

千葉県石油コンビナート等
防災アセスメント調査結果報告書
(概要版)

平成 22 年 10 月

千葉県石油コンビナート等防災本部

目 次

第 1 章 調査の進め方

- 1.1 調査の目的等
- 1.2 評価の手法
- 1.3 評価の実施手順
- 1.4 特別防災区域と評価対象施設

第 2 章 平常時の事故を対象とした評価

- 2.1 起こりうる災害事象
- 2.2 災害危険性の評価と想定災害の抽出

第 3 章 地震(強震動)による被害を対象とした評価

- 3.1 前提となる地震の想定
- 3.2 起こりうる災害事象
- 3.3 災害危険性の評価と想定災害の抽出

第 4 章 長周期地震動による被害(危険物タンクのスロッシング)を対象とした評価

- 4.1 前提となる長周期地震動
- 4.2 スロッシング最大波高及び溢流量の推定
- 4.3 スロッシングによる災害の危険性

第 5 章 防災対策の基本的事項の検討

- 5.1 検討にあたっての前提
- 5.2 防災対策の要点

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

消防庁「石油コンビナートの防災アセスメント指針（平成 13 年）」に示された手法に基づいて、千葉県石油コンビナート等防災計画の修正を目的に基礎となる災害想定（防災アセスメント調査）を行い、以下の事項を把握する。

- ① 短周期地震動（強震動）による被害
- ② 長周期地震動による危険物タンクのスロッシング被害
- ③ 人為ミスや施設の老朽化などにより発生する操業時等の事故

1.1.2 調査の対象

(1) 対象地域

県内にある 3 つの石油コンビナート等特別防災区域

- ① 京葉臨海北部地区
- ② 京葉臨海中部地区
- ③ 京葉臨海南部地区

(2) 対象施設

対象地域内の特定事業所（第 1 種・第 2 種事業所）が所有する下記施設で潜在的危険性の大きいものを抽出する。

- ① 危険物タンク（屋外タンク貯蔵所）
- ② 高圧ガスタンク
- ③ 毒性液体タンク
- ④ プラント（危険物製造所、高圧ガス製造設備、発電設備）
- ⑤ 海上入出荷施設（石油、LPG、LNG を取扱うタンカー棧橋）
- ⑥ パイプライン（事業所間を結ぶ石油または高圧ガスの地上配管）

(3) 対象とする災害

危険物の流出・火災、可燃性ガスの流出・火災・爆発、毒性ガスの流出・拡散

- ① 平常時（通常操業時）の事故
- ② 地震による被害
 - ・短周期地震動（強震動）による被害
 - ・長周期地震動による危険物タンクのスロッシング被害

1.1.3 調査の項目

(1) 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基礎データの収集・整理を行う。

- ① 地区、事業所の状況
- ② 対象施設の位置、諸元、防災設備等
- ③ 地震データ（地震被害想定調査結果、長周期地震動予測結果）
- ④ 気象データ（風向、風速、日射量）

(2) 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流出・火災、可燃性ガスの流出・火災・爆発、毒性ガスの流出・拡散といった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
- ② 災害の発生危険度（頻度）の推定
- ③ 災害の影響度の推定
- ④ 災害の発生危険度と影響度に基づいた総合的な災害危険性の評価

(3) 地震による被害を対象とした評価

ア．短周期地震動（強震動）による被害

既存の地震動予測結果を前提に、短周期地震動及び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
- ② 災害の発生危険度（確率）の推定
- ③ 災害の影響度の推定
- ④ 災害の発生危険度と影響度に基づいた総合的な災害危険性の評価

イ．長周期地震動による危険物タンクのスロッシング被害

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

(4) 防災対策の基本的事項の検討

上記の評価結果より、必要と考えられる防災対策の基本的事項について検討する。

1.2 評価の手法

本調査は、原則として消防庁の石油コンビナートの防災アセスメント指針(平成 13 年)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。

1.2.1 基本的な考え方

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

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

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

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

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

選定した施設に対して、一般的なリスク評価手順に従って災害の発生危険度(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コンビナート全体に関するリスクの評価を行う。この場合、災害の発生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、両者をもとに災害の危険性を総合評価し、想定災害や講ずるべき防災対策の検討を行うことになる。概ねの実施手順を次項に示す。

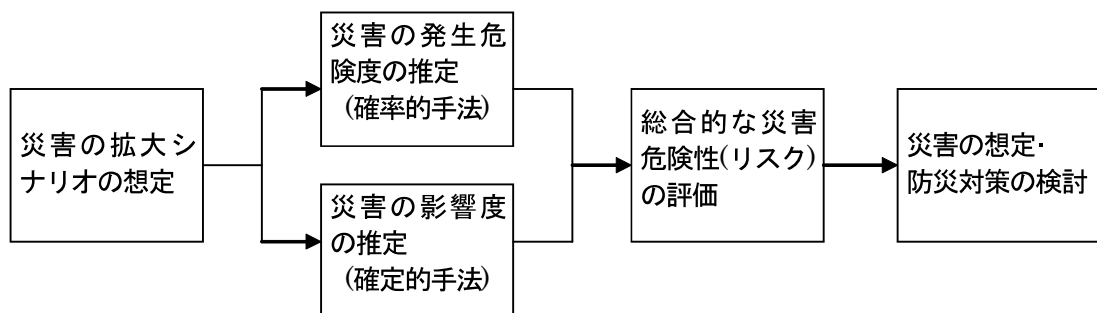


図 1.2.1 防災アセスメントの実施手順

1.2.2 平常時の事故及び短周期地震動による被害の評価

(1) 災害の拡大シナリオの想定

災害の拡大シナリオの想定及び発生危険度の推定には、確率的な安全性評価手法の1つであるイベントツリー解析(ETA)を適用する。ETAは、事故の発端となる「初期事象」を出発点として設定し、防災設備や防災活動の成否、火災や爆発などの現象の有無によって災害が拡大していく過程を、枝分かれ式に展開(事象分岐)したイベントツリー(ET)として表す手法である(図1.2.2)。

災害想定においては、まず評価対象施設を災害の発生と拡大の様相が共通と見なせる何種類かに区分し、それぞれについて初期事象と事象分岐を設定し、ET図を作成する。

(2) 災害の発生危険度の推定

ETに初期事象の発生頻度(確率)と事象の分岐確率を与えることにより、中間あるいは末端に現れる各種災害事象がどの程度の頻度で起こりうるかを算出することができる。

平常時の初期事象の発生頻度は、過去の事故データに基づき推定する。地震時の場合は、地震が発生した時(ある大きさの地震動が施設に作用した時)の被害発生確率として推定することになり、工学的な解析結果が必要となる。

一方、事象の分岐確率の推定には、フォールトツリー解析(FTA)を適用する。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(図1.2.3)。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。

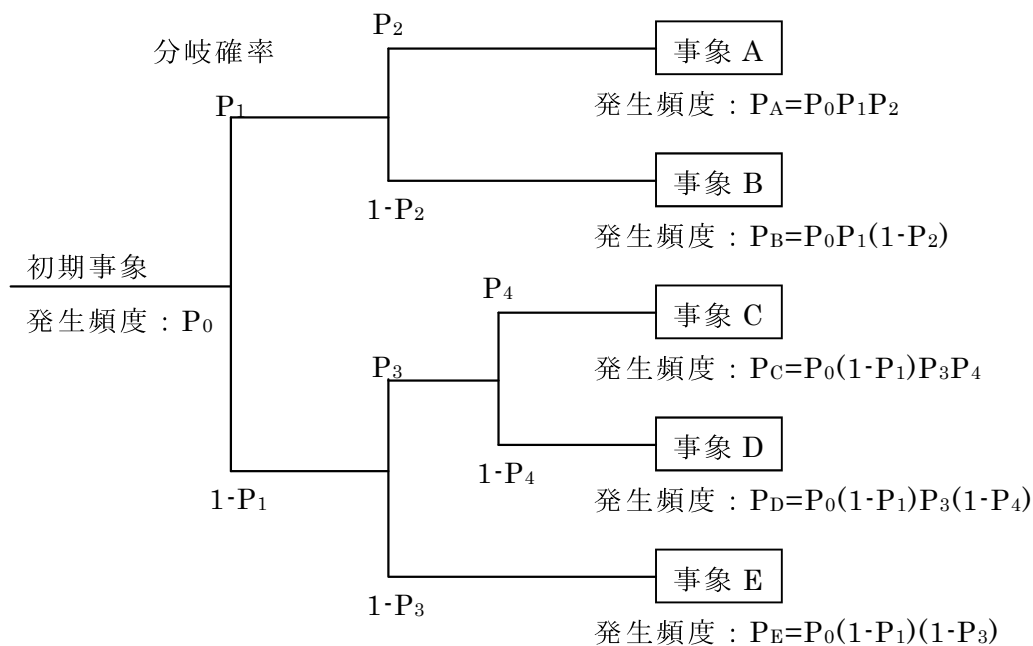


図 1.2.2 イベントツリー (ET) の概念図

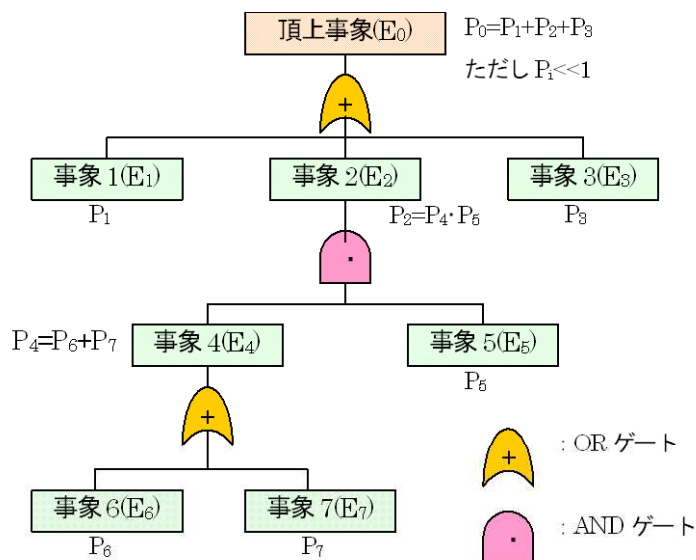


図 1.2.3 フォールトツリー(FT)の概念

(3) 災害の影響度の推定

可燃性物質や毒性物質を取り扱う施設で流出などの事故が発生した場合、液面火災、ガス爆発、フラッシュ火災、毒性ガス拡散などの災害現象が生じる可能性がある。災害の影響度は、これらの災害事象が発生した場合の輻射熱（消防庁指針では「放射熱」という用語を用いているが、同義であり本報告書では「輻射熱」を用いる）や爆風圧の大きさ、拡散ガス濃度が、しきい値（人体に対する許容限界）を超える範囲の大きさにより判断する。

算定手法は、比較的簡易なものが消防庁指針に示してある。また、しきい値についても、コンビナート区域外の第三者に対する目安として同指針に示されている。

(4) 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双方から、例えば図 1.2.4 に示すようなリスクマトリックスにより災害の危険性を総合的に評価し、想定すべき災害と防災対策を実施するに当たっての優先度を検討する。どの程度の災害を想定すべきか、防災対策の優先度をどのように設定するかは、評価を行う自治体がコンビナート地区及び周辺地域の状況を勘案して決定することになる。

また、このような評価は個々のコンビナート施設に対するものであるが、コンビナートには種々の施設が数多く存在する。従って、コンビナート全体や事業所レベルで見たときの災害の発生危険度は保有施設数に依存し、施設種別ごとに個々の施設の災害発生頻度（確率）を足し合わせることにより得られる。このような評価により、事業所やコンビナート地区において備えるべき防災体制や資機材の検討が可能になる。

		発生危険度				
		極小	小	中	大	
影響度	極大	B	A	AA	AA	AA : 最優先 A : 優先度大 B : 優先度中 C : 優先度小 D : 優先度極小
	大	C	B	A	AA	
	中	D	C	B	A	
	小	D	D	C	B	

図 1.2.4 リスクマトリックスによる評価例

1.2.3 長周期地震動による危険物タンクのスロッシング被害の評価

スロッシングとは、地震波と容器内の液体が共振して液面が大きく揺れる現象である。これにより、特に浮き屋根式の危険物タンクでは、浮き屋根の損傷、液体の溢流、屋根部での火災といった被害が生じる危険性がある。

スロッシングによる被害の発生は、スロッシングによる液面上昇量（最大波高）に依存すると考えられるが、スロッシング最大波高は、タンクのスロッシング固有周期とその周期帯における地震動の強さによって推定できる。

従って、前述のような ETA による確率的評価はなじまないことから、以下に示すような、長周期地震動の特性とタンクの固有周期に基づいた災害危険性評価を行う。

(1) 長周期地震動の特性とタンクの固有周期に基づいた災害危険性評価

長周期地震動の予測波形または観測波形を収集し、コンビナートにおける長周期地震動の大きさ（速度応答スペクトル）を推定する。また、速度応答スペクトルと危険物タンクのスロッシング固有周期からスロッシング最大波高を推定し、スロッシングによる災害の発生危険性について検討する。

(2) 災害の想定・影響評価

スロッシングが発生し、内容物の溢流や浮き屋根等の設備の損傷が生じると、防油堤内での溢流火災や、タンク火災が発生する可能性がある。

そこで、スロッシングに起因する火災の危険性について定性的な評価を行うと共に、発生した場合に影響が大きくなると考えられるタンク火災及び防油堤火災について、全面火災による輻射熱の影響を算定・評価する。

1.3 評価の実施手順

調査の実施に当たっては、まず特定事業所に対して施設調査を実施し、評価対象とする施設の配置、形状・型式、規模、貯蔵・取扱物質、貯蔵・取扱条件、防災設備の設置状況等に関するデータの収集を行う。

また、地震時の評価にあたって前提となる、コンビナートの地震動予測結果、液状化危険度の予測結果、長周期地震動の予測または観測波形の収集、災害影響の評価に必要な気象データの収集を行う。

これらの基礎データに基づき、消防庁指針に従って平常時の事故、短周期地震動による被害を対象とした評価を行う。さらに、長周期地震動の予測または観測波形に基づいた危険物タンクのスロッシング被害について評価を行い、これらの評価結果をもとに防災対策の要点について検討する。

このような調査の流れを図 1.3.1 に示す。

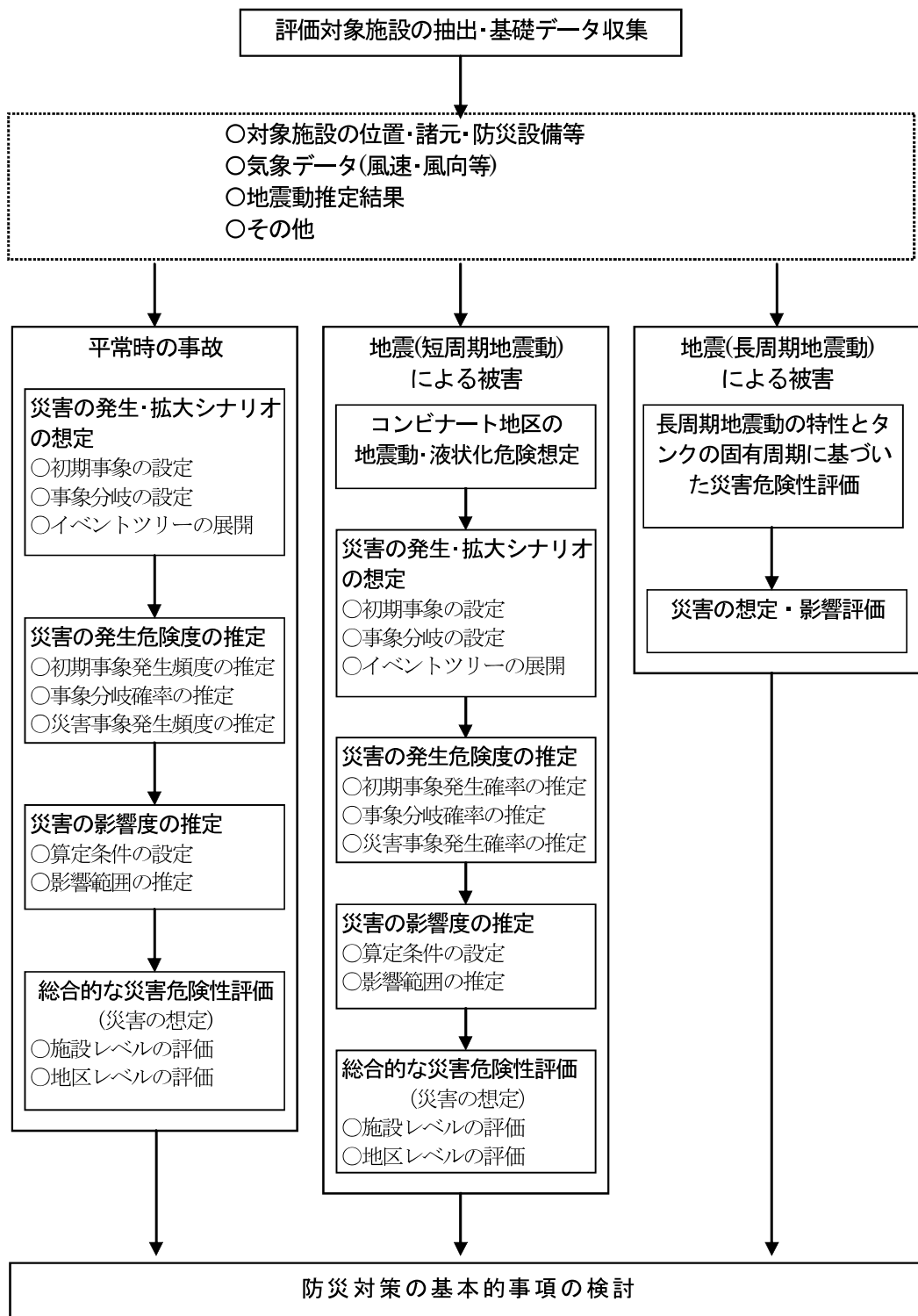


図 1.3.1 調査の実施手順

1.4 特別防災区域と評価対象施設

(1) 特別防災区域ⁱ

本調査の対象となる千葉県石油コンビナート等特別防災区域の範囲は以下のとおりである（平成 21 年 4 月現在、図 1.4.1 参照）。

①京葉臨海北部地区

市川市及び船橋市に位置し、面積 2.86km²、総事業所数 102 社、そのうち 7 の特定事業所（第一種事業所 6、第二種事業所 1）で形成されており、油槽所主体の地区である。

②京葉臨海中部地区

千葉市、市原市及び袖ヶ浦市に位置し、面積 45.20km²、総事業所数 171 社、そのうち 62 の特定事業所（第一種事業所 30（レイアウト事業所 23）、第二種事業所 32）で形成されており、全国 85 の特別防災区域のなかで、面積、石油貯蔵・取扱量及び高圧ガスの処理量がいずれも最大であり、石油精製、石油化学業を主体とする地区である。

③京葉臨海南部地区

木更津市及び君津市に位置し、面積 12.51 km²、総事業所数 93 社、そのうち 3 の特定事業所（第一種事業所 2（レイアウト事業所 2）、第二種事業所 1）で形成されており、鉄鋼業主体の地区である。

ⁱ 千葉県石油コンビナート等防災計画（平成 20 年度修正）、千葉県石油コンビナート等防災本部

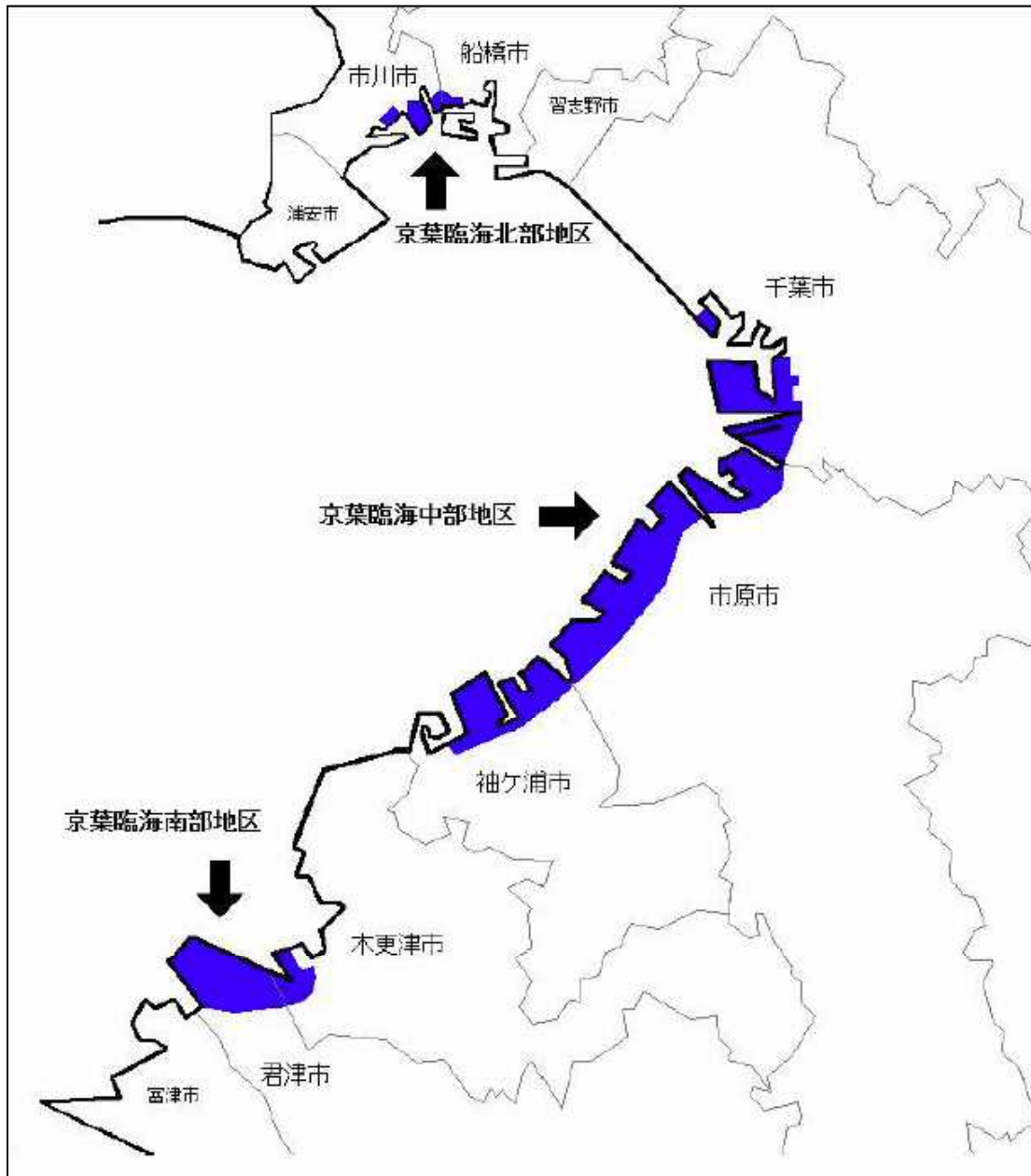


図 1.4.1 千葉県内の石油コンビナート等特別防災区域ⁱ

ⁱ 千葉県石油コンビナート等防災計画（平成 20 年度修正），千葉県石油コンビナート等防災本部

(2) 評価対象施設

本調査においては、千葉県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。

○危険物タンク(屋外タンク貯蔵所)

- ①第4類危険物を貯蔵した容量1,000kl以上のタンク(特定タンク)
- ②第4類危険物を貯蔵した容量1,000kl未満の小容量タンク(準特定及び特定外タンク)
- ③表1.4.1に該当する毒性危険物を貯蔵したすべてのタンク

○高圧ガスタンク

- ①可燃性ガスを貯蔵したすべてのタンク(高圧ガス保安法に係る貯槽、電気事業法及びガス事業法に係る貯槽またはガスホルダー)
- ②表1.4.1に該当する毒性ガスを貯蔵したすべてのタンク

○毒性液体タンク

表1.4.1に該当する毒性物質で、危険物、高圧ガスのいずれにも該当しない毒性液体を貯蔵したすべてのタンク(プラント内の貯槽、小容量の容器等は除く)

○プラント

- ①すべての危険物製造所
- ②すべての高圧ガス製造設備
- ③火力発電所の発電設備(自家発用の発電設備は除く)

○海上入出荷施設(棧橋)

石油(第1、2、3、4石油類)、LPG、LNGを取扱うタンカー棧橋

○パイプライン

事業所間を結ぶ地上配管で、石油(第1、2、3、4石油類)または高圧ガス(可燃性)を移送するもの

表 1.4.1 毒性物質(石油コンビナート等災害防止法で指定された毒物・劇物)

毒物	四アルキル鉛、シアン化水素、フッ化水素
劇物	アクリロニトリル、アクロレイン、アセトンシアンヒドリン、液体アンモニア、エチレンクロルヒドリン、塩素、クロルスルホン酸、珪フッ化水素酸、臭素、発煙硝酸、発煙硫酸

注) 小容量危険物タンク、海上入出荷施設、パイプラインについては、個々の施設のリスクマトリックスによる評価は行わず、地区レベルの災害危険性に関する評価を行う。

評価に当たっては、上記施設の中から潜在的に危険性の高い施設を抽出し、評価対象施設とした。表 1.4.2 に各地区の評価対象施設を示す。

表 1.4.2 評価対象施設(1)

地区	危険物タンク				小容量危険物タンク				計
	特定タンク(容量1千kl以上)				準特定タンク (容量500kl以上1千kl未満)		特定外タンク (容量500kl未満)		
	固定屋根	内部浮き蓋	浮き屋根	計	固定屋根・内部浮き蓋	浮き屋根	固定屋根・内部浮き蓋	浮き屋根	
北部	16	10	0	26	58	0	112	0	170
中部	448(6)	108(2)	265	821	282	10	1878	36	2206
南部	8	2	0	10	1	0	51	0	52
計	472	120	265	857	341	10	2041	36	2428

注 1) 可燃性の影響については特定タンクを個別施設の評価対象とし、毒性の影響については小容量タンクも含めて個別施設の評価対象としている。

注 2) 特定タンク数の括弧内は毒性の危険物を貯蔵するタンク数(内数)で、小容量タンク 3 基を含む。

注 3) 毒性の危険物は可燃性及び毒性の影響について評価を行う。

表 1.4.2 評価対象施設(2)

地区	高圧ガスタンク	プラント				海上入出荷 施設	パイプライン
		危険物製造所	高圧ガス製造設備	発電施設	計		
北部	5	6	1	0	7	9	0
中部	312(49)	226	74	30	330	136	146
南部	14(9)	6	0	4	10	4	1
計	389	238	75	34	347	149	147

注 1) 高圧ガスタンクは施設調査で収集した施設のうち、可燃性のものについては容量 10t 以上、毒性のものについては容量 1t 以上のタンクを評価対象とした。

注 2) 高圧ガスタンクには、高圧ガス保安法に該当しない加圧ガスタンク(電気事業法及びガス事業法に係るもの)を若干数含むが、全て「高圧ガスタンク」として表記した。

注 3) 高圧ガスタンクには、高圧ガス保安法に該当しない常圧(0PaG)の毒性液体タンクを若干数含む、便宜的に全て「高圧ガスタンク」として表記し評価した。

注 4) 高圧ガスタンク数の括弧内は毒性の危険物を貯蔵するタンク数(外数)。

注 5) 可燃性の高圧ガスは可燃性の影響について、毒性の高圧ガスは毒性の影響について評価を行う。

注 6) プラントの危険物製造所には、高圧混在施設を含む。

また、表 1.4.2 に示す評価対象施設のうち、毒性物質を取扱う施設の内訳は表 1.4.3 のとおりである。

表 1.4.3 毒性物質取扱一覧

施設種別	地区	物質名	区分	施設数	計
危険物 タンク	中部	アクリロニトリル	特定タンク(容量1千kl以上)	5	8
			準特定タンク(容量500kl以上1千kl未満)	1	
			特定外タンク(容量500kl未満)	2	
高圧ガス タンク	中部	アンモニア	球形タンク	4	49
			円筒横置タンク	20	
			円筒平底タンク	3	
		フッ化水素	円筒横置タンク	8	
	塩素	円筒横置タンク	14		
	南部	アンモニア	球形タンク	2	9
円筒横置タンク			6		
円筒平底タンク			1		
プラント	中部	アンモニア	危険物製造所(高危混在施設)	4	11
			高圧ガス製造設備	3	
			発電施設	2	
		塩素	危険物製造所(高危混在施設)	1	
			高圧ガス製造設備	1	

第2章 平常時の事故を対象とした評価

2.1 起こり得る災害事象

平常時(通常操業時)において、対象施設で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した。表 2.1.1～2.1.6 に抽出した災害事象を示す。

表 2.1.1 危険物タンクで起こり得る災害事象

流出火災	少量流出・火災	可燃性液体が流出しタンク周辺で着火して火災となる。緊急遮断により短時間で停止する。
	中量流出・火災	可燃性液体が流出しタンク周辺で着火して火災となる。緊急遮断に失敗し流出はしばらく継続して停止する。
	仕切堤内流出・火災	流出停止が遅れ、または流出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。
	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)。
	防油堤外流出・火災	流出油が防油堤外に流れて火災となる。
タンク火災	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。
	リング火災	火災の消火に失敗し、浮屋根シール部でリング状に拡大する(浮屋根式タンクの場合)。
	タンク全面火災	火災がタンクのほぼ全面に拡大する。
毒性ガス拡散	少量流出・拡散	毒性の危険物が流出し緊急遮断により短時間で停止する。タンク周辺で形成したプールから毒性ガスが拡散する。
	中量流出・拡散	毒性の危険物が流出し流出停止が遅れ流出がしばらく継続する。タンク周辺で形成したプールから毒性ガスが拡散する。
	仕切堤内流出・拡散	流出を停止することができず内容物移送により対処する。仕切堤内から毒性ガスが拡散する。
	防油堤内流出・拡散	毒性の危険物が流出して仕切堤を超えて拡大し、防油堤内から毒性ガスが拡散する(仕切堤がない場合も含む)。
	防油堤外流出・拡散	毒性の危険物が流出して防油堤外に拡大し、毒性ガスが拡散する。

表 2.1.2 高圧ガスタンクで起こり得る災害事象

爆発／フラッシュ火災	少量流出・爆発／フラッシュ火災	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て爆発するか、大気中に拡散してフラッシュ火災となる。
	中量流出・爆発／フラッシュ火災	緊急遮断に失敗し、流出はしばらく継続して停止する。タンク周辺で着火して爆発するか、大気中に拡散してフラッシュ火災となる。
	大量流出(長時間)・爆発／フラッシュ火災	流出を停止できず内容物移送により対処。長時間にわたって大量に流出する。タンク周辺で着火して爆発するか、大気中に拡散してフラッシュ火災となる。
	全量流出(長時間)・爆発／フラッシュ火災	長時間にわたって全量が流出する。タンク周辺で着火して爆発するか、大気中に拡散してフラッシュ火災となる。

毒性ガス拡散	少量流出・拡散	毒性ガスが流出して大気中に拡散する。緊急遮断により流出は短時間で停止する。
	中量流出・拡散	毒性ガスが流出して大気中に拡散する。緊急遮断に失敗し流出はしばらく継続して停止する。
	大量流出(長時間)・拡散	流出を停止できず内容物移送により対処する。毒性ガスが長時間にわたって大量に流出して大気中に拡散する。
	全量流出(長時間)・拡散	長時間にわたってタンク全量の毒性ガスが流出して大気中に拡散する。

表 2.1.3 プラント(製造施設)で起こり得る災害事象

流出火災	少量流出・火災	少量の可燃性液体(ユニット内の一部)が流出し、プラントの周辺で火災となる。
	ユニット全量流出・火災	ユニット内の全量の可燃性液体が流出し、プラントの周辺で火災となる。
	大量流出・火災	大量(複数のユニット)の可燃性液体が流出。プラントの周辺で火災となり長時間継続する。
爆発／フラッシュ火災	少量流出・爆発／フラッシュ火災	少量の可燃性ガス(ユニット内の一部)が流出し、プラントの周辺で爆発するか、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。
	ユニット全量流出・爆発／フラッシュ火災	ユニット内の全量の可燃性ガスが流出し、プラントの周辺で爆発するか、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。
	大量流出・爆発／フラッシュ火災	大量(複数のユニット)の可燃性ガスが流出。プラントの周辺で爆発するか、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。
毒性ガス拡散	少量流出・ガス拡散	少量の毒性ガス(ユニット内の一部)が流出し、大気中に拡散する。
	ユニット全量流出・ガス拡散	ユニット内の全量の毒性ガスが流出し、大気中に拡散する。
	大量流出・ガス拡散	大量(複数のユニット)の毒性ガスが流出し、大気中に拡散する。

表 2.1.4 プラント(発電施設)で起こり得る災害事象

流出火災	少量流出・火災	可燃性液体(燃料・潤滑油)が流出し、プラントの周辺で火災となる。緊急遮断により流出は短時間で停止する。
	中量流出・火災	可燃性液体(燃料・潤滑油)が流出し、プラントの周辺で火災となる。緊急遮断に失敗し流出はしばらく継続して停止する。
	大量流出・火災	可燃性液体(燃料・潤滑油)が流出し、プラントの周辺で火災となる。流出を停止できず火災は長時間継続する。

表 2.1.5 海上入出荷施設で起こり得る災害事象

流出火災	少量流出・火災	可燃性液体が流出し、棧橋周辺で火災となる。緊急遮断により流出は短時間で停止する。
	大量流出・火災	可燃性液体が流出し、棧橋周辺で火災となる。流出を停止できず火災は長時間継続する。
フラッシュ火災／ 爆発	少量流出・爆発／フラッシュ火災	可燃性ガスが流出・拡散し、棧橋周辺で爆発するか、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。緊急遮断により流出は短時間で停止する。
	大量流出・爆発／フラッシュ火災	流出を停止できず、可燃性ガスの拡散が長時間継続する。棧橋周辺で爆発するか、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。

表 2.1.6 パイプラインで起こり得る災害事象

流出火災	少量流出・火災	可燃性液体が流出し、周辺で火災となる。緊急遮断により流出は短時間で停止する。
	中量流出・火災	可燃性液体が流出し、周辺で火災となる。緊急遮断に失敗し流出はしばらく継続して停止する。
	大量流出・火災	可燃性液体が流出し、周辺で火災となる。流出を停止できず火災は長時間継続する。
爆発／ フラッシュ火災	少量流出・爆発／フラッシュ火災	可燃性ガスが流出し、周辺で爆発するか、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。緊急遮断により流出は短時間で停止する。
	中量流出・爆発／フラッシュ火災	可燃性液体が流出し、周辺で爆発するか、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。緊急遮断に失敗し流出はしばらく継続して停止する。
	大量流出・爆発／フラッシュ火災	流出を停止できず、可燃性ガスの拡散が長時間継続する。周辺で爆発するか、拡散した可燃性ガスに着火してフラッシュ火災となる。

2.2 災害危険性の評価と想定災害の抽出

前項で示した災害事象について発生危険度と影響度を推定し、両者をもとにリスクマトリックスを作成した。さらに、次のような考え方で防災対策上想定すべき災害を抽出した。

○第1段階の想定災害：災害発生危険度 B ランク以上

⇒現実的に起こりうると考えて対策を検討しておくべき災害(影響度が大きいものは対策上の優先度が高い)

○第2段階の想定災害：災害発生危険度 C ランク

⇒発生する可能性が相当に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災害(影響度が大きいものは要注意)

災害の発生危険度と影響度のランクは以下のとおりである。ただし発生危険度の AA レベルはプラントのみ設定している。

＜災害発生危険度のランク＞	
○危険度 AA	： 10 ⁻³ /年程度以上 (5×10 ⁻⁴ /年以上)
○危険度 A	： 10 ⁻⁴ /年程度 (5×10 ⁻⁵ /年以上 5×10 ⁻⁴ /年未満)
○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)

＜災害影響度のランク＞	
○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

表 2.2.1～2.2.3 に、平常時において想定される災害事象と該当施設数を示す。

表 2.2.1 平常時の想定災害（京葉臨海北部地区）

	第 1 段階の災害		第 2 段階の災害
危険物タンク	特定タンク	小量流出火災(8)、中量流出火災(2)。影響は小さくタンク周辺にとどまる。	小量流出火災(15)、中量流出火災(9)、タンク小火災(10)。影響は第 1 段階の災害よりもやや大きいタンクがあるが、おおむねタンク周辺にとどまる。
	小容量タンク	中量流出火災(59)、タンク小火災(59)。個々のタンクの影響は特定タンクよりも小さい。	中量流出火災(111)、防油堤内流出火災(59)、タンク小火災(111)、タンク全面火災(59)。面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているようなところでは、火災拡大に注意が必要である。
高圧ガスタンク	小量流出爆発(5)、小量流出フラッシュ火災(5)。影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、フラッシュ火災の影響は爆発と比べてやや大きくなる。		中量流出爆発(5)、中量流出フラッシュ火災(5)。フラッシュ火災の影響は小量流出よりもやや大きくなる。

プラント (製造施設)	<p>小量流出、ユニット内全量流出、大量流出に伴う火災(いずれも 6)。影響は施設周辺にとどまる。</p> <p>小量流出、ユニット内全量流出、大量流出に伴う爆発(いずれも 1)。ユニット内全量流出、大量流出に伴う爆発の影響は小量流出の場合よりもやや大きくなる。</p> <p>小量流出、ユニット内全量流出に伴うフラッシュ火災(いずれも 1)。影響は爆発と比べてやや大きく、特にユニット内全量流出に伴うフラッシュ火災の影響は大きく最大レベルとなる。</p>	<p>大量流出フラッシュ火災(1)。影響は大きく最大レベルとなる。</p>
海上 入出 荷施設	<p>小量流出火災(8)、小量流出爆発(1)、小量流出フラッシュ火災(1)。影響は施設周辺にとどまる。</p>	<p>該当なし</p>

注 1) 各災害事象の定義については第 2 章第 1 項参照。

注 2) 括弧内の数値は該当施設数である。

注 3) 小容量危険物タンク、海上入出荷施設については、影響度の評価は行っていない。また、災害の発生危険度は、防災設備の設置状況など個別施設の特性を反映したものではなく、設備の平均的な発生危険度を表す。

表 2.2.2 平常時の想定災害 (京葉臨海中部地区)

		第 1 段階の災害	第 2 段階の災害
危険物 タンク	特定 タンク	<p>小量流出火災(288)、中量流出火災(123)、タンク小火災(35)、小量流出毒性ガス拡散(2)。火災の影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、毒性ガス拡散の影響はやや大きくなる。</p>	<p>小量流出火災(294)、中量流出火災(410)、仕切堤内流出火災(1)、防油堤内流出火災(34)。小量流出及び中量流出火災の影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、仕切堤内及び防油堤内流出火災の影響は大きくなり、防油堤面積が大きい場合には最大レベルとなる。</p> <p>タンク小火災(404)、リング火災(16)、タンク全面火災(19)。影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、タンク全面火災ではやや大きくなるものもある。</p> <p>中量流出毒性ガス拡散(1)、防油堤内流出毒性ガス拡散(3)。防油堤内流出の場合の影響は大きく、防油堤面積が大きい場合には最大レベルとなり、風向によってはコンビナート外への影響が懸念される。</p>
	小容 量 タンク	<p>中量流出火災(740)、タンク小火災(740)。個々のタンクの影響は特定タンクよりも小さい。</p>	<p>中量流出火災(1466)、防油堤内流出火災(740)、タンク小火災(1466)、タンク全面火災(740)。面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているようなところでは、火災拡大に注意が必要である。</p>

高圧ガスタンク	<p>小量流出爆発(310)、中量流出爆発(2)。影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、貯蔵圧力の高いタンクではやや大きくなる。</p> <p>小量流出フラッシュ火災(310)、中量流出フラッシュ火災(2)。影響は爆発と比べてやや大きくなり、特に貯蔵圧力の高いタンクでは最大レベルとなる。</p> <p>小量流出毒性ガス拡散(33)、中量流出毒性ガス拡散(2)。影響は大きく、物質や貯蔵圧力によっては最大レベルとなる。</p>	<p>中量流出爆発(310)。影響はタンク周辺にとどまるものが多いが、貯蔵圧力の高いタンクではやや大きくなる。</p> <p>中量流出フラッシュ火災(310)。影響は爆発と比べて大きくなり、貯蔵圧力の高いタンクで最大レベルとなる。</p> <p>小量流出毒性ガス拡散(14)、中量流出毒性ガス拡散(33)。影響は大きく、物質や貯蔵圧力によっては最大レベルとなり、コンビナート外に近い一部の施設では、風向によっては影響が懸念される。</p>
プラント	製造施設	<p>小量流出、ユニット内全量流出、大量流出に伴う火災(いずれも 234)。影響は施設周辺にとどまるものが多いが、処理圧力や配管径の大きいものではやや大きくなる。</p> <p>小量流出、ユニット内全量流出、大量流出に伴う爆発(いずれも 151)。ユニット内全量流出、大量流出に伴う爆発の影響は小量流出の場合よりも大きくなり、特に滞留量が多い場合は最大レベルとなる。</p> <p>小量流出、ユニット内全量流出に伴うフラッシュ火災(いずれも 151)。影響は爆発と比べてやや大きく、処理圧力や配管径の大きいものは最大レベルとなる。</p> <p>小量流出毒性ガス拡散(7)。影響は大きく、処理圧力によっては最大レベルとなる。</p>
	発電施設	該当なし
海上入出荷施設	小量流出火災(102)、小量流出爆発(34)、小量流出フラッシュ火災(34)。影響は施設周辺にとどまる。	該当なし
パイプライン	小量流出火災(80)、小量流出爆発(66)、小量流出フラッシュ火災(66)。影響は施設周辺にとどまると考えられるが、発生箇所によっては注意が必要となる。	中量流出火災(80)。影響は小量流出と比べて大きくなるが、おおむね施設周辺にとどまると考えられる。発生箇所によっては注意が必要となる。

注 1) 各災害事象の定義については第 2 章第 1 項参照。

注 2) 括弧内の数値は該当施設数である。

注 3) 小容量危険物タンク、海上入出荷施設、パイプラインについては、影響度の評価は行っていない。
また、災害の発生危険度は、防災設備の設置状況など個別施設の特性を反映したものではなく、設備の平均的な発生危険度を表す。

表 2.2.3 平常時の想定災害（京葉臨海南部地区）

		第 1 段階の災害	第 2 段階の災害
危険物タンク	特定タンク	該当なし	小量流出火災(10)。影響はタンク周辺にとどまる。
	小容量タンク	中量流出火災(1)、タンク小火災(1)。個々のタンクの影響は特定タンクよりも小さい。	中量流出火災(51)、防油堤内流出火災(1)、タンク小火災(51)、タンク全面火災(1)。面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されている場合には、火災拡大に注意が必要である。
高圧ガスタンク		小量流出爆発(14)、小量流出フラッシュ火災(14)、小量流出毒性ガス拡散(7)。爆発の影響はおおむねタンク周辺にとどまる。フラッシュ火災の影響は爆発と比べてやや大きくなり、貯蔵圧力の高いタンクではやや大きい。毒性ガス拡散の影響は大きく、最大レベルとなるが、事業所敷地内にとどまる。	中量流出爆発(14)、中量流出フラッシュ火災(14)、小量流出毒性ガス拡散(2)、中量流出毒性ガス拡散(7)。爆発の影響はおおむねタンク周辺にとどまる。フラッシュ火災の影響は爆発と比べてやや大きくなり、貯蔵圧力の高いタンクではやや大きい。毒性ガス拡散の影響は大きく、最大レベルとなるが、事業所敷地内にとどまる。
プラント	製造施設	小量流出火災(6)、ユニット内全量流出火災(6)、大量流出火災(6)。影響は施設周辺にとどまる。	該当なし
	発電施設	小量流出火災(4)、中量流出火災(4)。影響は施設周辺にとどまる。	該当なし
海上入出荷施設		小量流出火災(4)。影響は施設周辺にとどまる。	該当なし
パイプライン		小量流出火災(1)。影響は施設周辺にとどまる。	中量流出火災(1)。流出がしばらく継続することから注意が必用であるが、石油配管の敷設状況から、火災となった場合でも周辺地域へ影響を及ぼす危険性は低いと考えられる。

注 1) 各災害事象の定義については第 2 章第 1 項参照。

注 2) 括弧内の数値は該当施設数である。

注 3) 小容量危険物タンク、海上入出荷施設、パイプラインについては、影響度の評価は行っていない。
また、災害の発生危険度は、防災設備の設置状況など個別施設の特性を反映したものではなく、設備の平均的な発生危険度を表す。

第3章 地震(強震動)による被害を対象とした評価

3.1 前提となる地震の想定

平成19年度に千葉県が実施した地震被害想定調査に基づき、次の3つの地震の最大震度及び液状化危険度を想定してコンビナート施設の被害に関する評価を行った。

- 東京湾北部地震(Mw=7.3)
- 千葉県東方沖地震(Mw=6.8)
- 三浦半島断層群による地震(Mw=6.9)

震度及び液状化危険度は、京葉臨海南部地区の一部では三浦半島断層群による地震が最大となるが、ほとんどの地域では東京湾北部地震が最大となる。図3.1.1に、東京湾北部地震の震度及び液状化危険度分布を示す。

コンビナートにおいて想定される震度は、京葉臨海北部地区では震度6強の区域が多くなっているが、計測震度は概ね5.9~6.1で、6弱と6強の境界付近といえる。京葉臨海中部地区は、ほとんどの区域で震度6強となり、計測震度が6.2を超える極めて強い地震動を受けるところもある。京葉臨海南部地区は、概ね震度6弱(計測震度5.7~5.9)であり、北部や中部地区と比べると地震動はやや弱くなる。

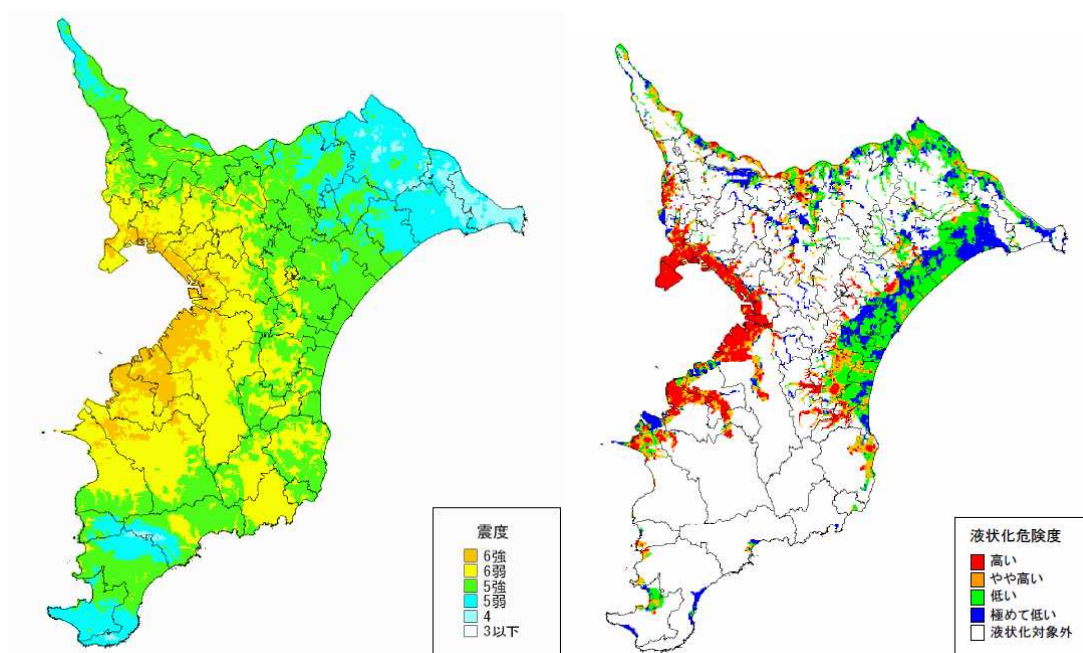


図 3.1.1 東京湾北部地震の震度分布及び液状化危険度ⁱ

ⁱ 平成19年度 千葉県地震被害想定調査報告書, 千葉県, 平成20年3月

(注 図3.1.1の液状化危険度分布図のうち君津市君津付近は再評価の結果、本報告書では「極めて低い」から「高い」に変更して評価しています。)

3.2 起こり得る災害事象

強震動による施設被害を対象とした場合、初期事象の発生原因は平常時とは異なるが、事象の種類や発生後の拡大プロセス(事象分岐)は平常時と同様と考えられることから、平常時の災害拡大シナリオ(イベントツリー)をそのまま適用する。従って、起こり得る災害事象は表 2.1.1～2.1.4 に示した通りである。ただし、危険物タンクの屋根での火災は、強震動を起因として発生することはほとんど考えられないため、ここでは除外した。

3.3 災害危険性の評価と想定災害の抽出

地震時に起こり得る災害事象について発生危険度と影響度を推定し、両者をもとにリスクマトリックスを作成した。ただし、災害の発生危険度は、平常時の場合1年あたりの災害発生頻度(1年)として評価したが、地震時においては、地震が起こったときの災害の発生確率として評価する。また、災害の影響度については、算定手法、算定条件はすべて平常時と同じであるため、算定結果(各災害事象の影響範囲)も平常時と同じになる。

このようにして作成したリスクマトリックスから、次のような考え方で防災対策上想定すべき災害を抽出した。

○第1段階の想定災害：災害発生危険度 B ランク以上

⇒現実的に起こりうると考えて対策を検討しておくべき災害(影響度が大きいものは対策上の優先度が高い)

○第2段階の想定災害：災害発生危険度 C ランク

⇒発生する可能性が相当に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災害(影響度が大きいものは要注意)

災害の発生危険度と影響度のランクは以下のとおりである。

<災害発生危険度のランク>

- 危険度 A : 10^{-2} 程度 (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)

<災害影響度のランク>

- 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

表 3.3.1～3.3.3 に、地震時において想定される災害事象と該当施設数を示す。

表 3.3.1 地震時の想定災害（京葉臨海北部地区）

		第 1 段階の災害	第 2 段階の災害
危険物タンク	特定タンク	小量流出火災(8)、中量流出火災(2)。影響は小さくタンク周辺にとどまる。	小量流出火災(14)、中量流出火災(1)。影響は小さくタンク周辺にとどまる。
	小容量タンク	中量流出火災(156)、防油堤内流出火災(20)。個々のタンクの影響は特定タンクよりも小さいが、面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているようなところでは、火災拡大に注意が必要である。	中量流出火災(14)、防油堤内流出火災(108)。個々のタンクの影響は特定タンクよりも小さいが、面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているようなところでは、火災拡大に注意が必要である。
高圧ガスタンク		小量流出爆発(5)、小量流出フラッシュ火災(5)。影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、フラッシュ火災の影響は爆発と比べてやや大きくなる。	該当なし
プラント(製)		小量流出、ユニット内全量流出に伴う火災(いずれも 6)。影響は施設周辺にとどまる。	大量流出火災(6)、小量流出爆発(1)、小量流出フラッシュ火災(1)。影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、フラッシュ火災の影響は流出火災や爆発と比べてやや大きくなる。

注 1) 各災害事象の定義については第 2 章第 1 項参照。

注 2) 括弧内の数値は該当施設数である。

注 3) 小容量危険物タンクについては、影響度の評価は行っていない。また、災害の発生危険度は、防災設備の設置状況など個別施設の特性を反映したものではなく、設備の平均的な発生危険度を表す。

注 4) 海上入出荷施設、パイプラインについては、災害の発生危険度及び影響度の評価を行っていないことから記載していない。

表 3.3.2 地震時の想定災害（京葉臨海中部地区）

		第 1 段階の災害	第 2 段階の災害
危険物タンク	特定タンク	小量流出火災(263)、中量流出火災(141)、小量流出毒性ガス拡散(2)、中量流出毒性ガス拡散(6)。火災の影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、毒性ガス拡散の影響はやや大きくなる。	小量流出火災(286)、中量流出火災(306)、仕切堤内流出火災(11)、防油堤内流出火災(65)。小量流出及び中量流出火災の影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、仕切堤内及び防油堤内流出火災の影響は大きくなり、防油堤面積が大きい場合には最大レベルとなる。 中量流出毒性ガス拡散(2)、防油堤内流出毒性ガス拡散(3)。防油堤内流出の場合の影響は大きく、防油堤面積が大きい場合には最大レベルとなり、風向によってはコンビナート外への影響が懸念される。

	小容量タンク	中量流出火災(1942)、防油堤内流出火災(558)。個々のタンクの影響は特定タンクよりも小さいが、面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているようなところでは、火災拡大に注意が必要である。	中量流出火災(264)、防油堤内流出火災(1269)。個々のタンクの影響は特定タンクよりも小さいが、面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているようなところでは、火災拡大に注意が必要である。
高圧ガスタンク		<p>小量流出爆発(292)、中量流出爆発(4)。影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、貯蔵圧力の高いタンクではやや大きくなる。</p> <p>小量流出フラッシュ火災(287)、中量流出フラッシュ火災(4)。影響は爆発と比べてやや大きくなり、特に貯蔵圧力の高いタンクでは最大レベルとなる。</p> <p>小量流出毒性ガス拡散(47)、中量流出毒性ガス拡散(2)。影響は大きく、物質や貯蔵圧力によっては最大レベルとなる。</p>	<p>小量流出爆発(18)、中量流出爆発(210)。影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、貯蔵圧力の高いタンクではやや大きくなる。</p> <p>小量流出フラッシュ火災(23)、中量流出フラッシュ火災(184)。影響は爆発と比べてやや大きくなり、特に貯蔵圧力の高いタンクでは最大レベルとなる。</p> <p>中量流出毒性ガス拡散(25)、大量流出毒性ガス拡散(2)、全量(長時間)流出毒性ガス拡散(1)。影響は大きく、物質や貯蔵圧力によっては最大レベルとなり、コンビナート外に近い一部の施設では、風向によっては影響が懸念される。</p>
プラント	製造施設	<p>小量流出火災(234)、ユニット内全量流出火災(172)。影響は施設周辺にとどまるものが多いが、処理圧力や配管径の大きいものではやや大きくなる。</p> <p>小量流出爆発(5)、ユニット内全量流出爆発(151)。ユニット内全量流出に伴う爆発の影響は小量流出の場合よりも大きくなり、特に滞留量が多い場合は最大レベルとなる。</p> <p>小量流出フラッシュ火災(89)。影響は爆発と比べてやや大きい。</p> <p>小量流出毒性ガス拡散(7)。影響は大きく、処理圧力によっては最大レベルとなる。</p>	<p>ユニット内全量流出火災(62)、大量流出火災(219)。影響は施設周辺にとどまるものが多いが、処理圧力や配管径の大きいものではやや大きくなる。</p> <p>小量流出爆発(83)、ユニット内全量流出爆発、大量流出爆発(79)。ユニット内全量流出、大量流出に伴う爆発の影響は小量流出の場合よりも大きくなり、特に滞留量が多い場合は最大レベルとなる。</p> <p>小量流出フラッシュ火災(62)、ユニット内全量流出フラッシュ火災(98)。影響はやや大きく、処理圧力や配管径の大きいものは最大レベルとなる。</p> <p>小量流出毒性ガス拡散(2)、ユニット内全量流出毒性ガス拡散(7)。影響は大きく、物質や処理圧力によっては最大レベルとなる。</p>
	発電施設	小量流出火災(30)。影響は施設周辺にとどまる。	中量流出火災(21)。影響は少量流出と比べてやや大きいがおおむね施設周辺にとどまる。

注 1) 各災害事象の定義については第 2 章第 1 項参照。

注 2) 括弧内の数値は該当施設数である。

注 3) 小容量危険物タンクについては、影響度の評価は行っていない。また、災害の発生危険度は、防災設備の設置状況など個別施設の特性を反映したものではなく、設備の平均的な発生危険度を表す。

注 4) 海上入出荷施設、パイプラインについては、災害の発生危険度及び影響度の評価を行っていないことから記載していない。

表 3.3.3 地震時の想定災害（京葉臨海南部地区）

		第1段階の災害	第2段階の災害
危険物タンク	特定タンク	該当なし	小量流出火災(7)。影響は施設周辺にとどまる。
	小容量タンク	中量流出火災(30)。個々のタンクの影響は特定タンクよりも小さい。	中量流出火災(51)、防油堤内流出火災(1)。個々のタンクの影響は特定タンクよりも小さいが、面積の大きい防油堤内に、多くのタンクが近接して設置されているようなところでは、火災拡大に注意が必要である。
高圧ガスタンク	小量流出爆発(8)、小量流出フラッシュ火災(5)、小量流出毒性ガス拡散(7)。爆発の影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、フラッシュ火災の影響は爆発と比べてやや大きくなる。毒性ガス拡散の影響は大きく、最大レベルとなるが、事業所敷地内にとどまる。		小量流出爆発(6)、小量流出フラッシュ火災(9)。爆発の影響はおおむねタンク周辺にとどまるが、フラッシュ火災の影響は爆発と比べてやや大きくなる。
プラント	製造施設	小量流出火災(6)。影響は施設周辺にとどまる。	ユニット内全量流出火災(6)。影響は施設周辺にとどまる。
	発電施設	小量流出火災(4)。影響は施設周辺にとどまる。	該当なし

注 1) 各災害事象の定義については第2章第1項参照。

注 2) 括弧内の数値は該当施設数である。

注 3) 小容量危険物タンクについては、影響度の評価は行っていない。また、災害の発生危険度は、防災設備の設置状況など個別施設の特性を反映したものではなく、設備の平均的な発生危険度を表す。

注 4) 海上入出荷施設、パイプラインについては、災害の発生危険度及び影響度の評価を行っていないことから記載していない。

第4章 長周期地震動による被害（危険物タンクのスロッシング）を対象とした評価

本調査では、想定東海地震の予測波形を収集してスロッシング最大波高を推定し、その結果に基づき想定される被害について定性的な評価を行った。

4.1 前提となる長周期地震動

コンビナートに最も影響を及ぼすと考えられる東海地震について、3つの予測波形を収集した。収集したデータの評価地点を図4.1.1に、各評価地点の速度応答スペクトルを、図4.1.2に示す。

①地震本部（地震調査研究推進本部 地震調査委員会）（2009）による想定東海地震の予測波形ⁱ

②土方・他（2005,2006）による想定東海地震の予測波形^{ii,iii}

③山中（2008）による想定東海地震の予測波形^{iv}

これらの予測波形から求められる速度応答スペクトルは、それぞれにその形状や大きさが異なる。これは評価地点の差によるもののほか、震源モデルや地盤モデルの設定方法、評価方法の違いなどによるが、防災対策上想定する地震動について、現時点ではどれを用いることが妥当であるかを評価することは困難である。従って、危険物タンクのスロッシング被害の評価にあたっては、このような不確定要素があることを念頭に置いて検討を行った。

4.2 スロッシング最大波高及び溢流量の推定

3つの予測波形から求められる速度応答スペクトルを用い、スロッシング最大波高を推定した（満液時）。その結果から、スロッシング最大波高は地点ごと及び適用する予測波形により大きく異なる結果となった。表4.2.1に、固有周期4秒以上の浮き屋根式タンク262基について（全て京葉臨海中部地区に所在）、予測波形ごとのスロッシング最大波高とタンク余裕空間高さを比較した結果を示す（ただし、山中については予測波形のあるエリアのタンク103基を対象とした）。スロッシング最大波高が余裕空間高さを超えるタンクは、満液時に想定する強さの地震動が生じた場合には溢流する可能性がある。

また、これらの浮き屋根式タンク262基を対象として、スロッシングの非線形性を考慮した溢流量の算定を行った。その結果、適用する予測波形が地震本部、土方・他（2005,2006）、山中（2008）の順に、最大溢流量が大きくなる結果となった（地震本部の予測波形を基にした場合には、溢流量は最大約7klであった）。

ⁱ 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：長周期地震動予測地図 2009年試作版，2009年9月17日，http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09_choshuki/index.htm

ⁱⁱ 土方勝一郎・他：東海地震の関東平野における長周期地震動予測，海溝型巨大地震を考える-広帯域強震動の予測-シンポジウム論文集，pp.61-64,2005.2.19

ⁱⁱⁱ 土方勝一郎・他：東海地震の関東平野における長周期地震動予測，海溝型巨大地震を考える-広帯域強震動の予測 2-シンポジウム論文集，pp.83-90,2006.2.18

^{iv} 東京工業大学 山中浩明氏 提供

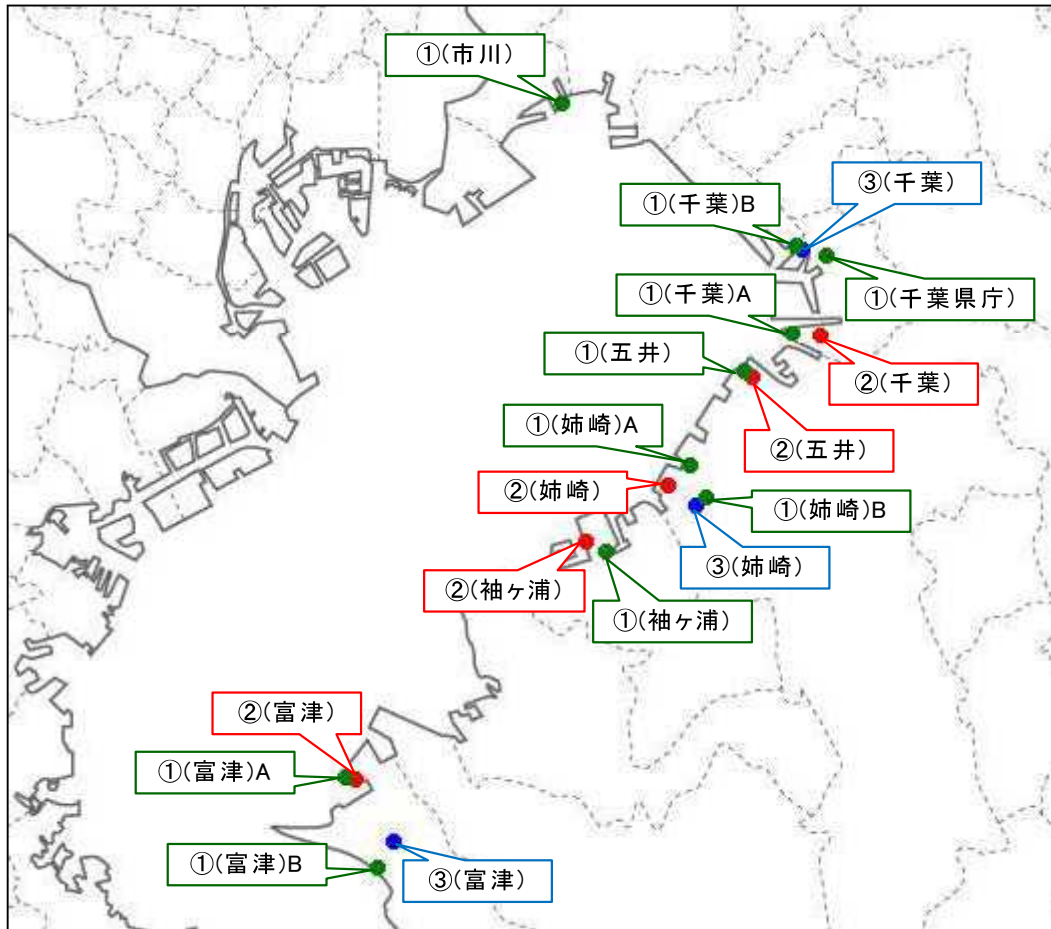
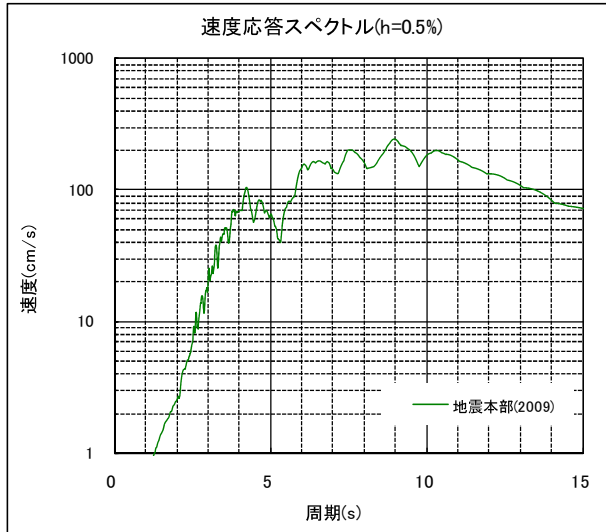
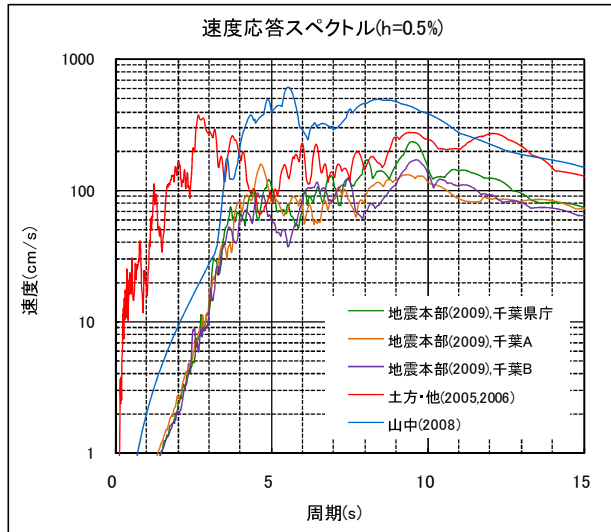


図 4.1.1 長周期地震動の評価地点（東海地震）

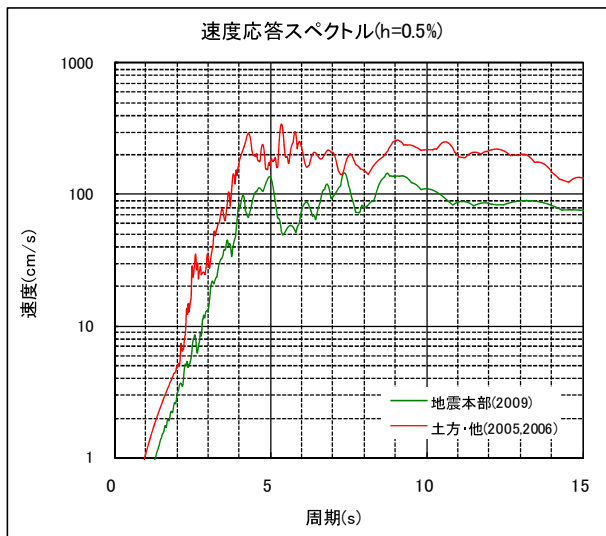
- ①：地震本部（地震調査研究推進本部 地震調査委員会）（2009）による評価地点（千葉県庁及びコンビナート近隣のいくつかの計算地点を抽出）
- ②：土方・他（2005, 2006）による評価地点（コンビナート事業所内）
- ③：山中（2008）による評価地点（k-net 観測点）



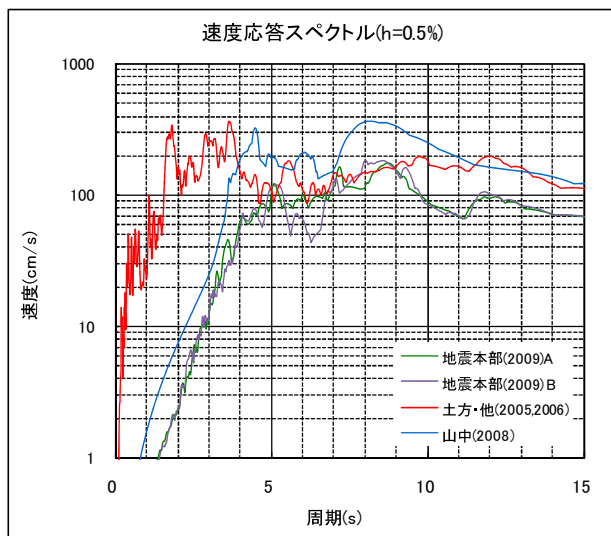
(市川)



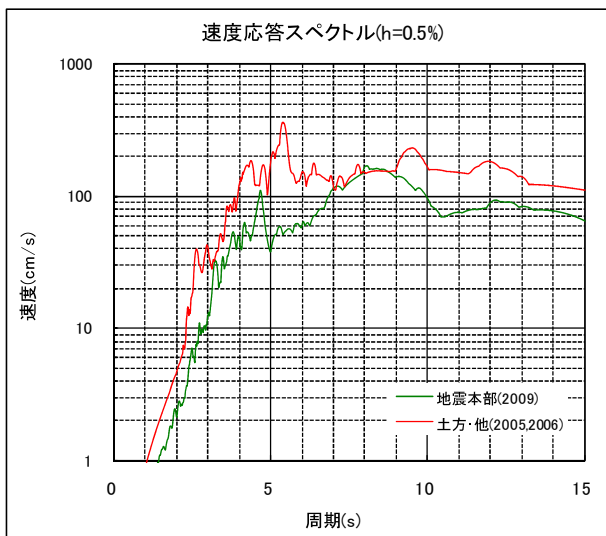
(千葉)



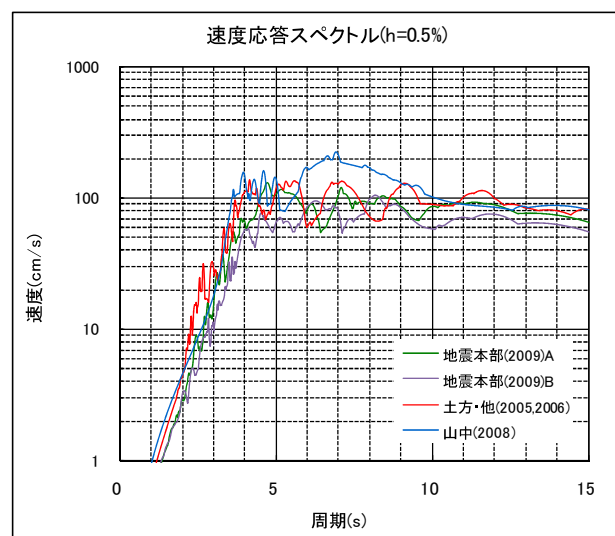
(五井)



(姉崎)



(袖ヶ浦)



(富津)

図 4.1.2 想定東海地震の速度応答スペクトル (h=0.5%)

表 4.2.1 スロッシング最大波高とタンク余裕空間高さの比較（浮き屋根式タンク）

基にした 予測波形	シングルデッキ			ダブルデッキ			合 計 (評価対象)
	超える	超えない	小計	超える	超えない	小計	
地震本部	0(0%)	244(100%)	244	0(0%)	18(100%)	18	262
土方、他	74(30%)	170(70%)	244	2(11%)	16(89%)	18	262
山 中	40(47%)	46(53%)	86	14(82%)	3(18%)	17	103

注) 評価対象タンクは、危険性が高いとされる固有周期4秒以上の浮き屋根式タンク262基
(山中については、予測波形のあるエリアのタンク103基のみを対象)。

【非線形性を考慮したスロッシング最大波高の推定について】

現行の消防法におけるスロッシング規制では、速度応答スペクトル法に基づき石油タンクの余裕空間高さが定められている。速度応答スペクトル法では微小波高を仮定し、線形解としてスロッシング最大波高を算出しているが、内容物の溢流を想定する場合には微小波高の仮定が成り立たないため、スロッシングによる非線形液面増分(液面上昇側の最大波高は線形解より上昇する)を考慮する必要があるⁱ⁾。

本調査では消防法に基づき、スロッシング最大波高の推定に速度応答スペクトル法を適用しているが、溢流量の推定にあたっては非線形液面増分の影響が大きくなるため、スロッシングの非線形性を考慮した手法ⁱ⁾により最大波高を求め、これに基づき溢流量を算出している。従って、両者のスロッシング最大波高の推定結果は異なることに注意が必要である。

i) 西晴樹・他:石油タンクのスロッシングによる溢流量の算定, 圧力技術, 第46巻第5号(2008),276-284

4.3 スロッシングによる災害の危険性

スロッシングによる危険物タンクの被害形態としては、屋根部からの危険物の溢流、浮き屋根やタンク付属設備等の破損、浮き屋根の沈降、溢流に伴うタンク周辺での流出火災、屋根部でのリング火災やタンク全面火災が考えられる。

スロッシングに起因する火災の影響に関しては、発生した場合の影響が大きいと考えられるタンク全面火災及び防油堤内全面火災について、影響度の推定を行った結果、輻射熱の影響範囲はコンビナート内にとどまることがわかった。

第5章 防災対策の基本的事項の検討

5.1 検討にあたっての前提

(1) 各地区における対策の重点事項

第2章～第4章に示した想定災害に対して必要な防災対策は、各々の事業所や地区に所在する施設の種類や取扱物質、想定される地震の震度などの違いによって異なる。各地区においては次に示すような特徴があり、それに応じた対策事項が特に重要と考えられる。

京葉臨海北部地区については、小規模なコンビナートであり比較的危険性が低い。平常時においてはプラント(製造施設)における災害の発生危険度が大きいことから、事故防止対策が重要となる。また、地震時においては小容量タンクの被害防止対策が重要となる。

京葉臨海中部地区は大規模なコンビナートであり、数多くの施設が所在する。毒性危険物や毒性ガスの取扱いがあり、風向きによってはコンビナート外への影響が懸念されることから、毒性物質に関する事故防止が重要である。平常時においてはプラント(製造施設)における災害の発生危険度が大きいことから、事故防止対策が重要となる。地震時においては、小容量タンクの被害防止対策のほか、浮き屋根式の危険物タンクがあることからスロッシング対策が重要となる。

京葉臨海南部地区は小規模なコンビナートであり、比較的危険性が低い。毒性ガスタンクがあることから、災害が発生した場合の影響度は大きいものの、コンビナート外の地域へ影響が及ぶ危険性は低い。平常時においては、プラント(製造施設)における災害の発生危険度が大きい影響度は小さい。また、地震時においては小容量タンクの被害防止対策が重要となる。

(2) アセスメント結果の位置付け

本調査で示したアセスメント結果は相対的評価の意味合いが強く、防災対策実施にあたっての各施設の優先度を表すものと位置付けられる。実際には、アセスメントで想定している条件以外での災害が起り得ることから、アセスメントの結果危険性が高いとされた施設については、各々の事業所における状況を反映した、より詳細な検討を行い、改めて当該施設の災害の危険性を確認する必要がある。

ただし、以降ではアセスメント結果に基づく想定災害を前提として、防災対策の基本的事項の検討を行った。

(3) アセスメント結果に基づく防災対策の検討

一般的に言って、第1段階では、事故発生危険性が高い施設において、少量あるいは中量流出に伴う比較的小規模な火災、爆発、拡散などの災害が想定される。第2段階では、事故発生危険性がそれほど高くない施設においても小規模な災害が想定されるほか、危険性が高い施設においては大規模な火災や爆発、あるいは長時間継続する拡散などの災害が想定

される。したがって、対策としては、まず第1段階で想定される災害の該当施設において、災害の発生危険度を低減させることが最も重要になる。これにより必然的に第2段階で想定される大規模災害も減少し、これによる周囲への影響も抑えることができる。

次に第2段階の想定災害に対しては、発生危険は小さいものの万一の事態に備えて、発災時の緊急対応や応援体制、隣接事業所への連絡体制、周辺地域に対する広報や避難対策などの検討・整備が必要になる。なお、地区の立地条件や保有施設などによっては、第1段階において一部の施設で大規模な火災や爆発などが想定されるところもあり、このような地区では、想定される災害の形態にあわせた発生防止や緊急対応等の防災対策が急務となる。

また、長周期地震動に関しては、タンクにどのような地震動が作用するかにより被害程度が異なることから、長周期地震動の予測が極めて重要になるが、現時点では地震動予測の精度は十分とは言えない。本調査で収集した3つの想定東海地震の予測波形による検討結果からは、スロッシングによる被害程度に大きな差があるが、予測精度に関する判断は困難である。従って、現時点では長周期地震動の予測結果には大きなばらつきがあることを踏まえた上で、防災対策を検討していく必要がある。

その際の対策の実施方針としては、まず従来の法規制に基づく予防対策(液面低下、浮き屋根の耐震補強等)を進めることが最も重要となる。その上で、想定以上の被害の発生に備え、発災時の被害の局所化や、限られた対応力の中での効果的・効率的な災害対応、広域的な防災体制の確立など、応急対策の充実を図っていく必要がある。

(4) 防災対策の整理方法

アセスメントの評価結果からは、危険物や可燃性ガスなどの比較的長時間の流出を伴う災害や、毒性ガスの拡散による広範囲の影響を伴う災害が想定されている。このような災害に対する防災対策としては、例えば、当該施設に緊急遮断設備が設置されていないような場合には、設置することにより災害の長期化を防ぐことが可能となる。また、流出物が毒性物質の場合には、流出範囲を局所化することにより影響の拡大防止を図るといったことが考えられる。

しかし、コンビナートにおける防災対策は、このような個別施設についての対策という観点以外にも、人的要因による事故防止などの従業員についての対策、事業所の安全管理体制や広域的な防災体制といった防災体制の確立までを含む、総合的な対策が重要となる。そこで、本調査では、このような個別施設の防災対策だけでなく、安全管理において重要と考えられるいくつかの事項を表 5.1.1 のように分類し、それぞれについて防災対策の基本的事項を示すこととした。

次項に、具体的な対策項目の要点を示す。

表 5.1.1 防災対策の分類

【平常時の防災対策】
■災害の発生危険度を低減させるための対策
○災害の発生防止(初期事象の発生に関わる事項)
ア.安全管理体制の充実
イ.物的要因による事故防止
ウ.人的要因による事故防止
エ.具体的な災害の想定
○災害の拡大防止(事象の分岐に関わる事項)
オ.防災設備の設置促進
カ.防災設備の保守点検
キ.事故の早期検知
ク.災害の局所化
■災害の影響を低減させるための対策
ケ.災害拡大時の対応
コ.周辺住民に対する広報活動
【地震時の防災対策(強震動による被害)】
■災害の発生危険度を低減させるための対策
○災害の発生防止(初期事象の発生に関わる事項)
サ.施設の耐震性強化
○災害の拡大防止(事象の分岐に関わる事項)
シ.防災設備の信頼性向上
ス.発災時の応急対応
■災害の影響を低減させるための対策
セ.広域的な防災体制
ソ.周辺住民の避難対策
【地震時の防災対策(危険物タンクのスロッシング被害)】
■災害の発生危険度を低減させるための対策
○災害の発生防止
タ.浮き屋根の技術基準の適合促進
チ.スロッシングによる被害の想定
ツ.防災対応力の把握
テ.今後の研究・技術開発の必要性
○災害の拡大防止
ト.浮き屋根の被害状況の把握
■災害の影響を低減させるための対策
ナ.同時多発災害への対応方策
ニ.周辺住民に対する広報活動
【その他の防災対策】
ヌ.津波対策
ネ.海上流出対策

注 1) 災害の発生危険度の低減対策事項には、災害の影響の低減対策につながる事項もあり、両者は厳密に切り分けられるものではない。

注 2) 「その他の防災対策」はアセスメントの評価対象外の事項であるが、補足として追記している。

5.2 防災対策の要点

千葉県内のコンビナートにおける想定災害を踏まえて、表 5.1.1 に対応した防災対策の要点を以下にまとめる。

【平常時の防災対策】

平常時において想定される事故に対しては、事業所における総合的な安全管理体制を確立することが重要であり、そのためには以降に示すような防災対策を充実することが望ましい。

ア. 安全管理体制の充実

危険物施設における事故発生件数は、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ている。平成 20 年中の全国の危険物施設における事故発生件数は 563 件(火災 177 件・流出 386 件)であり、前年の 612 件に比べて 49 件減少したが、依然として高い水準にある。

また、高圧ガスの製造事業所(コンビナート)における事故発生件数は、昭和 50 年代中頃から平成 13 年頃まで年間 10 件未満と横ばいであったが、平成 14 年以降増加傾向にあり、平成 20 年中の事故発生件数は 43 件(火災 5 件・流出 35 件・破裂等 3 件)となっている。

近年事故件数が多くなっていることの原因としては、設置から数十年が経過した施設が多くなり老朽化が進んでいること、従業員の安全に対する意識の低下、組織における知識・技術の継承が不十分であることなどが指摘されているが、事故の発生防止を図る上では、事業所における総合的な安全管理体制を確立することが重要であり、各事業所では以降に示す事項について不足する部分がないか再度確認する必要がある。

イ. 物的要因による事故防止

平成 20 年中の危険物施設における事故の発生状況によると、流出事故の発生原因は「腐食等劣化」などの物的要因が 54%、「管理不十分」、「確認不十分」などの人的要因が 37%となっている。個別には、「腐食等劣化」によるものが 40%と最も多く、特に「腐食等劣化」による事故の防止対策が必要であることがわかる。

近年では、危険物施設における危険物流出等の事故の原因調査に関する消防法の改正が行われ、必要な調査を行うための体制が整備されたところである。このような事故の防止のためには、今後の事故原因調査結果を踏まえて適切な対応を進めることはもちろんのこと、各事業所においては、日常及び定期的な施設の点検方法や点検箇所の見直し、施設・設備の更新スケジュールの見直しなど、保全管理を改めて見直してゆくことが極めて重要である。

ウ. 人的要因による事故防止

近年の流出・火災をあわせた全事故の発生原因について見ると、人的要因は物的要因と同程度あるいはそれ以上の割合を占めている。このことから、人的要因による事故防止は、物的

要因による事故防止以上に重要といえる。人的要因による事故防止のためには、運転・操作に関する知識・技術の習熟を図るとともに、安全運転に関わる広範な内容を要領よくまとめた安全管理マニュアルを作成し、従業員に徹底しておくことが不可欠である。すでにマニュアルを作成している事業所では、これを再度見直すことにより、安全意識の高揚とあわせた二重の効果が期待できる。

エ. 具体的な災害の想定

各事業所においては、本調査の結果等を参考に、施設の具体的な状況を反映した災害の発生危険性について検討し、危険性があると考えられる場合には災害が発生した場合の影響を想定しておく必要がある。

想定される災害に対しては、具体的な活動マニュアルを作成し、発災時の応急措置を迅速・的確に行えるように訓練を実施しておくことが必要である。事業所外あるいはコンビナート区域外への影響が懸念される場合には、周囲の状況を把握したうえで、事業所間の情報連絡、周辺地域に対する広報なども訓練に取り入れることが望ましい。

オ. 防災設備の設置促進

容量 1 万 kl 以上の特定タンクには、遠隔操作が可能で停電時においても作動可能な緊急遮断弁の設置が義務付けられている。このような緊急遮断弁は災害の拡大防止に有効であり、1 万 kl 未満のタンクについても自主的な整備を進めることが望ましい。

また、毒性物質を取扱う施設では、災害が発生した場合の影響が極めて大きいことから、万一に備えて散水設備等の除害設備を設置しておくことが望ましい。

カ. 防災設備の保守点検

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、散水設備、消火設備等の防災設備は、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。本調査では、これらの設備に関する平均的な故障率を用いて災害の頻度推定を行ったが、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ものが多く、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、訓練により操作に習熟しておく必要がある。

キ. 事故の早期検知

災害の拡大を防止するには、まず流出、火災、爆発等の事故(異常現象を含む)を早期に検知して、事業所内外の関係者・関係機関に通報するとともに、状況に応じた緊急対応を行う必要がある。そのためには、事業所における防災監視システムと情報伝達システムの機能性が重要になる。防災監視システムの基本的な機能要件としては、主に次のような事項が挙げられ、これらの要件が満たされているかを改めて確認する必要がある。

- 夜間・休日等の人員が少ないときにおいても運転監視が支障なく行えること。
- 異常の早期検知が可能で、かつ検知の信頼性が高いこと。
- 検知情報の判断・判定に対する支援機能を有すること。
- 誤操作の防止措置がとられていること。

ク. 災害の局所化

流出の発生箇所などによっては、遠隔操作による緊急遮断が機能せず、主に災害現場で拡大防止のための活動を行うことも想定される。例えば危険物タンクの場合には、「内容物を空タンクに移送する」、「流出箇所を土嚢などで囲んで流出拡大を防ぎ、漏油の回収をする」といった措置がとられることになり、このような活動を想定した防災体制を整えておくことが必要である。

また、危険物の防油堤内流出が想定される場合には、防油堤内に仕切堤を設けて流出面積を縮小することも影響の低減策となる。

ケ. 災害拡大時の対応

地区によっては、ある程度の時間災害が継続する事態や災害が広範囲に及ぶ事態が想定される。このような場合、発災事業所や共同防災組織の消防隊だけで対応することは困難であり、公設消防機関と協力して消火活動を行うことになる。したがって、発災事業所は直ちに消防機関に通報するとともに、早期に終息できない場合には逐次状況を報告し、災害の拡大に備える必要がある。また、石油コンビナート等防災本部では、発災事業所や消防機関等から迅速に情報収集を行うとともに、災害の拡大状況に応じて防災資機材の調達や国への応援要請の必要性など、総合的な応急活動体制を検討し、迅速に対応措置を講ずる必要がある。

コ. 周辺住民に対する広報活動

毒性ガスを扱うタンクやプラントで災害が発生した場合、影響範囲は火災や爆発に比べてかなり大きくなり、周辺地域の住民などに何らかの影響を与える可能性は否定できない。したがって、災害が早期に終息できない場合には、状況に応じて交通規制を行い、周辺地域の住民等に対して避難を呼びかける必要がある。

また、石油類の火災の場合、輻射熱による直接的な影響はほぼないにしても、走行中の車両に対して煙による視界不良により交通事故を引き起こすことも懸念される。可燃性ガスが拡散した場合には、近くを走行中の車が着火源となることも考えられる。したがって、事業所や防災関係機関では、災害の拡大状況、気象状況(風速・風向)を常時把握し、影響が広域に及ぶと予想される場合には迅速に影響が予想される地域の住民への避難指示や交通規制が行えるような情報伝達体制を整備しておくことが重要である。

【地震時の防災対策(強震動による被害)】

地震時において想定される強震動による被害に対しては、まず施設被害の発生防止を図ることが最も重要である。さらに、発生した被害が大規模災害に発展することのないよう拡大防止対策を充実することも重要であり、そのためには以降に示すような防災対策の実施が望ましい。

サ. 施設の耐震性強化

消防法では、危険物タンクの耐震改修に関し、昭和 52 年以前に設置された旧法タンクのうち旧基準の特定タンク(容量 1,000kl 以上)及び、平成 11 年以前に設置された旧基準の準特定タンク(容量 500kl 以上 1,000kl 未満)について技術上の基準が制定されており、以下のように新基準適合への改修期限が設けられている。

○旧法・旧基準タンク

- ・容量 10,000kl 以上 : 平成 21 年 12 月 31 日
- ・容量 1,000kl 以上 10,000kl 未満 : 平成 25 年 12 月 31 日

○準特定タンク(容量 500kl 以上 1,000kl 未満): 平成 29 年 3 月 31 日

容量 10,000kl 以上の旧法・旧基準タンクについては、ひとつおりの耐震改修は完了しており、これにより大量流出のリスクは以前に比べて低減したと考えられる。10,000kl 未満の旧法・旧基準タンクや準特定タンクについては、まだ未改修のものも残存しており、早急に耐震改修を進めていく必要がある。その場合、火災になりやすい第 1 石油類、あるいは流出したときに影響が大きい毒性の危険物を貯蔵したタンクを優先的に実施していくことが望ましい。また、平成 10 年の政令改正においては、タンク本体とあわせて防油堤や配管の耐震強化が規定されており、これらについてもあわせて実施していく必要がある。このような措置を施すことによって、地震時の危険物流出に伴う火災のリスクがさらに軽減される。

また、高圧ガス施設については、国の耐震告示に基づく耐震設計を行う必要があるが、「千葉県高圧ガス事業所地震対策指針 I・II」を積極的に取入れ、総合的な耐震対策を実施することが望ましい。

シ. 防災設備の信頼性向上

地震により施設が損傷して石油類やガス類が流出したとしても、遮断設備、移送設備、散水設備、消火設備など付設された防災設備が正常に稼働すれば、大規模災害に至る危険性はかなり小さくなる。地震時にこれらの設備が稼働しなくなる主な原因としては、地震による直接的被害も起こりうるが、可能性としては駆動源(特に電力)の喪失の方が高いと考えられる。したがって、事業所においては、できるだけバックアップ用の駆動源を整備し、常用電源が停止した場合でも正常に稼働するようにメンテナンスを行っておくことが望ましい。また、停電時に安全側に作動する設備(例えば緊急遮断設備)、非常電源等で正常に作動する設備、作動不能になる設備等を確認しておき、停電時においてもできるだけ災害を局所化するための対応マニュアルを作成して訓練を行っておく必要がある。

ス. 発災時の応急対応

大規模地震が発生した場合には、コンビナート地区において流出や火災等が多発することも予想される。したがって、危険物タンクなどの施設の耐震強化を講じて被害の発生を減少させるとともに、各事業所において被害の多発を念頭に置いた次のような緊急対応を具体化し、十分に訓練を行っておく必要がある。

- 地震発生直後の監視体制(職員による目視や監視カメラの設置等)
- 施設ごとの災害の発生危険、拡大危険を踏まえた効率的な点検・パトロールの実施
- 職員の非常参集(特に休日・夜間の対応)
- 人員・消防力の効率的な運用

なお、人員・消防力の運用に関しては、共同防災組織ごとに早期に各事業所の被害状況を把握・集約し、被害の重大性に応じて効率的に配分できるような計画を定めておく必要がある。

セ. 広域的な防災体制

地震時には、個々の事業所、共同防災組織内だけでなく、コンビナート地区全体、あるいは市街地なども含めた被災地域全体を見渡した応急対応が必要になってくる。

コンビナート地区に関しては、被害の少ない事業所は被害の多い事業所に応援に駆けつけるなどの事業所間の連携が必要になり、共同防災組織間においても、それぞれが把握した被害情報を共有して被害の程度に応じた協力体制をとることが必要になる。

また、大規模地震が発生した場合、市街地などの一般地域においても多くの被害が発生することから、県や関係市では一般地域とコンビナート地域を含めた被災地全体を見据えた効率的・効果的な災害対応を進めるとともに、コンビナート災害の拡大に備えた県内外の応援体制についても十分に検討しておく必要がある。

ソ. 周辺住民の避難対策

地震時において、コンビナート災害の影響回避のために住民避難を行う場合には、市街地での火災発生状況、道路や橋梁の被害状況、津波の危険性なども考慮すべきであり、被災地域全体の避難の一環として計画を策定しておく必要がある。

【地震時の防災対策(危険物タンクのスロッシング被害)】

消防法告示では、タンク内の液面上部に一定の高さの余裕空間を確保することや、浮き屋根の耐震基準等のスロッシング対策が定められている。余裕空間高さについては、長周期地震動の地域特性に応じた補正係数により最低限の値が示されている。

本調査で収集した3つの想定東海地震の予測波形を用いた評価では、速度応答スペクトルの値が告示の基準を上回る部分がある。しかしながら、これらの速度応答スペクトルの大きさや周期特性には大きな差が見られ、適用にあたってはこれらの妥当性について確認する必

要がある。スロッシング被害は、タンクにどのような地震動が作用するかによって被害程度が異なり、速度応答スペクトルの予測が極めて重要になるが、現時点ではタンク周辺の地下構造等不明確な部分が多く、予測精度についての判断は困難である。

従って、長周期地震動(速度応答スペクトル)の予測結果には大きなばらつきがあることを踏まえた上で、次のような防災体制を確立することが望まれる。

まず、従来の法規制に基づく予防対策(浮き屋根の耐震補強等)をできる限り早期に進めるとともに、最新の成果で、かつ公的機関である地震本部(地震調査研究推進本部)が示す予測波形を用いて評価した速度応答スペクトルの値に対応した防災体制を確立することが重要である。

さらに、想定レベルを超えるスロッシングの発生に備え、発災時の被害の局所化や、限られた対応力の中での効果的・効率的な災害対応、広域的な防災体制の確立など、応急対策の充実に図っていく必要があり、以降に示すような防災対策を実施することが望ましい。また、国等による今後の地震動予測や被害予測に関する成果等を踏まえ、事業所における対策を見直してゆくことも重要である。

タ. 浮き屋根の技術基準の適合促進

2003年十勝沖地震を契機として、危険物タンクのスロッシング対策が見直され、管理液面の低下や浮き屋根の耐震基準への適合などが進められている。千葉県内のコンビナートはスロッシングの影響を受けやすい地域に分類されていることから、スロッシング被害の予防対策は重要である。次の基準への適合に関しては適合期限(平成29年3月31日)が設けられているが、該当タンクについては早急な対応が望ましい。

○浮き屋根の耐震基準への適合

○その他の構造基準(浮き機能の強化、雨水排水配管への遮断弁の設置)への適合

チ. スロッシングによる被害の想定

スロッシングによる被害の発生は、タンクのスロッシング固有周期及びその周期帯における地震波の強度にある程度依存するが、スロッシング固有周期はタンクの液高に応じて変わることから、施設の運転状況を考慮することが望ましい。また、地震波の強度については将来発生する地震の予測が困難であることから、現段階では具体的な対策を立てるためには十分な想定となっていない。今後、地震動評価手法の改良などにより予測結果が改善された場合には、被害想定についても最新の成果を取り込み見直してゆく必要があることから、公的機関は地震動予測や被害予測に関する情報を提供していくことが重要である。

ツ. 防災対応力の把握

東海地震などの巨大地震が発生した場合には、想定を超えるスロッシングや同時多発災害が発生する可能性もあり、今後はそのような場合の応急対応についても検討していく必要が

ある。事業所では、現計画の防災対応力によりどこまで対応が可能かを明確にし、その際には個別のタンクの特性(貯蔵物質、屋根型式、設置場所等)を考慮して、できる限り具体的に検討することが重要である。

テ. 今後の研究・技術開発の必要性

数 m を超える大きなスロッシングが生じた場合には、タンク破損の危険性が高く、液面の低下措置だけで被害を予防することは困難である。このような大きなスロッシングに対しては、スロッシング制振技術の開発などの新たな研究・技術開発、実用化が望まれる。

ト. 浮き屋根の被害状況の把握

地震発生時には迅速に被害状況を点検し、危険性の高い施設を把握する必要があるが、タンク屋根部の確認にはある程度の時間がかかることや、2003年十勝沖地震で見られたように、浮き屋根の損傷状況が十分に確認できない場合もあり得る。リアルタイム被害予測システム(地震特性と施設特性から、地震発生時に被害を受ける可能性が大きいタンクを予測するためのシステムで、最近ではいくつかの導入事例が見受けられる)では、強震動やスロッシングによるタンク被害を予測し、地震の発生時に損傷危険性の高いタンクを把握することができることから、その導入について検討することも有用と考えられる。

ナ. 同時多発災害への対応方策

本調査の結果からは、想定を超えるスロッシングにより複数のタンクで被害が発生し、現計画の防災対応力を超える可能性が示唆されている(ただし、火災となった場合でもコンビナート外に影響が及ぶ危険性は低い)。万一複数タンクで発災した場合には、危険性の高い施設について優先的に対応していくことで、災害の影響を最小化する必要がある。危険性の評価指標としては、タンクの被害程度、貯蔵物質(引火性の高い第1石油類や毒性を有する危険物及びボイルオーバー等の二次災害が予想される油種)、立地条件(他の施設や一般地域に近接するタンク等)といったことが考えられるが、事業所の具体的状況に基づき判断基準を整理しておく必要がある。また、今後は広域的な防災体制についても、一層の充実を図っていく必要がある。

ニ. 周辺住民に対する広報活動

平常時(コ.参照)と同様に、交通規制や周辺住民の避難などの広報体制を整備しておくことが必要である。

【その他の防災対策】

以降は本調査の評価対象外の事項であるが、実施することが望ましい対策事項である。

ヌ. 津波対策

南海トラフでの巨大地震(東海・東南海・南海地震)が発生した場合、当該コンビナート地区に津波が来襲することが懸念される。ただし、中央防災会議の予測によると、津波高は最大でも 1.5m 程度であり(参考資料 9 参照)、浸水したとしても一部の区域に限られる。しかしながら、津波高の予測にはある程度の不確実性があり、各地区では津波来襲に備えた災害対応を検討しておく必要がある。南海トラフでの巨大地震の場合、県内のコンビナート地区の地震動は震度 4 程度であり、強震動により流出や火災などが発生する可能性はほとんどないといえる。ただし、第 4 章で述べたように、長周期地震動に伴うスロッシングによりかなりの被害が発生することが懸念され、スロッシングによる流出や火災と津波による浸水とが重なれば被害が拡大する可能性もある。従って、海岸近くのタンクについては津波の来襲を前提とした災害対応を検討しておく必要がある(台風接近時の高潮についても同様に検討しておく必要がある)。

ネ. 海上流出対策

本調査では陸域における流出・火災などの事故を対象として評価を行ったが、コンビナート地区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必要がある。

石油類が海上に流出する事故としては、地上のタンクから流出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)に流出して海上に流出するケースが考えられ、このような事故は全国的に見ると平常時とときおり発生している。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過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、近年の事故では流出量は多くても数 kl にとどまっている(タンカーの海難事故は除く)。その他、近年では腐食劣化による流出や人為的ミス(確認不十分)による流出事故が見られるが、流出量はわずかである。

以上のことから、平常時における海上流出事故の場合には、流出量は数 kl~10kl 程度と予想される。このような災害の発生・拡大防止のために次のような防災対策を徹底・強化する必要がある。

- 気象条件(風速)が急変したときの入出荷の停止
- 入出荷中の監視体制の強化
- 入出荷時のオイルフェンスの展張

また、地震時においては、危険物タンクの破損により大量の石油類が海上に流出するような事態が考えられる。1978 年の宮城県沖地震では、3 基のタンクの側板から大量の油が噴出し、排水溝を通過してガードベースンに流れ、緊急遮断ゲートを完全に閉鎖することができず海上に流出している。その後消防法の政令等の改正により、危険物施設の定期点検に関する

事項、流出油防止堤の配水系統の基準等が強化されてからこのような大量流出事故は発生していないが、直下で強い地震が発生した場合には一部の脆弱なタンクでは大量の流出が想定され、状況によっては海上に流出する可能性も考えられる。

したがって、特に地震により大量流出が懸念される事業所では、タンクの立地条件、流出油防止堤の状況や周囲の地形条件を詳細に調べ、海上流出の危険性がある場合には、防油堤や流出油防止堤の耐震強化とあわせて、発災時のガードベースンのゲート閉止、オイルフェンスの展張等の緊急措置についてよく検討しておく必要がある。また、万一、大量の危険物が海上に流出・拡大した場合は、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律に基づき、事業所、海上保安本部、公設消防機関などが協力して防除を行う必要があることから、災害拡大時の対応や関係機関の連携体制について再度確認し、円滑な対応が可能となるよう備えておく必要がある。

千葉県石油コンビナート等防災アセスメント
調査結果報告書（概要版）

平成23年3月発行

千葉県石油コンビナート等防災本部
（事務局：千葉県総務部消防地震防災課）

〒260-8667 千葉市中央区市場町1-1
電話 043(223)2173