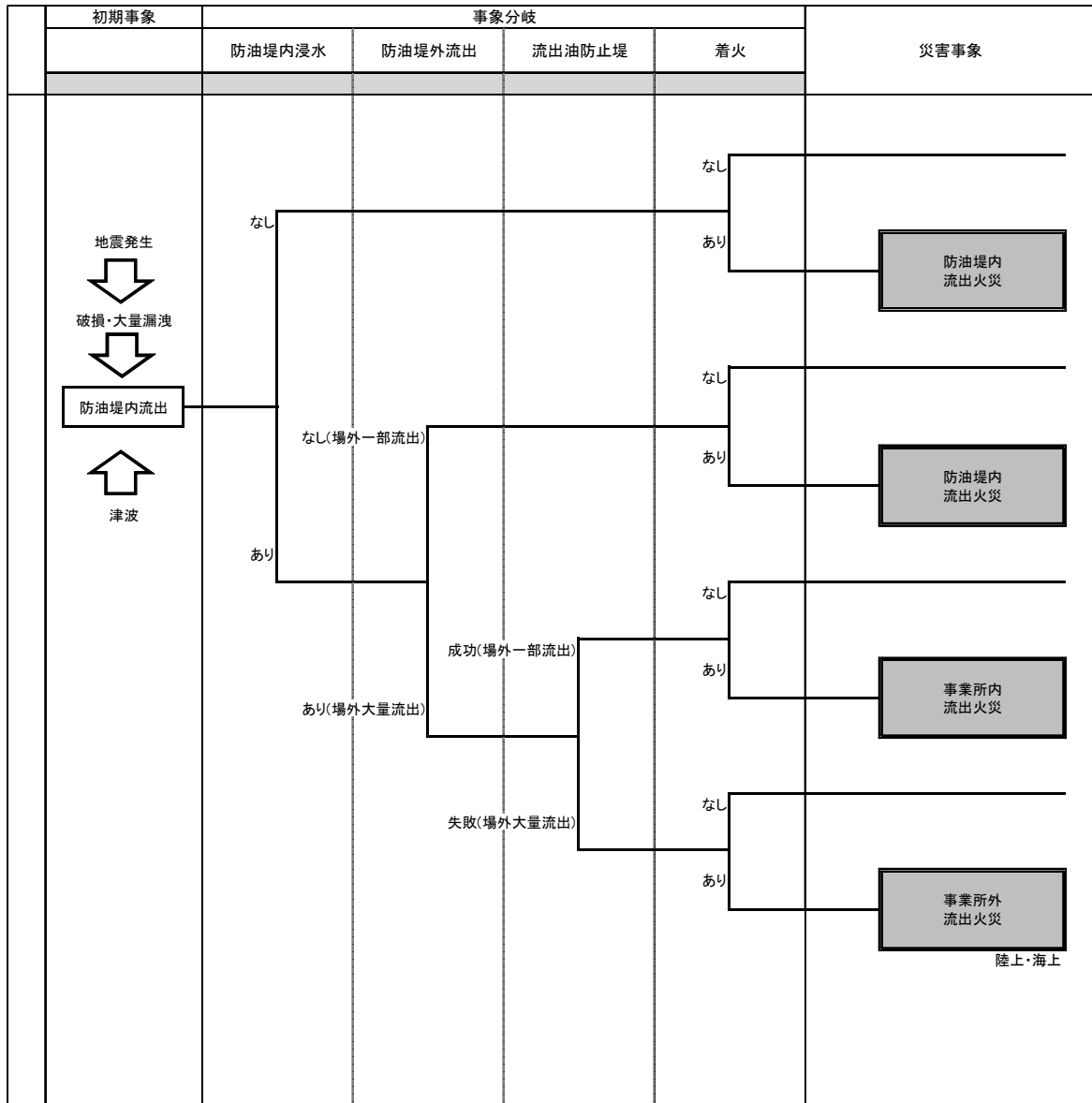


図 5.2.3 地震による流出後の津波による災害シナリオ

5.2.2 可燃性ガスタンク

指針に示されている、津波による可燃性ガスタンクにおける下記初期事象による災害シナリオを図 5.2.4、図 5.2.5 に示す。

- 配管の破損による漏洩
- タンクの移動・転倒

ここで、各災害シナリオにおける災害事象のうち網掛けになっている災害事象は東日本大震災で発生した災害事象を示す。

A. 配管の破損による漏洩

「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」では、配管の破損による漏洩による災害緊急遮断設備、計装設備等の破損・不具合といった、これらの設備が動作しなくなることにより適切な保安措置ができなくなり、大量の高圧ガスが漏洩するなどが想定される事象は、浸水深 1m 未満でも発生の可能性がある、としている。

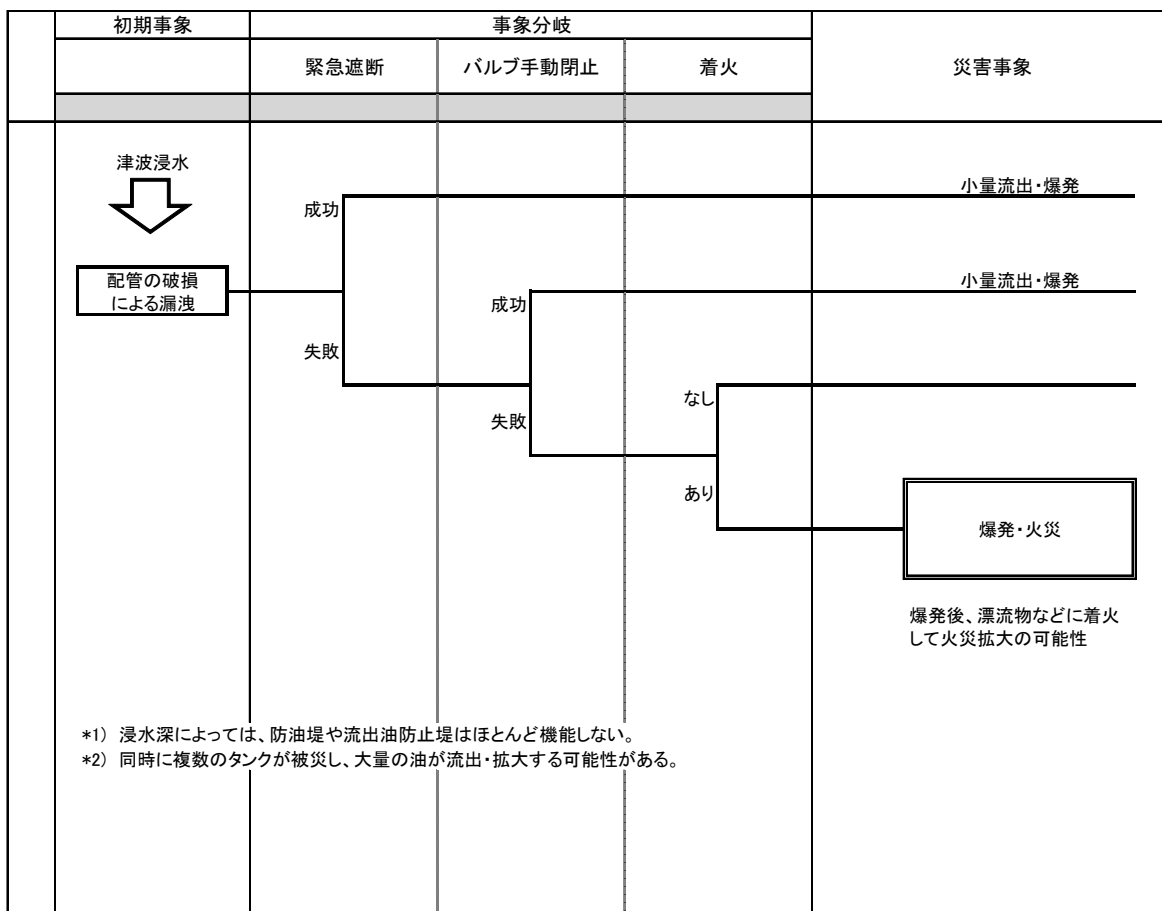


図 5.2.4 配管の破損による漏洩による災害シナリオ

B. タンクの移動・転倒

「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」では、東日本大震災において、高圧ガスの大量漏洩など、想定される被害が極めて大きいとされる、高圧ガス設備、貯槽塔の移動・転倒は、浸水深 3m以上の事業所で発生する可能性がある、としている。

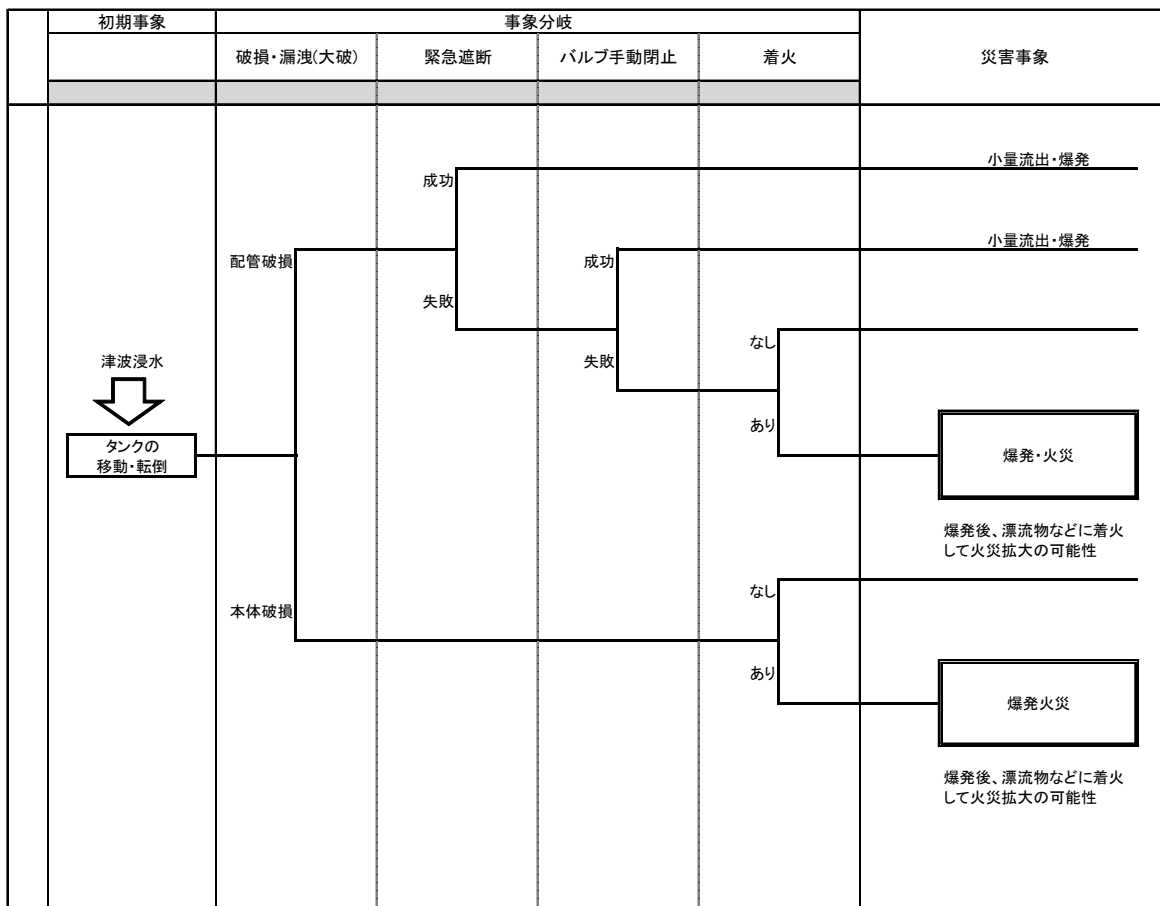


図 5.2.5 タンクの移動・転倒による災害シナリオ

5.3 危険物タンクの浮き上がり、滑動の可能性の検討

5.3.1 算定方法

津波の波力・浮力による危険物タンクへの影響を判定するため、タンクの浮き上がり及び滑動の可能性を予測する簡易手法である「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール（消防庁）」により、算出した流出量から想定最大流出量を把握する。

津波被害シミュレーションツールに、タンクの許可容量や内径、貯蔵内容物の比重、被災時点の貯蔵量、東日本大震災における津波浸水深等を入力し、津波の波力や浮力で生じる「浮き上がり」とタンク全体が押し流される「滑動」について、自主管理の液面上限高さ、自主管理の液面下限高さ、自主管理の液面上限・下限高さの中間値で安全率を計算し、移動(浮き上がり、滑動)タンク数を算定した。

津波被害シミュレーションツールで算出した浮き上がり安全率・滑動安全率が1以下の場合に移動の被害が発生する可能性があると判断し、安全率1時点の流出量を算定し、最大想定流出量は、タンクごとの移動が始まる時点の貯蔵量の合計値とした。図 5.3.1 に貯蔵率と最大想定流出量の関係を示す。

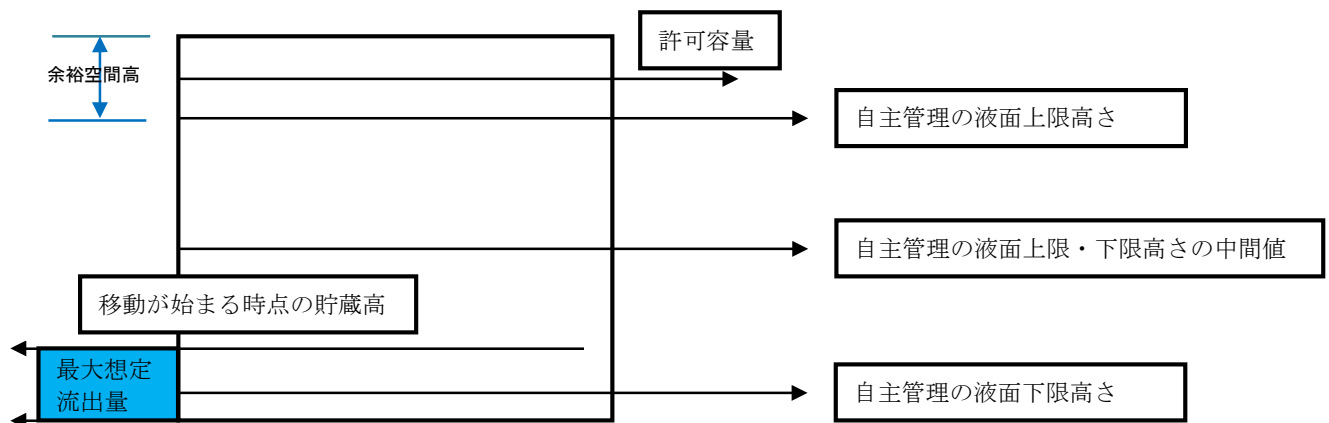


図 5.3.1 危険物タンクの貯蔵率

5.3.2 津波浸水深

本調査においては、平成 26 年に実施した事業所アンケート調査により所在する危険物タンク、可燃性ガスタンクを対象に、東日本大震災での各事業所内で最大となる津波浸水深を用い、シミュレーションを実施する。また、タンク設置位置での津波浸水深は、図 5.3.2 に示すように、東日本大震災における最大浸水深からタンク基礎高さを差し引いた値を用いた。

なお、事業所内に浸水していても、タンク設置位置において浸水がなかったタンクについては、シミュレーションの対象外とした。

表 5.3.1 に算定に用いる危険物タンク、可燃性ガスタンクを有する事業所での浸水深、図 5.3.3 に東日本大震災における浸水図を示す。

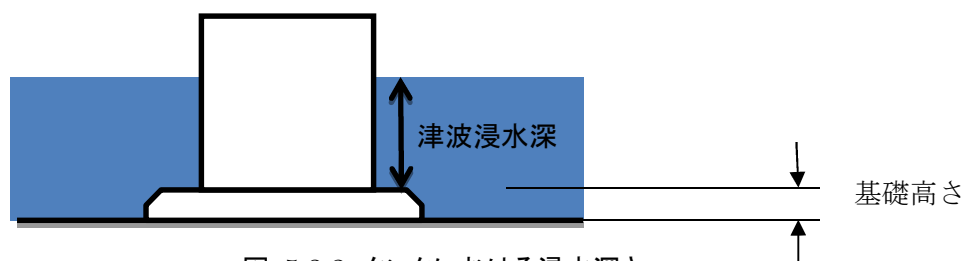


図 5.3.2 タンクにおける浸水深さ

参考として、図 5.3.4 から図 5.3.9 に宮城県第 3 次地震被害想定調査（平成 16 年）における津波の浸水分布を示す。宮城県第 3 次地震被害想定調査では、仙台地区の一部の事業所において、最大 0.5m の津波浸水深である。

表 5.3.1 算定に用いる浸水深

地区名	事業所名	事業所内での浸水の有無	算定に用いる浸水深 (m)
仙台地区	J X 日鉱日石エネルギー (株) 仙台製油所	有	3.5
	全農エネルギー(株)仙台石油基地	有	5.0
	東北電力 (株) 新仙台火力発電所	有	1.3
	仙台市ガス局港工場	有	2.5
塩釜地区	EMG マーケティング合同会社塩釜油槽所	有	— (タンクの浸水無)
	カメイ株式会社 塩釜真山油槽所	有	1.0
	出光興産(株)塩釜油槽所	有	— (タンクの浸水無)
	昭和シェル石油(株)塩釜油槽所	有	— (タンクの浸水無)
	東西オイルターミナル(株)塩釜油槽所	有	— (タンクの浸水無)
	富士興産 (株) 塩釜油槽所	有	— (タンクの浸水無)

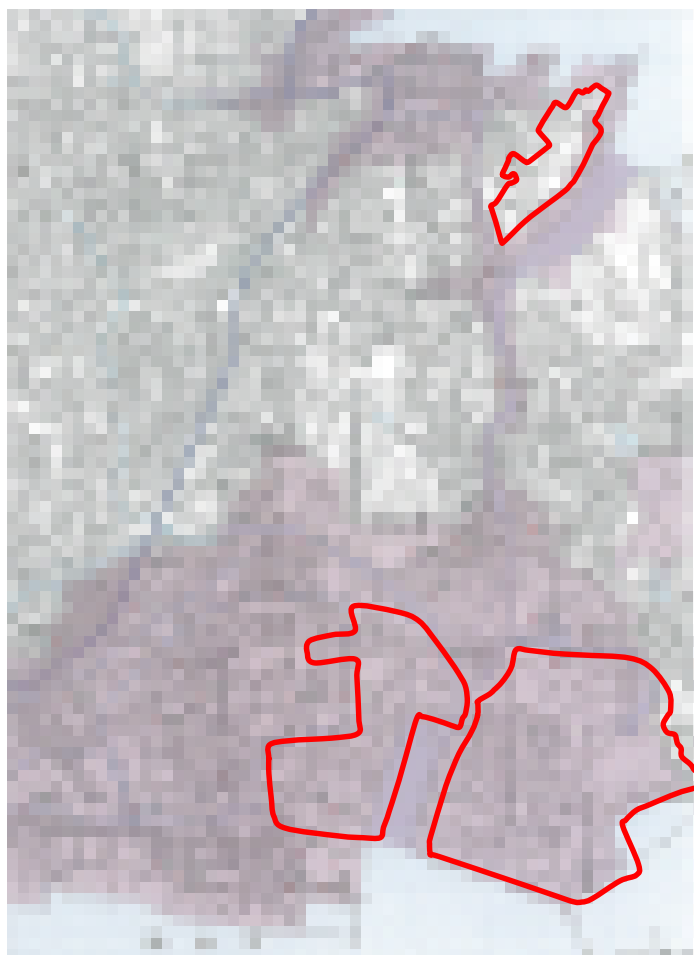


図 5.3.3 東日本大震災における津波浸水の状況（東日本大震災津波詳細地図上巻の図に加筆）

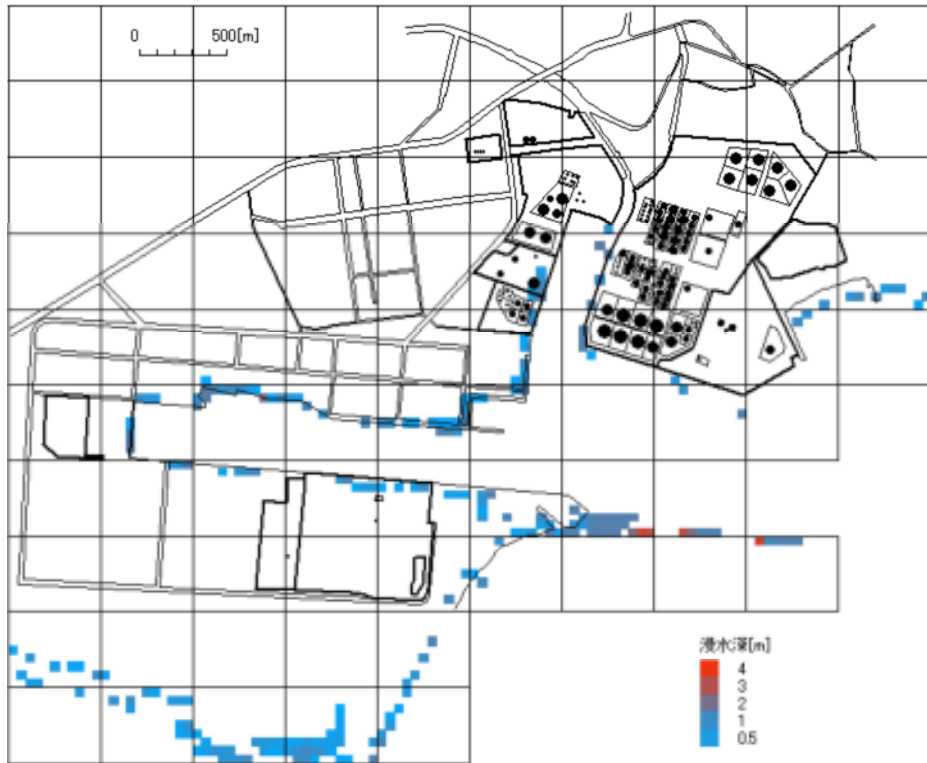


図 5.3.4 津波の浸水分布(宮城県第 3 次地震被害想定調査(宮城県沖地震(単独))仙台地区)

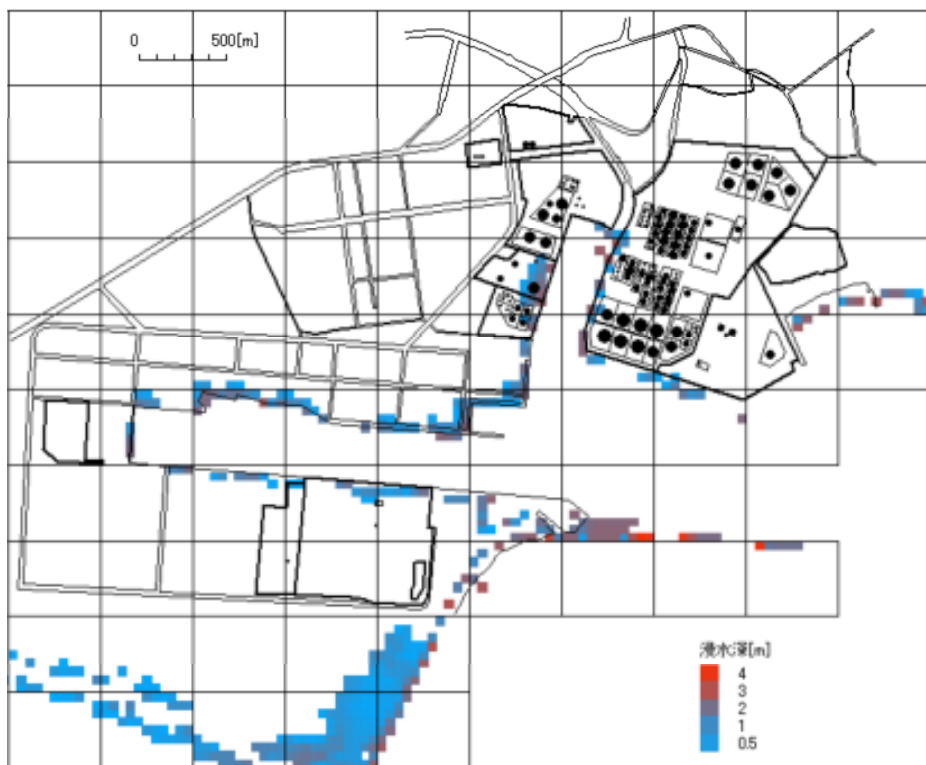


図 5.3.5 津波の浸水分布(宮城県第 3 次地震被害想定調査(宮城県沖地震(連動))仙台地区)

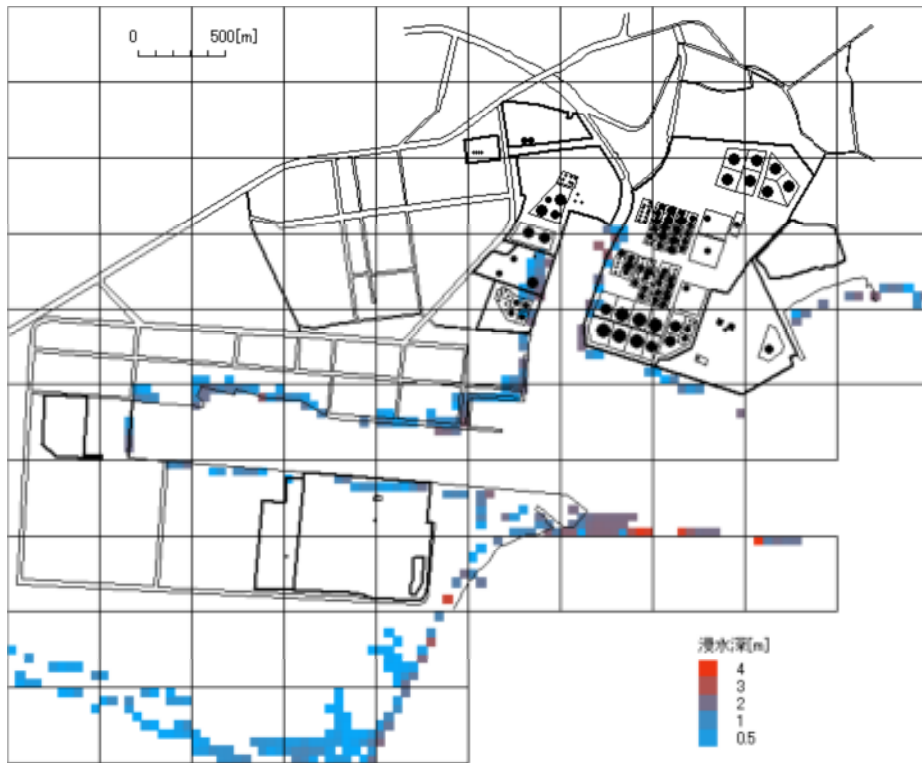


図 5.3.6 津波の浸水分布(宮城県第3次地震被害想定調査(昭和三陸地震)仙台地区)



図 5.3.7 津波の浸水分布(宮城県第3次地震被害想定調査(宮城県沖地震(単独))塩釜地区)

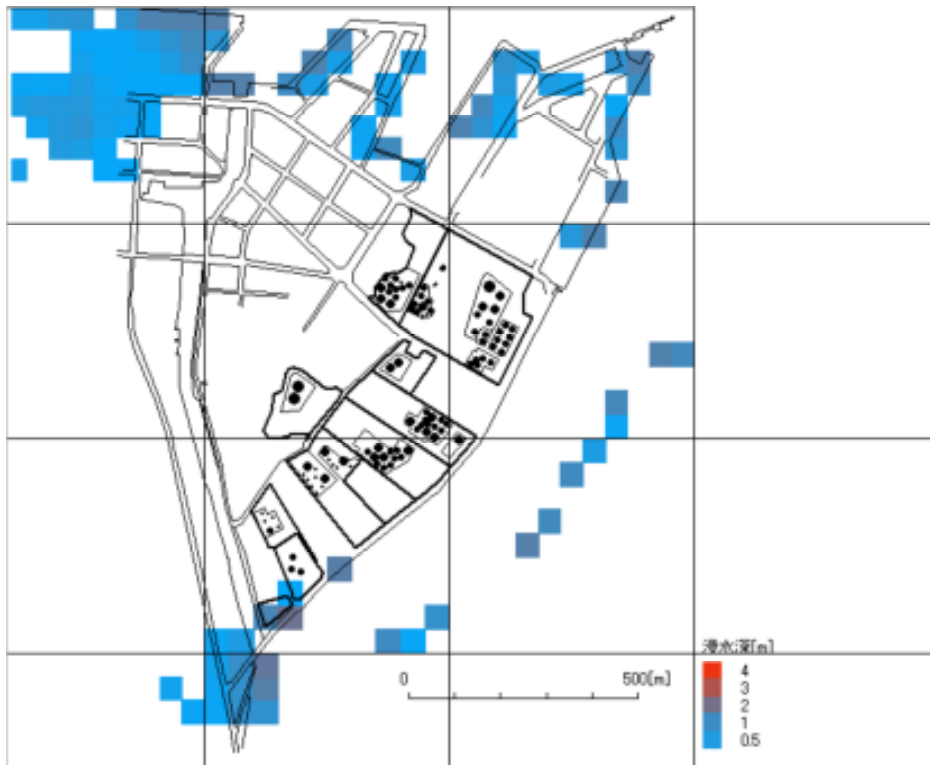


図 5.3.8 津波の浸水分布(宮城県第 3 次地震被害想定調査(宮城県沖地震(連動))塩釜地区)

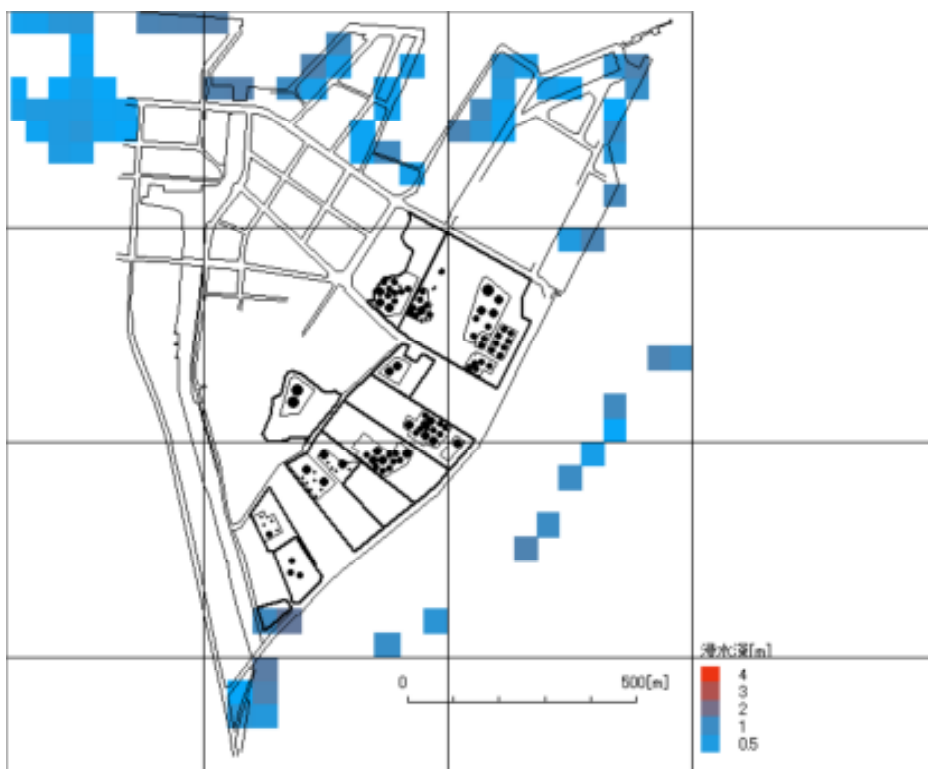


図 5.3.9 津波の浸水分布(宮城県第 3 次地震被害想定調査(昭和三陸地震)塩釜地区)

5.3.3 浮き上がり及び滑動の可能性

浮き上がり安全率及び滑動安全率が 1.0 を下回り、浮き上がり及び滑動の可能性のあるタンクの基数を表 5.3.2 に示す。

自主管理の液面上限高さにおいて、浮き上がりもしくは滑動の可能性のあるタンクはない。自主管理の液面上限・下限高さの中間値において、浮き上がりもしくは滑動の可能性のあるタンクは、仙台地区で 1 基である。自主管理の液面の下限高さにおいて浮き上がりもしくは滑動の可能性のあるタンクは、仙台地区で 76 基である。

また、仙台地区での最大想定流出量（タンクごとの、移動が始まる時点の貯蔵量の合計値）は、約 282,000 kL である。

なお、「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール（消防庁）」を用いる手法の精度については、畑山が東日本大震災での実際の被害と予測との比較検証⁴を行っている。これによると、「194 基のうち約 76%にあたる 147 基で実際と予測が一致しているが、実際と予測が一致しないタンクもあり、そのほとんどが被害発生の可能性があるとの、保守的な評価結果となっており、津波を受けた石油タンクの移動被害の発生予測に利用できるだけの妥当性（的中率）を有している」と結論付けている。

東日本大震災では、仙台地区において滑動したタンクは、休止中の 4 基（3,000kL～5,000kL）のみであった。

表 5.3.2 浮き上がりもしくは滑動の可能性のあるタンク基数[※]

地区名称	浮き上がりもしくは滑動の可能性のあるタンク			最大想定流出量 (kL) (タンクごとの、移動が始まる時点の貯蔵量の合計値)
	自主管理の液面上限高さの場合	自主管理の液面上限・下限高さの中間値	自主管理の液面下限高さの場合	
仙台地区	0	1	76	282,000
塩釜地区	0	0	0	0
計	0	1	76	282,000

※最大想定流出量 (kL) は、タンクごとの、移動が始まる時点の貯蔵量の合計値で、すべてのタンクが自主管理の液面上限高さ、自主管理の液面上限・下限高さの中間値、自主管理の液面下限高さで貯蔵されている状態を想定したもの

⁴ 2014年日本地震工学シンポジウム論文：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：畑山健：消防庁消防研究センター

5.4 危険物タンクの災害想定

5.4.1 配管の破損による漏洩による災害

仙台地区は、津波浸水深が 1.3～5.0m であるが、事業所に対するアンケート調査結果では、すべての事業所において、防油堤に漏洩防止措置（目地等の補強）が実施されており、配管からの流出による被害のほとんどが防油堤内で止まるが、防油堤外に設置されている配管については流出油等防止堤内への油の流出が考えられる。

ただし、5.1 に示した東日本大震災の被害状況と同様に、津波により防油堤の洗掘等が発生した場合は、事業所内へ流出拡大する可能性もあり、この場合、流出油等防止堤が堅牢でなければ、最悪の場合は事業所外へ流出拡大する恐れもある。

塩釜地区内の浸水範囲にある事業所における津波浸水深は 1.0m であるが、仙台地区の事業所と同様に防油堤に漏洩防止措置が実施されており、配管からの流出による災害は、最悪の場合は防油堤内流出が考えられる。

5.4.2 タンクの浮き上がり・滑動による災害

仙台地区においてタンクの浮き上がり・滑動により想定される最大想定流出量（タンクごとの、移動が始まる時点の貯蔵量の合計値）は約 282,000kL であり、流出した場合は防油堤内流出火災が発生する恐れがある。

ただし、5.1 に示した東日本大震災の被害状況と同様に、津波により防油堤の洗掘等が発生した場合は、事業所内へ流出拡大する可能性もあり、この場合、流出油等防止堤が堅牢でなければ、最悪の場合は事業所外へ流出拡大する可能性もある。

5.4.3 地震による流出後の津波による災害

津波が想定される地震により、石油タンクにおいて仕切堤内流出もしくは防油堤内流出が発生した場合は、その後の津波により、事業所内もしくは事業所外（陸上あるいは海上）に流出拡大する可能性がある。

仙台地区では、流出油等防止堤は設置されているが、浸水深が最大 5.0m であり、仕切堤内もしくは防油堤内の滞油が事業所内もしくは、事業所外へ流出拡大する恐れがある。

塩釜地区の浸水範囲にある事業所における浸水深は最大 1.0m であり、事業所内への流出拡大の可能性はあるが、事業所外へ流出拡大する可能性は仙台地区に比べて低いと考えられる。

5.5 可燃性ガスタンクの災害想定

可燃性（高圧）ガス施設が受ける津波の波力及び浮力や漂流物により受ける衝撃力に対する影響評価については、現在検討が行われているところであり、平成 26 年度までに評価方法の策定が完了する予定である（平成 27 年 3 月 2 日時点において未策定）。

本評価では、参考的な評価として、「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」に記載されている、東日本大震災での津波浸水深と被災状況を踏まえ、定性的に可燃性ガスタンクの災害想定を行う。

5.5.1 配管の破損による漏洩による災害

「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」では、配管の破損による漏洩において災害緊急遮断設備、計装設備等の破損・不具合といった、これらの設備が動作しなくなることにより適切な保安措置ができなくなり、大量の高圧ガスが漏洩するなどが想定される事象は、浸水深1m未満でも発生した事例がある、としている。

ただし、流出したとしても海水からの入熱により短時間で気化し、着火を免れれば大気中に拡散・消滅するため、大規模な火災爆発には至らないと考えられるが、本評価では、この効果を考慮せずに影響について算定した。

仙台地区の浸水範囲にある可燃性ガスタンクは、緊急遮断装置が設置されているものの、浸水深は約1.3～3.5mであり、津波浸水時に緊急遮断装置が確実に機能する可能性は高くなく、配管の破損による漏洩により中量流出・爆発が想定される。

また、塩釜地区では浸水範囲にある可燃性ガスタンクはない。

表 5.5.1 に地区別の中量流出・爆発に至る可燃性ガスタンク基数及び爆風圧影響距離を示す。影響距離を定める基準については、安全限界(家の天井の一部が破損:窓ガラスの10%が破壊される)2.1(kPa)を用いた。

仙台地区における人への爆風圧の影響は、石油コンビナート等特別防災区域外に及ぶと考えられる。

表 5.5.1 中量流出・爆発に至る可燃性ガスタンク基数及び爆風圧影響距離※

	基数	影響距離 (m)
仙台地区	20	24～202
塩釜地区	0	—

※配管の破損による漏洩において、災害緊急遮断設備、計装設備等の破損・不具合といった、これらの設備が動作しなくなることにより適切な保安措置ができなくなり、大量の高圧ガスが漏洩するなどが想定される事象が浸水深1m未満は発生するとして事例に基づき、定性的の評価したもの

5.5.2 タンクの浮き上がり・滑動による災害

仙台地区における可燃性ガスタンクでの浸水深は、1.3～3.5mであり、移動・転倒が発生する可能性があり、さらに大量流出の可能性もある。

しかしながら、本評価では、球形タンクについては、タンク下部の形状が円筒形もしくは横置き形とは異なり、津波の流体力が低減されると考えられることから、評価対象外とした。そのため、仙台地区、塩釜地区とも、津波により移動・転倒の可能性のある可燃性ガスタンクはないと考えられる。

第6章 大規模災害における災害評価

6.1 想定する災害シナリオ

大規模災害とは、単独災害(平常時、地震時における想定災害)のリスクマトリックスにおいて、発生危険度が非常に小さいが、影響度が大きいとされる災害(低頻度大規模災害)がさらに拡大したものであり、従前の防災アセスメントではほとんど想定されていなかった極低頻度の発生事象である。例えば、石油類が防油堤外さらには事業所外に流出拡大したり、石油類や可燃性ガスの火災・爆発が隣接施設を損傷して、さらに拡大していくような災害である。東日本大震災では、LPG タンクの倒壊に端を発し、4 基のタンクが爆発・炎上してヤード内の多くのタンクを破損し、さらに隣接施設や隣接事業所にも被害を与えた。

大規模災害は、発生危険度は極めて低いが、事故に至る一定の条件が整った場合、発生すると考えられる。

本評価では、発生危険度には言及せず、施設の構造、防災設備（本評価では排水処理設備の状況を踏まえ）、周辺施設の状況などから起こり得ると考えられる災害を想定し、万一事故が発生した場合、どの程度の影響が生じるかを算定した。

6.1.1 危険物タンク

指針では、危険物タンクにおける大規模災害の初期事象として、2つの事象が示されている。

- 防油堤から海上への流出
- 防油堤火災からの延焼拡大

A. 防油堤から海上への流出

宮城県沖地震（1978 年）では、仙台地区にある 2 基の重油タンク（31,500kL）及び 1 基の減圧軽油タンク（23,700kL）の側板と底板の接合部付近が破断し、約 70,000kL の重油が流出した。陸上での拡大は、流出油等防止堤で防止できたが、一方では排水溝を通過してガードベースン（容量 6,000kL）に流出した。直ちに港湾に通ずる排水口の緊急遮断ゲートの閉鎖を行ったが、ヘドロが堆積していたため完全に閉鎖できず、土のうやダンプトラックによる土砂の搬入等により封鎖を完了するまでに数千 kL が海上に流出した。しかしながら、海上に流出した重油の大半は第 1 次オイルフェンスでくい止められた(図 6.1.1)。

防油堤外へ大量流出した場合、流出油等防止堤や排水処理設備が機能しなければ事業所外へ流出する恐れがあり、事業所外流出後、海上へ流出拡大した場合は、オイルフェンスの展張ができなければ、大規模な流出拡散事故へ進展する恐れがある。

防油堤からの海上流出による災害シナリオを図 6.1.2 に示す。ここで、図中の各災害シナリオにおける災害事象のうち、網掛けになっている災害事象は本評価から想定される災害事象であることを示す。

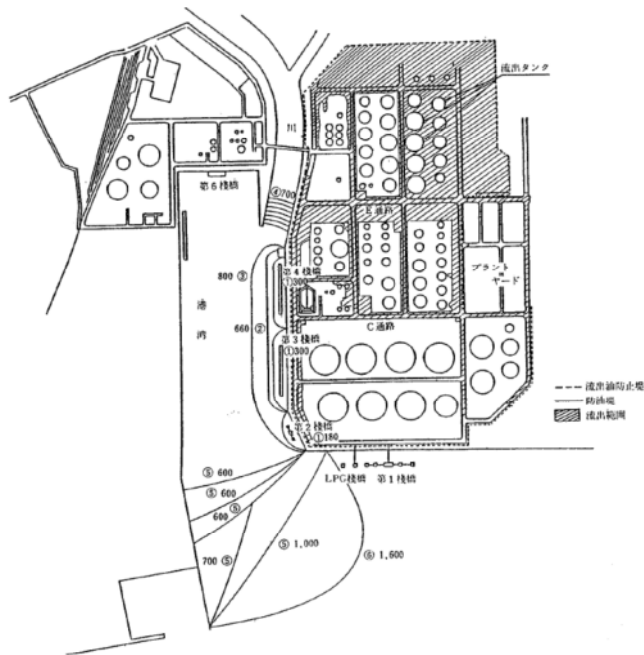


図 6.1.1 宮城県沖地震（1978）での重油流出範囲とオイルフェンスの展張状況¹

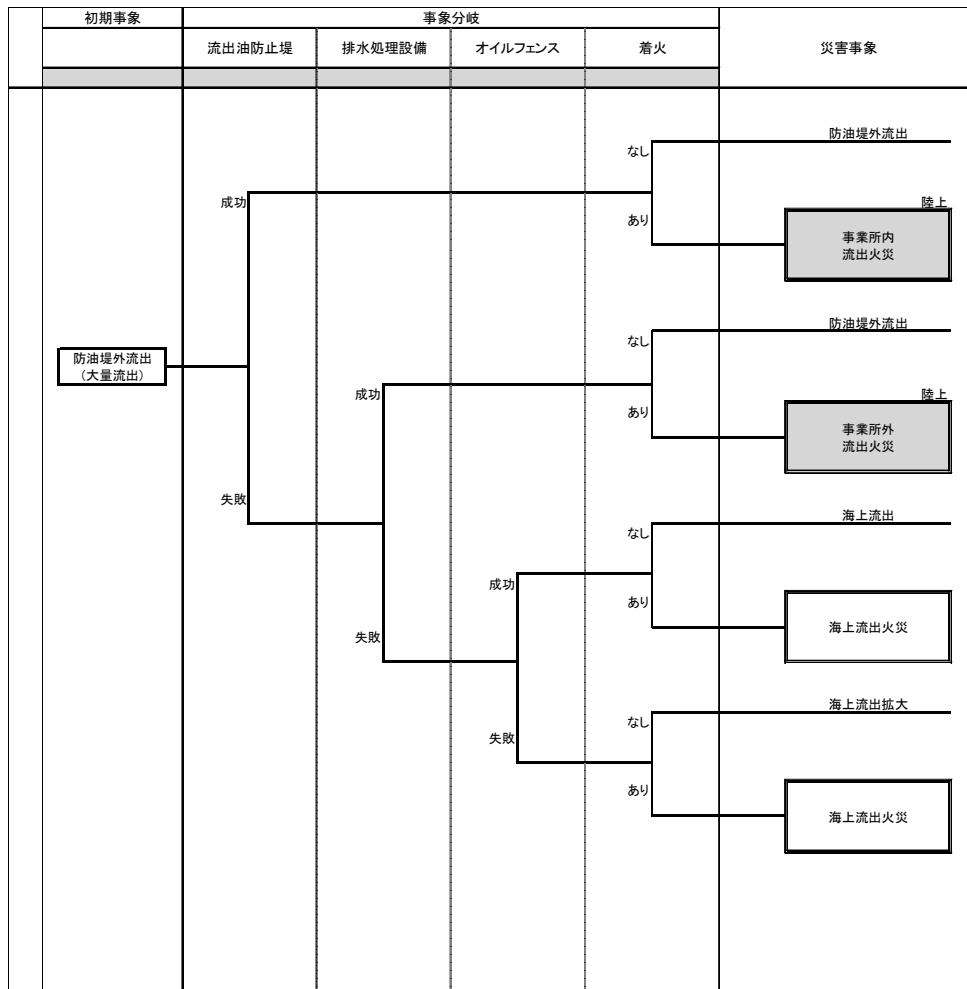


図 6.1.2 防油堤から海上への流出による災害シナリオ

¹ 消防庁特殊災害室、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

B. 防油堤火災からの延焼拡大²

新潟地震（1964）では、第1火災として、原油タンク5基、製品タンク10基の浮き屋根が揺動し、容量30,000kLの浮き屋根式原油タンクで、タンク側板を越えて原油が溢流して着火した。その後、隣接タンクを類焼し、防油堤の破損箇所から流出した原油の火により、加熱炉、ボイラー、反応塔でも火災が発生した。

この第1火災では、この原油タンク5基が焼損し、原油12万kL以上が焼失、一般民家18棟が全焼した。

また、第2火災として、タンク本体及び配管から石油が流出し、防油堤（煉瓦作り）の破損により、流出した油が、液状化による噴出した水や津波による海水の上を浮遊して拡散し、地震発生約5時間後、隣接工場との境界付近で爆発音とともに出火し、タンク全面火災が発生した。第2火災では、タンク138基が焼損し、焼損面積は235,000m²（隣接する工場を含む）、焼失建物面積75,282m²（隣接する工場を含む）、全焼建物は440棟（うち民家229棟）であった。

指針では、防油堤火災からの延焼拡大を考える場合、現状では耐震基準が強化された大規模タンクよりも、比較的脆弱とされる準特定タンク（新基準未適合）や小規模タンク（500kL未満）での火災に注意すべき、としている。

このような、比較的規模の小さいタンクは、貯蔵量は比較的少ないものの、多くのタンクが仕切られることなく、同一の防油堤の中に設置されていることが多く、仮に1基のタンクから油が流出して火災になると、周辺のタンクを焼損して、火災が防油堤全体に拡大する危険性がある。また、地震により防油堤が損傷した場合には、火災はさらに拡大し、周辺の施設に影響を及ぼすことも考えられる。



図 6.1.3 新潟地震(1964)での製油所での出火・延焼状況²

² 石油コンビナート等における災害時の影響評価に係る調査研究会資料

防油堤内流出火災が発生し、同一防油堤内の隣接タンクの損傷・延焼に至る場合、タンクヤード全体の火災に至る恐れがある。さらに、防油堤が堅牢でなく、損傷し機能しない場合、防油堤外や周辺設備へも火災が拡大する可能性がある。

防油堤内火災からの延焼拡大による災害シナリオを図 6.1.4 に示す。ここで、図中の各災害シナリオにおける災害事象のうち、網掛けになっている災害事象は本評価から想定される災害事象であることを示す。

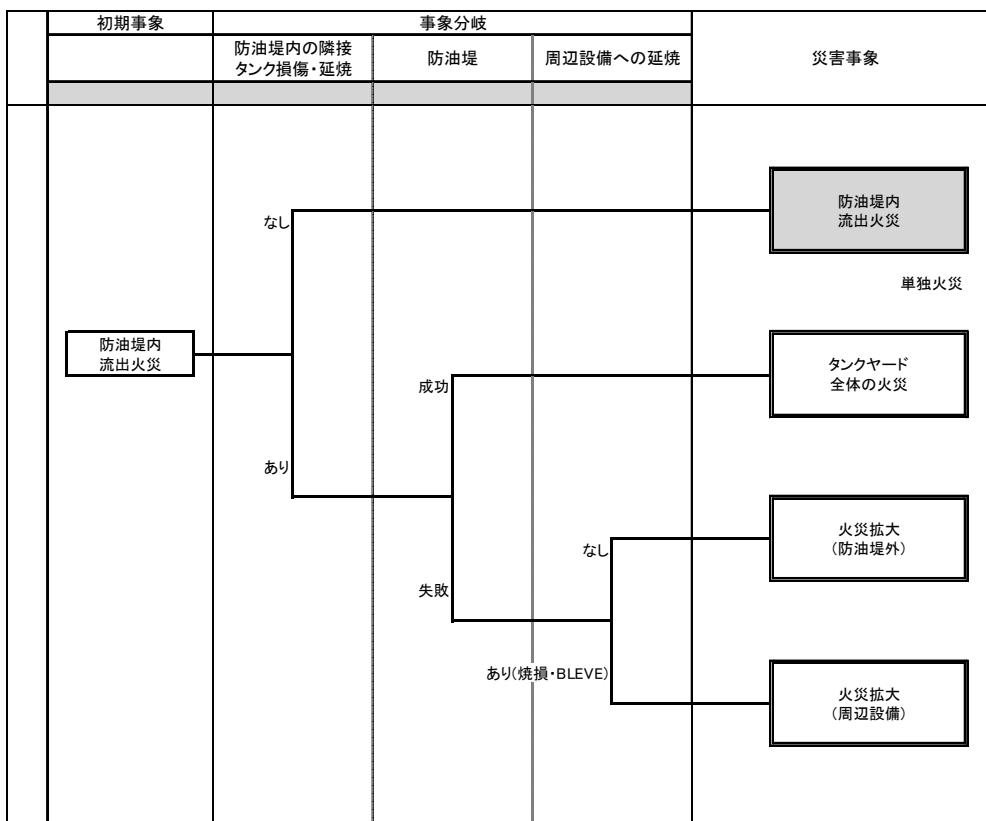


図 6.1.4 防油堤火災からの延焼拡大による災害シナリオ

6.1.2 可燃性ガスタンク

指針では、可燃性ガスタンクにおける大規模災害の初期事象として、1つの事象が示されている。

○ BLEVE による延焼拡大

A. BLEVE による延焼拡大

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)³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。

東日本大震災における LPG タンク爆発火災は、満水のタンクの倒壊に端を発し、これにより LPG 配管が破損して火災となり、BLEVE により次々と隣接タンクが爆発して大規模火災に至った。

可燃性ガスタンクの流出爆発・火災により、周辺施設への延焼や周辺の可燃性ガスタンクの破損に至ることも考えられる。

図 6.1.5 に BLEVE による延焼拡大による災害シナリオを示す。

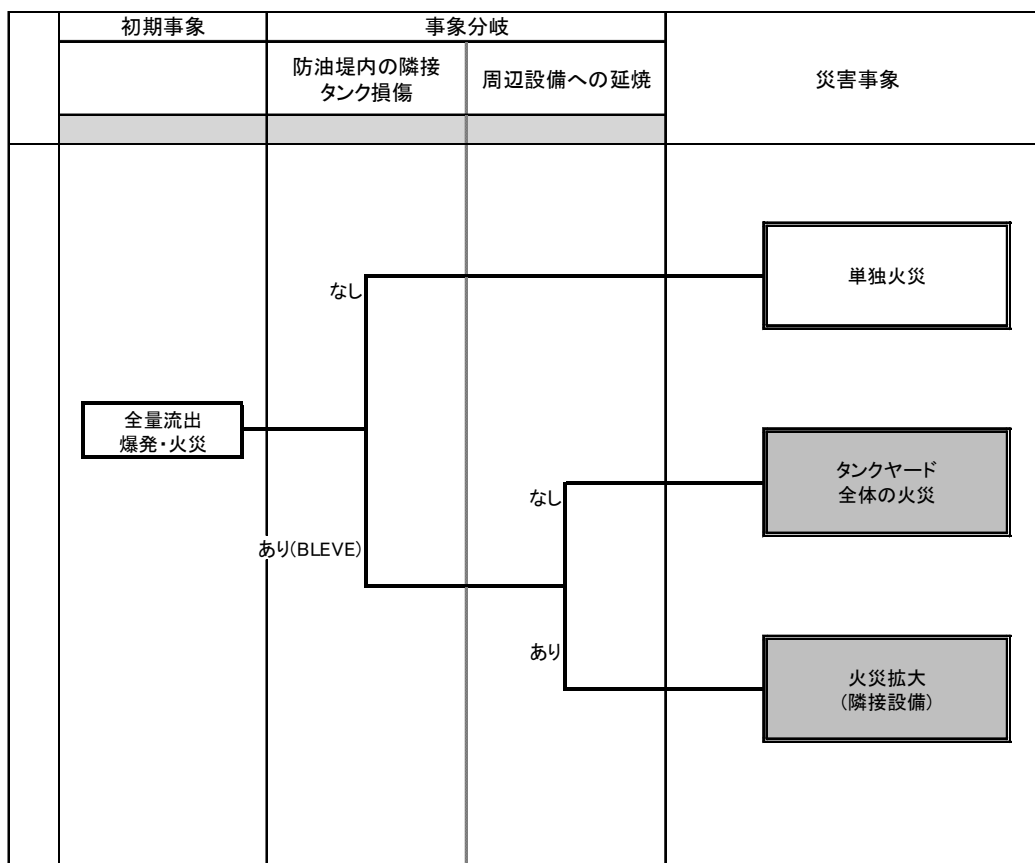


図 6.1.5 BLEVE による延焼拡大による災害シナリオ

³ 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。

6.2 危険物タンクの災害想定

6.2.1 防油堤から海上への流出による災害

平常時(通常操業時)の場合、流出油等防止堤により、石油類が事業所外へ流出する可能性は低い。また、地震時については、流出油等防止堤が堅牢でなければ、事業所外へ流出する可能性はある。しかしながら、液状化により防油堤が不等沈下し、防油堤の機能が損なわれた場合でも、排水処理設備が機能すれば、事業所外へ流出する可能性は低い。

本調査のため実施した事業所アンケート調査回答によれば、仙台、塩釜両地区の特定事業所において排水処理設備は設置されている。従って、前述の排水処理設備により石油類が海上へ流出する可能性は低いものと考えられる。

6.2.2 防油堤火災からの延焼拡大による災害

本評価では、同一防油堤の中に、準特定タンク（新基準未適合）があり、複数の危険物タンクが所在するものを対象に、タンクヤード全体の火災（防油堤内の全てのタンクの全面火災及び防油堤内の火災）が発生した場合の放射熱影響の算定を行った。

影響距離を定める基準については、周辺設備への延焼の可能性をはかるものとして、プロセス機器に被害を与えるのに十分な強度（ 37.5kW/m^2 ）を用いた。

放射熱による影響範囲は、プロセス機器に被害を与える放射熱の基準値には達しないものの、防油堤に至近の場所では最大 20kW/m^2 程度の放射熱強度となる。これは火災時に発生する黒煙による放射発散度の低減が考慮されている値であるため、防油堤至近の施設への損傷・延焼の可能性は否定できない。

表 6.2.1 タンクヤード全体が火災に至るタンクヤード数、ヤード内タンク基数及び放射熱影響距離※

	タンクヤード数	ヤード内 タンク基数	防油堤至近の放射熱 強度 (kW/m^2)
仙台地区	0	0	-
塩釜地区	4	2	17.4
		8	15.0
		5	15.0
		5	6.9

※同一防油堤の中に、準特定タンク（新基準未適合）があり、複数の危険物タンクが所在するものを対象に、タンクヤード全体の火災（防油堤内の全てのタンクの全面火災及び防油堤内の火災）が発生することを想定したもの

6.3 可燃性ガスタンクの災害想定

6.1 においても記したが、大規模災害の発生危険度は極めて低いが、災害が拡大するため極めてその影響範囲が大きい。本評価では、発生危険度には言及せず、万一事故が発生した場合、どの程度の影響が生じるかを算定した。

指針では、東日本大震災で被災したタンクの状況から、個々のタンクが仕切られることなく1つの防液堤内に密集して設置されたものを BLEVE に至る危険性があるタンクとしている。仙台地区の可燃性ガスタンクは、個々のタンクが防液堤で仕切られており、本災害の発生の可能性は非常に低いと考えられる。

しかしながらここでは、万一これらのタンクにおいても BLEVE が発生した場合に災害影響がどの程度になるか、指針の評価手法に基づき算定した。

本評価では、タンクが破損して爆発・ファイヤーボールが発生したときの影響距離（放射熱及び爆風圧）、破損タンクの破片の飛散距離を算定した。

BLEVE が発生した場合、可燃性ガスタンクの爆風圧により、周辺の危険物タンクは破損し、着火した場合、周辺設備への延焼し、火災が拡大すると考えられる。

本評価では、BLEVE として、フラッシュ率⁴を考慮して算定を行った。ファイヤーボールの放射熱に対する影響距離については、ファイヤーボールを形成するガス量をフラッシュ率を貯蔵量に乗じた値ではなく、参考資料 1 にあるように安全率を考慮して Hasegawa and Sato⁵の文献を参考にフラッシュ率が 1/3 以上であれば全量、1/3 未満であればフラッシュ率の 3 倍のガス量がファイヤーボールに寄与すると仮定している。ここでは、個々のタンクの影響を考慮しているが、隣接タンクが次々と爆発するような事態において、長時間火災に曝される場合にはフラッシュ率はより大きくなる可能性がある。したがって、貯蔵温度が大気圧沸点以下で貯蔵されているタンクについては、今回対象外としたが、状況によっては BLEVE に至る可能性がある。

人に対する影響距離を定める基準について、放射熱では、30 秒で人体の皮膚に第 2 度の火傷を引き起こす熱量として、 4.5kW/m^2 を、爆風圧では、Clancey(1972)による「安全限界」(95%の確率で大きな被害はない)とされ、家の天井が一部破損する、窓ガラスの 10%が破壊されるとされる圧力 2.1kPa を基準値とした。

周辺施設に対する影響距離を定める基準については、放射熱では、周辺設備への延焼の可能性をはかるものとして、プロセス機器に被害を与えるのに十分な強度 (37.5kW/m^2)、爆風圧では、Clancey(1972)による油貯槽が破裂、無筋建物、鋼板建物が破壊されるとされる圧力 28kPa を基準値とした。

表 6.3.1 に火災・爆発に至る可能性のある可燃性ガスタンクの基数と影響範囲を示す。

仙台地区において、人に対する放射熱、爆風圧、破損タンクの破片の飛散の影響は、石油コンビナート等特別防災区域外に及ぶ恐れがある。また、周辺施設に対する爆風圧の影響は、破損を引き起こし、破損タンクの破片の飛散により破損する恐れがある。

塩釜地区においては、人に対する放射熱、爆風圧、破損タンクの破片の飛散の影響は、石油コンビナート等特別防災区域外に及ぶ恐れがある。また、周辺施設に対する爆風圧の影響は、破損を引き起こし、破損タンクの破片の飛散により破損する恐れがある。

表 6.3.1 火災・爆発に至る可能性のある可燃性ガスタンク基数及影響距離※

	基数	周辺設備への延焼の可能性		人への影響		最大飛散距離 (m)
		放射熱 影響距離 (m)	爆風圧 影響距離 (m)	放射熱 影響距離 (m)	爆風圧 影響距離 (m)	
仙台地区	17	116~1,107	11~202	363~3,453	74~1,328	1,175~1,936
塩釜地区	3	204~369	32~68	634~1,151	211~448	1,252~1,372

※発生危険度は極めて低く、平常時では 10^{-7} 程度(10,000 施設で 1,000 年に 1 回)以下であり、極低頻度の事象を想定したものである。また影響範囲は個々のタンクの最大の影響を考慮したものである。

⁴ 沸点以上の温度で圧力をかけ液化したガスが、漏洩して瞬間的に気化する現象をフラッシュと呼び、その際の気化率をフラッシュ率という。

⁵ K. Hasegawa and K. Sato, "Study on the Fireball Following Steam Explosion of n-Pentan", Proc. of 2nd International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in Process Industries, 1977.

第7章 防災対策の基本的事項

7.1 各地区の想定災害のまとめ

指針による評価結果から想定される災害（最大）を、以下にとりまとめる。

7.1.1 仙台地区の想定災害

表 7.1.1 に仙台地区の想定災害のまとめを示す。

a) 危険物タンク

平常時（通常操業時）の影響については、危険物タンクより石油類が流出し、最大で防油堤内まで広がり、火災が発生する恐れがある。

短周期地震動の影響については、危険物タンクより石油類が中量流出し、火災が発生する恐れがある。

長周期地震動の影響については、浮き屋根式タンクでは、溢流は発生せず、溢流による流出火災へ進展する可能性は低いと考えられる。また、タンク火災、浮き屋根の損傷・沈降による火災及びドレン排水口からの流出の発生の可能性は低いと考えられる。

内部浮き蓋付きタンク及び固定屋根式タンクにおいて、タンク火災は発生の可能性は低いと考えられる。

津波浸水深は約 1.3～5.0m であり、タンクの浮き上がり・滑動による最大想定流出量（タンクごとの、移動が始まる時点の貯蔵量の合計値）は約 282,000 kL となる恐れがある。流出油に着火した場合は、事業所内の流出火災に至る恐れがある。

また、地震による石油類の流出後の津波により、事業所内もしくは、事業所外へ流出拡大する恐れがある。

大規模災害の影響については、平常時（通常運転時）の場合、流出油等防止堤により、石油類が事業所外へ流出する可能性は低い。

地震時については、流出油等防止堤が堅牢でなければ、事業所外へ流出する可能性はあるが、排水処理設備により石油類が海上へ流出する可能性は低いものと考えられる。

b) 高圧ガスタンク

平常時（通常操業時）の影響については、小量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発が発生する恐れがある。また、毒性ガスタンクでは小量流出による毒性ガスが拡散する可能性がある。

短周期地震動の影響については、小量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発が発生する恐れがある。また、毒性ガスタンクでは小量流出により毒性ガスが拡散する可能性がある。毒性ガス拡散ではその影響範囲は事業所外に広がる。

津波による配管の破損によって発生する漏洩・着火により、大量流出・爆発が発生し、爆風圧の影響が石油コンビナート等特別防災区域外に影響を及ぼす恐れがある。

大規模災害の影響については、可燃性ガスタンクの BLEVE の発生の可能性は非常に低いですが、万が一発生した場合は、放射熱、爆風圧、破損タンクの破片の飛散の影響が石油コンビナート等特別防災区域外に及ぶ恐れがある。

c) 製造施設

平常時（通常操業時）の影響については、危険物を扱う製造施設でユニット内全量（長時間）流出による流出火災が発生する恐れがある。また、高圧ガスを扱う製造施設ではユニット内全量（長時間）流出によるフラッシュ火災・ガス爆発、毒性ガス拡散が発生する恐れがある。

短周期地震動の影響については、危険物を扱う製造施設でユニット内全量（長時間）流出による流出火災が発生する恐れがある。また、高圧ガスを扱う製造施設ではユニット内全量（長時間）流出によるフラッシュ火災・ガス爆発、毒性ガス拡散が発生する恐れがある。

d) 発電施設

平常時（通常操業時）の影響については、危険物を扱う発電施設で中量流出による流出火災が発生する恐れがある。また、高圧ガスを扱う発電施設ではユニット内全量（長時間）流出によるフラッシュ火災・ガス爆発が発生する恐れがある。

短周期地震動の影響については、危険物を扱う発電施設で小量流出による流出火災が発生する恐れがある。また、高圧ガスを扱う発電施設ではユニット内全量（長時間）流出によるフラッシュ火災・ガス爆発が発生する恐れがある。

e) 石油タンカー棧橋

平常時（通常操業時）の影響については、石油類が小量流出、オイルフェンス外に流出し、火災が発生する恐れがある。

短周期地震動の影響については、石油類が小量流出し、火災が発生する恐れがある。

指針に基づく災害事象ではないが、石油タンカー棧橋では、津波遡上に伴う漂流船舶等の衝突により、配管が損傷し、石油類が海上へ流出する恐れがある。

さらに、石油類が海水とともに拡大していくような事態も懸念され、着火した場合は、海上火災等の災害が発生する恐れがある。

f) LPG・LNG タンカー棧橋

平常時（通常操業時）の影響については、該当する災害はない。

短周期地震動では、ガス類の小量流出によるガス爆発やフラッシュ火災が発生する恐れがある。

指針に基づく災害事象ではないが、LPG・LNG タンカー棧橋では、津波遡上に伴う漂流船舶等の衝突により、配管が損傷し、ガス類が海上へ流出する恐れがある。

g) 危険物配管

平常時（通常操業時）の影響については、石油類が小量流出し、火災が発生する恐れがある。

短周期地震動では、石油類が小量流出し、火災が発生する恐れがある。

指針に基づく災害事象ではないが、危険物配管設備では、津波遡上や引き波に伴い、配管が破損し、石油類が流出した事例がある。

h) 高圧ガス導管

平常時（通常操業時）の影響については、該当する災害はない。

短周期地震動の影響については、小量流出によるフラッシュ火災、ガス爆発が発生する恐れがある。
津波の影響については、津波遡上や引き波に伴い、配管が破損し、ガス類が流出する恐れがある。

表 7.1.1 仙台地区における想定災害

評価対象	災害分類	想定災害（最大）		
危険物タンク	平常時	第1段階 ^{※1}	■中量流出による流出火災	
		第2段階 ^{※2}	■防油堤内の流出火災 ■タンク小火災	
		低頻度大規模 ^{※3}	■防油堤外の流出火災	
	短周期地震動	第1段階	該当なし	
		第2段階	■中量流出による流出火災	
		低頻度大規模	■防油堤外の流出火災	
	長周期地震動 (スロッシング)	該当なし		
津波	<p>■タンクの浮き上がり・滑動による事業所内流出火災(最大想定流出量(タンクごとの、移動が始まる時点の貯蔵量の合計値)で危険物が約282,000kL流出)</p> <p>■地震による石油類の流出後の津波により、事業所内もしくは、事業所外流出へ進展する恐れがある</p>			
大規模災害 ^{※4}	<p>■平常時(通常運転時)の場合、流出油等防止堤により、石油類が事業所外へ流出する可能性は低い。</p> <p>■地震時については、流出油等防止堤が堅牢でなければ、事業所外へ流出する可能性はあるが、排水処理設備により石油類が海上へ流出する可能性は低いものと考えられる</p>			
高圧ガスタンク	平常時	第1段階	■小量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発	
		第2段階	■小量流出による毒性ガス拡散	
		低頻度大規模	■全量(長時間)流出によるフラッシュ火災・ガス爆発 ■全量(長時間)流出による毒性ガス拡散	
	短周期地震動	第1段階	該当なし	
		第2段階	■小量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発	
		低頻度大規模	■全量(長時間)流出によるフラッシュ火災・ガス爆発 ■全量(長時間)流出による毒性ガス拡散	
	津波	■可燃性ガスタンクからの大量流出・爆発(爆風圧の影響は、石油コンビナート等特別防災区域外に及ぶ恐れがある)		
大規模災害	■可燃性ガスタンクのBLEVEによる放射熱、爆風圧、破損タンクの破片の飛散の影響は、石油コンビナート等特別防災区域外に及ぶ恐れがある			
製造施設	平常時	第1段階	■ユニット内全量(長時間)流出による流出火災 ■ユニット内全量(長時間)流出によるフラッシュ火災・ガ	

			ス爆発 ■ユニット内全量(長時間)流出による毒性ガス拡散
		第2段階	該当なし
		低頻度大規模	■大量(長時間)流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
	短周期地震動	第1段階	該当なし
		第2段階	■ユニット内全量(長時間)流出による流出火災 ■ユニット内全量(長時間)流出によるフラッシュ火災・ガス爆発 ■ユニット内全量(長時間)流出による毒性ガス拡散
		低頻度大規模	■大量(長時間)流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
発電施設	平常時	第1段階	■中量流出による流出火災
		第2段階	該当なし
		低頻度大規模	該当なし
	短周期地震動	第1段階	該当なし
		第2段階	■小量流出による流出火災 ■ユニット内全量(長時間)流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
		低頻度大規模	該当なし
石油タンカー棧橋	平常時	第1段階	■小量流出による流出火災
		第2段階	該当なし
		低頻度大規模	該当なし
	短周期地震動	第1段階	該当なし
		第2段階	■小量流出による流出火災
		低頻度大規模	該当なし
津波	■石油タンカー棧橋では、津波遡上に伴う漂流船舶の衝突により、配管が損傷し、海上へ流出する恐れがある		
LPG・LNG タンカー棧橋	平常時	第1段階	該当なし
		第2段階	該当なし
		低頻度大規模	■大量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
	短周期地震動	第1段階	該当なし
		第2段階	■小量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
		低頻度大規模	■大量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
津波	■津波遡上に伴う漂流船舶等の衝突により、配管が損傷し、海上へ流出する恐れがある		
危険物配管	平常時	第1段階	■小量流出による流出火災
		第2段階	該当なし
		低頻度大規模	該当なし
	短周期地震動	第1段階	該当なし

		第 2 段階	■少量流出による流出火災
		低頻度大規模	該当なし
	津波	■危険物配管では、津波遡上や引き波に伴い、配管が破損し、流出する恐れがある	
高圧ガス導管	平常時	第 1 段階	該当なし
		第 2 段階	該当なし
		低頻度大規模	■大量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
	短周期地震動	第 1 段階	該当なし
		第 2 段階	■少量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
		低頻度大規模	■大量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
	津波	■津波遡上や引き波に伴い、配管が破損し、流出する恐れがある	

※1 第 1 段階：リスクマトリックスにおいて発生危険度が平常時で 10^{-5} /年・施設程度以上(1,000 施設で 100 年に 1 度発生)、地震時で 10^{-3} /施設・地震程度以上(1,000 施設で 1 回の地震で 1 回発生)の想定災害

※2 第 2 段階：リスクマトリックスにおいて発生危険度が平常時で 10^{-6} /年・基程度以上(1,000 施設で 1,000 年に 1 度発生)、地震時で 10^{-4} /施設・地震程度以上(1,000 施設で 1 回の地震で 0.1 回発生)の想定災害

※3 低頻度大規模：リスクマトリックスにおいて発生危険度が平常時で 10^{-7} 程度未満(10,000 施設で 1,000 年に 1 度発生)、地震時で 10^{-5} /施設・地震程度以上(10,000 施設で 1 回の地震で 0.1 回発生)で、かつ影響範囲が 200m 以上が想定される災害

※4 大規模災害：単独災害(平常時、短周期地震時における想定災害)のリスクマトリックスにおいて、発生危険度が非常に小さいが、影響度が大きいとされる災害(低頻度大規模災害)が拡大したものであり、従前の防災アセスメントではほとんど想定されていなかった極低頻度の発生事象

7.1.2 塩釜地区の想定災害

a) 危険物タンク

平常時（通常操業時）の影響については、危険物タンクより石油類が流出し、最大で防油堤内まで広がり、火災が発生する恐れがある。

短周期地震動の影響については、危険物タンクより石油類が流出し、最大で防油堤内まで広がり、火災が発生する恐れがある。

長周期地震動の影響については、浮き屋根式タンクでは、溢流は発生せず、溢流による流出火災へ進展する可能性は低いと考えられる。また、タンク火災、浮き屋根の損傷・沈降による火災及びドレン排水口からの流出の発生の可能性は低いと考えられる。

内部浮き蓋付きタンク及び固定屋根式タンクにおいて、タンク火災は発生の可能性は低いと考えられる。

津波浸水深は約 1.0m で、事業所内流出に至る可能性はあるが、事業所外流出へ進展する可能性は低い。

大規模災害の影響については、平常時（通常運転時）の場合、流出油等防止堤により、石油類が事業所外へ流出する可能性は低い。

地震時については、流出油等防止堤が堅牢でなければ、事業所外へ流出する可能性はあるが、排水処理設備により石油類が海上へ流出する可能性は低いものと考えられる。

b) 高圧ガスタンク

平常時（通常操業時）の影響については、少量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発が発生する恐れがある。

短周期地震動の影響については、少量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発が発生する恐れがある。

津波による配管の破損によって発生する漏洩・着火により、流出・爆発が発生する可能性は低い。

大規模災害の影響については、可燃性ガスタンクのBLEVEによる放射熱、爆風圧、破損タンクの破片の飛散の影響は、石油コンビナート等特別防災区域外に及ぶ恐れがある。

c) 石油タンカー棧橋

平常時（通常操業時）の影響については、石油類が大量流出、オイルフェンス外に流出し、火災が発生する恐れがある。

短周期地震動の影響については、石油類が大量流出、オイルフェンス外に流出し、火災が発生する恐れがある。

指針に基づく災害事象ではないが、石油タンカー棧橋では、津波遡上に伴う漂流船舶等の衝突により、配管が損傷し、海上へ流出する恐れがある。

さらに、石油類が海水とともに拡大していくような事態も懸念され、着火した場合は、海上火災等の災害が発生する恐れがある。

d) 危険物配管

平常時（通常操業時）の影響については、石油類が大量流出し、火災が発生する恐れがある。

短周期地震動では、石油類が中量流出し、火災が発生する恐れがある。

指針に基づく災害事象ではないが、危険物配管設備では、津波遡上や引き波に伴い、配管が破損し、流出する恐れがある。

表 7.1.2 塩釜地区における想定災害

評価対象	災害分類	想定災害（最大）	
		第1段階 ^{※1}	第2段階 ^{※2}
危険物タンク	平常時	第1段階 ^{※1}	■中量流出による流出火災
		第2段階 ^{※2}	■防油堤内の流出火災 ■タンク小火災
		低頻度大規模 ^{※3}	■防油堤外の流出火災 ■タンク全面防油堤内の流出火災
	短周期地震動	第1段階	■防油堤内の流出火災
		第2段階	■防油堤内の流出火災
		低頻度大規模	■防油堤外の流出火災
	長周期地震動 (スロッシング)	該当なし	
	津波	■地震による石油類の流出後の津波により、事業所内流出へ進展する恐れがある	
大規模災害 ^{※4}	■平常時（通常運転時）の場合、流出油等防止堤により、石油類が事業所外		

		へ流出する可能性は低い ■地震時については、流出油等防止堤が堅牢でなければ、事業所外へ流出する可能性はあるが、排水処理設備により石油類が海上へ流出する可能性は低いものと考えられる	
高圧ガスタンク	平常時	第1段階	■小量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
		第2段階	該当なし
		低頻度大規模	該当なし
	短周期地震動	第1段階	該当なし
		第2段階	■小量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
		低頻度大規模	■小量流出によるフラッシュ火災・ガス爆発
	津波	該当する災害なし	
大規模災害	■可燃性ガスタンクの BLEVE による放射熱、爆風圧、破損タンクの破片の飛散の影響は、石油コンビナート等特別防災区域外に及ぶ恐れがある		
石油タンカー棧橋	平常時	第1段階	■大量流出による流出火災
		第2段階	■大量流出による流出火災
		低頻度大規模	該当なし
	短周期地震動	第1段階	■大量流出による流出火災
		第2段階	■大量流出・流出油拡散による流出火災
		低頻度大規模	該当なし
	津波	■石油タンカー棧橋では、津波遡上に伴う漂流船舶の衝突により、配管が損傷し、海上へ流出する恐れがある	
危険物配管	平常時	第1段階	■中量流出による流出火災
		第2段階	■大量流出による流出火災
		低頻度大規模	該当なし
	短周期地震動	第1段階	■小量流出による流出火災
		第2段階	■中量流出による流出火災
		低頻度大規模	該当なし
	津波	■石油タンカー棧橋では、津波遡上に伴う漂流船舶の衝突により、配管が損傷し、海上へ流出する恐れがある	

※1 第1段階：リスクマトリックスにおいて発生危険度が平常時で 10^{-5} /年・施設程度以上(1,000 施設で 100 年に 1 度発生)、地震時で 10^{-3} /施設・地震程度以上(1,000 施設で 1 回の地震で 1 回発生)の想定災害

※2 第2段階：リスクマトリックスにおいて発生危険度が平常時で 10^{-6} /年・基程度以上(1,000 施設で 1,000 年に 1 度発生)、地震時で 10^{-4} /施設・地震程度以上(1,000 施設で 1 回の地震で 0.1 回発生)の想定災害

※3 低頻度大規模：リスクマトリックスにおいて発生危険度が平常時で 10^{-7} 程度未満(10,000 施設で 1,000 年に 1 度発生)、地震時で 10^{-5} /施設・地震程度以上(10,000 施設で 1 回の地震で 0.1 回発生)で、かつ影響範囲が 200m 以上が想定される災害

※4 大規模災害：単独災害(平常時、短周期地震時における想定災害)のリスクマトリックスにおいて、発生危険度が非常に小さいが、影響度が大きいとされる災害(低頻度大規模災害)が拡大したものであり、従前の防災アセスメントではほとんど想定されていなかった極低頻度の発生事象

7.2 防災対策の基本事項

7.2.1 防災対策の要点

石油コンビナート等特別防災区域における想定災害を踏まえて、必要と考えられる防災対策の要点（区域全体の共通事項）を以下にまとめる。

A. 災害予防にかかる事項

コンビナート災害を低減するためには、まず日常的な事故の発生や地震等の自然災害による被害の発生を防止を図ることが基本的な対策となる。

これらの事故等の発生防止に関しては、主に以下に示すような事項が重要になる。

ア.安全意識の高揚

災害の発生防止を図るうえで、最も基本となるのは、事業所の安全に対する意識である。消防庁「平成 25 年中の危険物に係る事故の概要」によると、危険物施設における火災・漏洩事故件数は、昭和 50 年代中頃より緩やかな減少傾向を示していたが、平成 6 年を境に増加傾向に転じ、平成 19 年の危険物施設における事故 603 件をピークとして、2 年連続で減少したが、その後の 2 年は増加とほぼ横ばいの状態が続いている状況で、東日本大震災の発生に伴い、津波、大規模災害により被害が発生したとなっている。

コンビナート内外での重大事故の発生を防ぐためには、各事業所における安全意識の高揚を図ることが重要であり、そのために次のような方策が考えられる。

- ①事業所における自主保安の重要性の認識、保安体制の充実
- ②最新の石油コンビナートに関する技術情報・事故情報の周知と共有
- ③防災管理者等に対する継続的な研修の実施

イ. 施設の点検・保全管理

消防庁「平成 25 年中の危険物に係る事故の概要」によると、漏洩事故の発生原因は、「腐食等劣化」などの物的要因が約 55%、「管理不十分」、「確認不十分」などの人的要因が約 36%となっている。物的要因の個別には、「腐食等劣化」によるものが約 38%と最も多く、次いで「破損」によるものが約 8%であり、特に「腐食等劣化」による事故の防止対策が必要である。

このような事故を防止するためには、各事業所においては、日常的な施設の点検・保全管理を充実させることが重要である。

ウ. 安全管理に資するマニュアル等の作成

消防庁「平成 25 年中の危険物に係る事故の概要」によると、火災事故の発生原因は物的要因が 29%、人的要因が 56%で、物的要因よりも人的要因の方が多く、人的要因のなかでは「維持管理不十分」と「操作確認不十分」が合わせて約 37%を占めている。このことから、人的要因による事故防止対策が重要といえる。

そのためには、運転・操作に関する知識・技術の習熟を図るとともに、安全運転に関わる広範な内容を

要領よくまとめた安全管理に資するマニュアル等を作成し、従業員に徹底しておくことが不可欠である。

エ. 防災設備の整備・保守

東日本大震災では、消防法に基づく消火設備、石油コンビナート等災害防止法に基づく防災資機材等のほとんどが損壊した。地震により発生する津波に対しては、危険物施設に対する消火設備や屋外給水施設が使用不能となった場合の有効な消火方法の検討及び体制について検討する必要がある。

危険物タンクや高圧ガスタンクに設置された緊急遮断設備、移送設備、除害設備、消火設備等は、事故が発生したときの拡大防止に重要な役割を果たすものである。個々の設備が正常に作動するかどうかは、日常のメンテナンスの程度に大きく依存する。これらの防災設備は、通常は使用せずに待機している状態が多く、災害時に支障なく使用できるように定期的に保守・点検を行うとともに、訓練により操作方法等について習熟しておくことが望まれる。また、地震時にこれらの設備が作動しなくなる主な原因としては、地震による直接的被害に加え、駆動源である電力の喪失が考えられる。

したがって、事業所においては、停電時において作動不能になる防災設備、停電時においても作動する防災設備（例えば、電力を駆動源としない緊急遮断設備）、非常電源等により正常に作動する設備、作動不能になる防災設備、作動不能になる設備等を把握しておき、停電時においても災害を局所化するための対応手順を明確にしておくことが重要である。

オ. 地震による施設被害の低減

大地震の発生により石油コンビナートが被る被害の形態としては、強震動（短周期地震動）によるタンク・塔槽類・配管系の損傷、液状化による配管系の損傷、長周期地震動によって発生するスロッシングによるタンクの損傷が考えられる。

本調査では、高圧ガス施設については、「石油精製業保安対策事業（高圧ガス取扱施設における地震・津波時の対応に関する調査）（1）耐震基準、評価方法等見直し」において、東日本大震災程度の地震を想定する限り、現行耐震基準と評価方法は適切であることが確認されており、見直しは不要であるとし、下記の方針を示している。

- ・現行耐震基準と評価方法における破壊モードの設定と裕度は、適切である。
- ・支持構造物よりも設備本体(耐圧部)の裕度が高いので、設備本体が先に破壊することはない。
- ・支持構造物の一部の破壊から設備本体の破壊に至る全体のプロセスの設定と裕度の検証は、今後の課題である。

危険物施設や高圧ガス施設は、以下に示すような設備の耐震性強化が進められているが、対策の取られていない施設は早急に対策をすすめ、地震による施設被害の低減を図ることが望まれる。

<短周期地震動に対する対策>

- 危険物タンク（旧法タンク、準特定タンク）の技術基準の適合
- 準特定屋外タンク以上のタンクへの緊急遮断弁の設置及び緊急遮断弁の起動バックアップ電源の確保
- 配管系の継手部でのフレキシブルジョイントの採用等の耐震強化（危険物施設、高圧ガス施設）

○地盤の液状化・流動化対策の検討

<長周期地震動に対する対策>

- 大容量の危険物タンクの液高管理上限値の検討
- 浮き屋根や浮き蓋の技術基準の適合促進
- ローリングラダーの脱輪防止
- 浮き屋根ウエザーシール部の補強
- 浮き屋根の沈降、浮き屋根上の滞油、ドレンからの大量流出等の異常の早期検知体制の確保
- 大容量泡放射システムなどの大規模災害時に使用する資機材の効率的な運搬、効果的な使用の方法の検討
- 消火ポンプや消防車両などの防災資機材の機能維持対策の検討

<大規模災害に対する対策>

- 支柱、ブレース材を用いた支持力強化（高圧ガス施設）
- 停電時でも作動可能な緊急遮断弁の設置促進（高圧ガス施設）
- 災害を局所化するための防液堤の設置促進（高圧ガス施設）

カ. 津波による施設被害の低減

東日本大震災における津波浸水の被害状況を踏まえると、ドレンノズルの配管基礎との衝突、ベントノズルの漂流物との衝突による破損の事実があることから、各種ノズルの保護措置が必要である。

浸水が予想される事業所では、重大な影響を被る設備・機器への浸水防止対策、津波による石油類の流出拡大防止のための流出油等防止堤の補強や排水処理設備等の設置、浮遊流動するおそれのある物を架台に固定するなどの流出防止対策、津波漂流物の流入防止の対策を講じておくことが望ましい。

また、東日本大震災において、浸水深が大きい事業所では、タンク基礎部の洗掘、防油堤の洗掘及び倒壊、防液堤の倒壊が発生しており、洗掘及び倒壊防止のための基礎部の補強も望まれる。

さらに、自主管理の液面下限高さの設定等によりタンクの移動防止対策を講じることが望まれる。

キ. 津波からの避難対策

浸水が予想される事業所では、保安要員を含む従業員の安全確保と施設の保安措置を両立させなければならないことから、従業員の避難・退避場所の指定を行い、津波警報が発表された場合、予想される津波の高さや到達時間に応じてどのような措置をとり、どのように避難するのかを、予め従業員に対して明確にし、避難マニュアル等として整備しておくことが望ましい。

また、自社内での避難・退避場所の確保スペースが十分でない場合は、周辺事業所と協定を締結するなど、高所での避難・退避スペースの確保を行うことが望ましい。

B. 災害応急対策にかかる事項

コンビナート区域の防災対策としては、Aに示したとおり、事故等の予防措置が基本となるが、もしも事故等が発生したとしても、被害を局所化して大規模災害に至らないような災害拡大防止措置を施すことも極めて重要になる。本調査では、災害拡大防止のために各施設に設けられた主な防災設備や緊急

対応の成否をイベントツリーに取り入れ、災害の拡大プロセスを段階的（例えば、小量・中量・大量流出）に取扱うことにより評価を行った。実際に事故が発生した場合には、可能な限り、このような災害拡大防止措置を迅速・的確に実施し、被害を最小限にとどめるよう努力を行うとともに、安全・迅速に周辺住民の避難誘導を行うことが必要である。これらの災害の拡大や影響の防止に関しては、主に以下のような事項が重要になる。

ア. 事故の早期検知

災害の拡大を防止するには、まず漏洩、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ことが望まれる。そのためには、事業所における漏洩等の監視システムの機能向上が重要になる。監視システムの望まれる機能としては、主に次のような事項があげられる。

- 夜間・休日等における継続的な運転監視
- 異常の早期検知
- 検知情報の判断・判定に対する支援機能
- 誤操作の防止措置

イ. 災害情報の伝達

東日本大震災では、津波警報発表に伴う避難、津波襲来に伴うホットラインの途絶、携帯電話基地局の損壊や輻輳による不通等により、事業所と数日間に渡り連絡が取れない状態が続いた。

情報伝達については、災害発生時に直ちに事業所内の関係者や自衛防災隊、近隣事業所、消防機関等の関係機関に状況の通報・連絡ができるように、非常放送設備、構内電話、トランシーバ、携帯電話、一般加入電話、ファクシミリ、専用電話（ホットライン）に加え、衛星電話や防災行政無線等の機能性・信頼性の高い情報伝達システムを構築しておくことが望まれる。

また、関係機関において、防災行政無線（防災相互波）等を最大限活用し、災害情報の共有を図ることが望まれる。

ウ. 漏洩等の局所化対策

漏洩の発生箇所などによっては、遠隔操作による緊急遮断が機能せず、主に災害現場で拡大防止のための活動を行うことも想定される。各事業所はそれぞれが所有する施設で想定される災害に対応するための具体的な活動手順を明確にして、その手順をマニュアルとして作成し、それらの活動を迅速・的確に行えるように訓練を定期的実施し、改善点をマニュアルにフィードバックすることが重要である。

特に、引火しやすい物質や毒性の強い物質を取扱う事業所では、災害時に極めて困難で危険な作業を強いられることも考えられることから、漏洩の早期発見、拡大防止、着火防止、拡散防止に関わる念入りな活動手順やこれに基づく防災訓練の実施が望まれる。

エ. 事業所間の協力体制

石油コンビナート区域においては、各事業所の間で災害発生に備えた協力体制を整備・運用しておくことが不可欠になる。各事業所では日頃から互いの災害の危険性について情報共有を図るとともに、対応策について十分に協議しておくことが重要である。

また、発災時には、発災事業所は直ちに近隣事業所に状況を伝えるとともに、災害の拡大に備えて、防災資機材を迅速に集結して被害を低減できるような事業所相互の応援体制を整えておくことが望まれる。

オ. 災害拡大時の対応

災害がある程度の時間継続する事態や災害が広範囲に及ぶ事態が起こることも想定される。このような場合、発災事業所や共同防災組織の消防隊だけで応急対応することは困難であり、消防機関等の関係機関と協力して消火活動等を行うことになる。したがって、発災事業所は、直ちに消防機関に通報するとともに、早期に終息できない災害の場合には逐次状況を報告し、災害の拡大に備える必要がある。また、石油コンビナート等防災本部では、発災事業所や消防機関等から迅速に情報収集を行うとともに、災害の拡大状況に応じて防災資機材の調達や国への応援要請の必要性など、総合的な応急対策活動体制を検討し、迅速に対応措置を講ずる必要がある。

カ. 周辺地域への被害拡大防止

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大きくなる可能性がある。周辺地域の住民などに何らかの影響を与える可能性は否定できない。

したがって、災害が早期に終息できない場合には、状況に応じて交通規制を行い、被害が及ぶ周辺地域の住民等に対して避難を呼びかけるとともに、住民の避難誘導を行う必要がある。

事業所や防災関係機関では、災害の拡大状況、気象状況（風速・風向）を常時把握し、影響が広範囲に及ぶと予想される場合には、迅速に周辺地域の住民へ避難指示や交通規制が行えるような情報伝達体制を整備するなど、避難体制を確立しておくことが重要である。

石油コンビナート等特別防災区域外に影響が及ぶ可能性のある火災の延焼拡大の危険性が生じた場合、ガス漏洩停止に失敗した場合や BLEVE の発生危険性が生じた場合には、市町は避難勧告もしくは避難指示を発令する必要がある。

キ. 地震や津波による同時多発災害への対応

地震や津波により複数のタンクが何らかの被害を受ける可能性がある。

このような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ことが望まれる。

- 地震発生直後の監視体制（職員による目視や監視カメラの設置等）
- 職員の非常参集（特に休日・夜間の対応。津波の場合は被害のない場所に参集）
- 人員・資機材の効率的な運用

ク. 地震時の自衛防災による災害対応

大規模な地震が発生した場合、消防機関は一般地域の災害対応に追われることも考慮し、各事業所では、自衛防災組織及び共同防災組織の限られた消防力で最大限の応急対策活動が行えるよう十分に検討しておくことが望まれる。

ケ. 津波襲来時の災害対応

東日本大震災では、津波警報発令から津波到達予定時刻までの時間が限られていたことから、点検や安全状態に移行してからの避難開始では遅いと判断した事業所もあった。

人命の安全確保が第一であることを踏まえ、従業員、石油コンビナート等特別防災区域周辺の住民が安全な場所に避難するための時間を考慮したうえで、次のような緊急措置を実施することが望まれる。

- タンカー棧橋での入出荷の緊急停止
- 着岸中のタンカー船の離棧
- タンクローリー乗務員に対する避難指示
- 漏洩等が発生した場合の緊急遮断（準特定屋外タンク以上のタンクへの緊急遮断弁設置）
- 従業員及び石油コンビナート等特別防災区域周辺住民の避難初動マニュアルの策定
- 万一の事態に備えた周辺住民の避難誘導體制の強化

コ. 海上流出対策

石油コンビナート区域は沿岸部に立地しているところが多く、石油類が海上に流出することを想定した防災対策についても検討しておくことが望まれる。

石油類が海上に流出する事故としては、地上のタンクから漏洩して海上に流出するケースと、タンカーからの受入中（あるいは出荷中）に漏洩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、発生頻度は低いものの、平常時に発生している。

前者のケースは漏油が地中に浸透して海上に滲出するもの、防油堤内の排水溝を通して海上に流れ出るものが多く、ほとんどの場合、流出量は微量である。

後者のケースは、突風等によりローディングアームが破損するもの及び受入中に配管の損傷により海上に流出するもので、流出量は多くても数 kLにとどまる。

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講ずることが望ましい。

- 入出荷作業前のオイルフェンスの速やかな展張
- 気象条件（風速）が急変したときの、迅速な入出荷の停止
- 入出荷中の監視体制のさらなる強化

また、万一、大量の危険物が海上に流出・拡大した場合は、事業所、海上保安本部、消防機関などの防災関係機関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ことが望まれる。

C. 訓練及び啓発活動にかかる事項

ア. 防災訓練の実施

定期的を実施する防災訓練は、災害を発生危険性や影響度を考慮したうえで想定し、消火訓練に加えて、事業所間の情報連絡、周辺地域に対する広報、防災資機材の効率的な運搬・使用等について発災時に支障なく運用できるよう行うことが望ましい。

また、防災訓練を通じた、県、市町及び消防機関による事業所への安全管理、避難に関する教育・情

報提供の充実も必要である。

イ. 周辺住民に対する啓発

発生頻度は極めて低い影響が大きい大規模災害によるリスクを更に低減するには、行政や事業所の防災対策だけでなく、避難などの住民側の緊急対応も必要になってくる。例えば、防災訓練を実施するときには周辺住民に参加・見学を呼びかけることや、訓練終了後にコンビナート防災に関する意見交換を行うなど、周辺住民との日常的なコミュニケーションを図ることが重要である。また、災害発生時に災害の発生場所や災害の経過、避難の必要性や方法等の情報を住民に正確に知らせるための方策についても周辺地区ごとで協議しておくことが望ましい。

7.2.2 防災対策の基本事項

防災対策の要点を踏まえ、防災対策の基本事項を示す。

① 危険物タンク

- タンク及び付帯設備での漏洩・火災の発生防止（点検・保全管理体制の強化）
- 入出荷時における人為的原因による事故の発生防止（安全管理マニュアルの整備、監視体制の強化）
- 準特定タンクの新基準適合（耐震改修）の促進
- 準特定屋外タンク以上のタンクへの緊急遮断弁設置
- 緊急遮断弁の起動バックアップ電源の信頼性の確保
- ローリングラダー脱輪防止
- 浮き屋根ウエザーシール部の補強
- 防油堤の耐震補強、損傷時の緊急対応
- 早期の漏洩検知・漏洩停止、防油堤内での流出の拡大防止・出火防止（局所化対策）
- 流出や火災が拡大したときの事業所周辺の安全確認
- 津波浸水による洗掘防止のためのタンク、防油堤基礎部の補強
- 津波浸水に対する各種ノズルの保護対策
- 重大な影響を被る設備・機器への浸水防止対策
- 津波浮遊流動物を架台に固定するなどの流出防止対策
- 津波による石油類の流出拡大防止のための流出油等防止堤や排水設備等の設置
- 津波漂流物流入防止のためにフェンス等の設置
- 液高管理下限値を設定することによるタンクの移動防止措置の推進
- 想定される大規模火災（タンク全面火災、仕切堤あるいは防油堤内の流出火災）に対応するための資機材・消火薬剤の整備）、消火ポンプや消防車両等の防災資機材の機能維持対策及び他の石油コンビナート等特別防災区域等との相互応援体制の拡充

② 高圧ガスタンク（可燃性・毒性）

- タンク及び付帯設備での漏洩・火災・爆発の発生防止（点検・保全管理体制の強化）
- 入出荷時における人為的原因による事故の発生防止（安全管理マニュアルの整備、監視体制の強化）
- 支柱、ブレース材を用いた支持力強化

- 地震時でも作動可能な緊急遮断弁の設置
- 早期の漏洩検知・漏洩停止、拡散防止（散水希釈・除害）
- 漏洩発生時の事業所周辺の安全確認
- タンクごとでの防液堤の設置
- 津波浸水による洗掘防止のためのタンク、防液堤基礎部改修
- 津波浸水に対する各種ノズルの保護対策
- 重大な影響を被る設備・機器への浸水防止対策
- 津波浮遊流動物を架台に固定するなどの流出防止対策
- 津波漂流物流入防止のためにフェンス等の設置
- 毒性ガス漏洩時の周辺地域に対する広報、交通規制、避難誘導等

③ プラント（製造・発電施設）

- 漏洩・火災・爆発の発生防止（点検・保全管理体制の強化、安全運転マニュアルの整備）
- 早期の異常検知・緊急停止、地震発生時及び電源喪失時の安全確保
- 火災が継続した、もしくは、毒性ガスが拡散した場合の事業所周辺の安全確認
- 重大な影響を被る設備・機器への浸水防止対策
- 津波により浮遊流動するおそれのある物を架台に固定するなどの流出防止対策
- 津波漂流物流入防止のための各ノズルの防護措置の設置