

第3章 災害想定

石油コンビナート等特別防災区域には、危険物を取り扱う施設が立地しており、事故や自然災害などにより大きな被害が生じる可能性がある。

このため、この地域の防災対策を講じるにあたっては、その区域における危険物施設等の現況を踏まえた事故・自然災害における被害の想定を十分に行う必要がある。

第1節 アセスメント調査について

第1 アセスメント調査に基づく災害想定について

東日本大震災及びその後において発生した石油コンビナート災害における課題を踏まえ、消防庁では平成25年3月に「石油コンビナート等防災体制検討報告書」を公表。

また、平成25年3月に「石油コンビナートの防災アセスメント指針」の改定が行われ、関係道府県に対して、「石油コンビナート等防災計画における災害想定の見直し」を行うよう通知した。

石災法により「石油コンビナート等防災計画を作成し、又は修正しようとするときは、災害の発生のおそれ及び災害による影響について科学的知見に基づく調査、予測及び評価を行うよう努める」こととされているため、本県においては、改定された「石油コンビナートの防災アセスメント指針」に基づく、科学的知見による防災アセスメント調査を平成28年度に行い、今回、その調査結果を基に災害の区分を平常時、地震時、津波想定、大規模災害時に区分した新たな被害想定を行った。

第2 アセスメント調査の概要

1 調査の目的

石油コンビナート等特別防災区域において起こり得る災害の想定を行うため、コンビナート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について、平常時の事故や地震時等における被害の危険性を評価する。

なお、評価手法は「石油コンビナートの防災アセスメント指針（平成25年3月、消防庁特殊災害室）」に示された手法に基づく。

2 調査対象

(1) 対象地域

福島県内の石油コンビナート等特別防災区域（いわき地区、広野地区）

(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）が所有する以下のコンビナート施設で、潜在危険性の大きいものを抽出する。

- ① 危険物タンク（容量500k1以上の屋外タンク貯蔵所）
- ② 高圧ガスタンク（可燃性及び毒性）
- ③ 毒性液体タンク（危険物及び高圧ガスのいずれにも該当しないもの）
- ④ プラント（危険物製造所、高圧ガス製造施設、発電施設等）
- ⑤ タンカー栈橋
- ⑥ パイプライン（危険物配管及び高圧ガス配管）
- ⑦ その他（上記の他特に評価の必要性がある施設）

(3) 対象とする災害

危険物の漏えい・火災、可燃性ガスの漏えい・火災・爆発、毒性ガスの漏えい・拡散等

- ① 平常時（通常作業時）の事故
- ② 地震による被害

- ・短周期地震動（強震動・液状化）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
- ③ 津波による被害
- ④ 大規模災害

3 調査内容

(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 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（地震動予測結果、津波浸水予測結果等）
- ③ 気象データ（風向、風速等）
- ④ その他

(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漏えい・火災、可燃性ガスの漏えい・火災・爆発、毒性ガスの漏えい・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
- 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 短周期地震動による被害

既存の地震動予測結果や東北地方太平洋沖地震で観測された地震動を前提に、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 想定地震の検討
- ② 災害の拡大シナリオの想定
- ③ 災害の発生危険度（確率）の推定
- ④ 災害の影響度の推定
- ⑤ 災害の発生危険度と影響度に基づいた総合的な評価

イ 長周期地震動による被害

既存の地震動予測結果や東北地方太平洋沖地震で観測された長周期地震動を前提に、危険物タンクのスロッシング被害を対象とした以下の評価を行う。

- ① 想定地震の検討
- ② 長周期地震動の地域特性の評価
- ③ 危険物タンクのスロッシング評価（最大波高、溢流量の推定）
- ④ スロッシングによる災害の影響評価

(4) 津波による被害を対象とした評価

既存の津波浸水予測結果や東北地方太平洋沖地震で観測された浸水深を前提として、津波による施設被害を対象とした以下の評価を行う。

- ① 浸水が予想される施設の把握
- ② 浸水が予想される施設の移動被害の評価
- ③ コンビナートが浸水した場合のその他の被害や影響について、過去の被害事例を踏まえた定性的検討

(5) 大規模災害の評価

平常時及び地震時に起こり得る災害の中で、災害の発生危険度は低頻度である（または低頻度であると予想される）が、発生した場合の影響が甚大な災害を対象に、災害影響解析が可能なものについて影響度の評価を行う。また、影響解析が困難なものについては、可能な限り立地条件等を考慮して災害拡大シナリオを想定する。

- ① 評価対象災害の検討

- ② 災害拡大シナリオの想定
- ③ 災害の影響評価

(6) 防災対策の基本的事項の検討

平常時、地震時に起こり得る災害について整理し、各特別防災区域の地域特性を考慮して、事業所や関係行政機関に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。

4 評価対象施設

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。

- ① 危険物タンク：第4類危険物を貯蔵する容量500k1以上の屋外タンク貯蔵所、毒性危険物（下表に該当するもの）を貯蔵する全ての屋外タンク貯蔵所
- ② ガスタンク：可燃性ガスタンク、毒性ガスタンク（下表に該当するもの）
- ③ 毒性液体タンク：下表に該当する毒性液体を貯蔵するタンクで、上記①、②のいずれにも該当しないもの
- ④ プラント：危険物製造所、高圧ガス製造施設、火力発電所の発電設備
- ⑤ タンカー栈橋：石油類・LPG・LNGの入出荷用タンカー栈橋
- ⑥ パイプライン：危険物の移送取扱所または可燃性ガス導管のうち、事業所間を結ぶ導配管、またはタンカー栈橋に接続する入出荷用配管

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
その他の毒性物質		硫化水素、硫黄

評価対象施設数は下表に示すとおりである。

評価対象施設数

施設種類		いわき地区	広野地区	計	
危険物タンク(可燃性)	固定屋根	(※3) 46	2	48	92
	内部浮き蓋	(※3) 13	0	13	
	浮き屋根	24	7	31	
高圧ガスタンク	可燃性	18	0	18	37
	可燃・毒性	8	6	14	
	毒性	5	0	5	
毒性液体タンク		2	0	2	2
プラント	危険物製造所	11	0	11	34
	高圧ガス製造設備	8	0	8	
	発電設備	9	6	15	
タンカー栈橋	石油類	5	2	7	7
パイプライン	危険物配管	6	1	7	11
	高圧ガス導管	2	0	2	
	その他(ガス事業法)	2	0	2	

※1 毒性危険物を貯蔵するタンクは存在しない。

※2 タンカー栈橋のうち、LPG・LNGを取り扱うものは存在しない。

※3 アセスメント調査実施の際の施設数。現在は固定屋根49基、内部浮き蓋14基。

5 調査の概念（評価の方法）

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 25 年）に基づき実施する。この指針に基づく手法の概要は以下のとおりである。

(1) 適用する評価手法

防災アセスメントでは、まず対象施設で平常時や地震時に起こり得る災害の発生・拡大シナリオを想定し、これに基づき災害の発生危険度や影響度の定量的評価を行う。

災害の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（Event Tree Analysis : ETA）を適用する。災害の影響度は、消防庁指針に示された解析モデルを用いて評価を行う。

ただし、災害事象によっては確率的な評価手法が適当ではないものや、必ずしも定量的な評価が可能なものばかりではないことから、そのような災害については確定的な評価手法の採用や、過去の事事例等に基づく定性的な検討を行うことになる。

調査で対象とする災害事象と評価方法の概要を下表に示す。

評価対象災害と評価方法

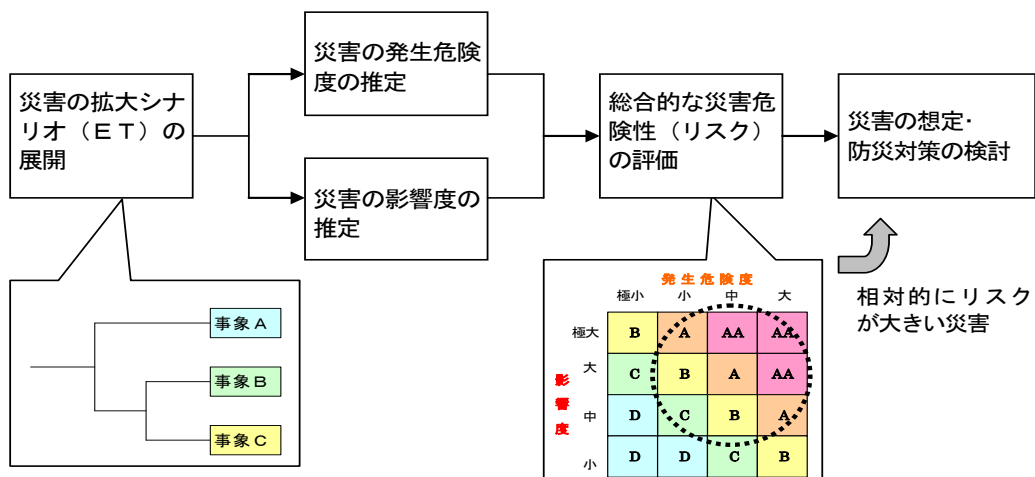
評価対象災害	評価方法
平常時（通常操業時）の事故	イベントツリー解析を適用した確率的評価 ・災害拡大シナリオの想定 ・災害発生危険度の推定
地震（強震動・液状化）による被害	・災害発生危険度の推定 ・災害の影響度の推定 ・総合的な災害危険性の評価
長周期地震動による被害	・災害拡大シナリオの想定 ・危険物タンクのスロッシング最大波高及び溢流量の推定 ・火災が発生した場合の影響を評価
津波による被害	・災害拡大シナリオの想定 ・浸水による危険物タンク移動被害の予測 ・その他の津波被害については、過去の事事例等に基づき定性的に検討
大規模災害	・災害拡大シナリオの想定 ・災害による影響を評価（可能なものについて）

(2) 確率的評価手法

ア 基本的な考え方

評価にあたっては、まずコンビナートに存在する多くの施設（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。選定した施設に対して、下図に示すような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。

防災アセスメントにおけるリスク評価の基本概念



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、想定災害や講ずべき防災対策の検討を行うことになる。

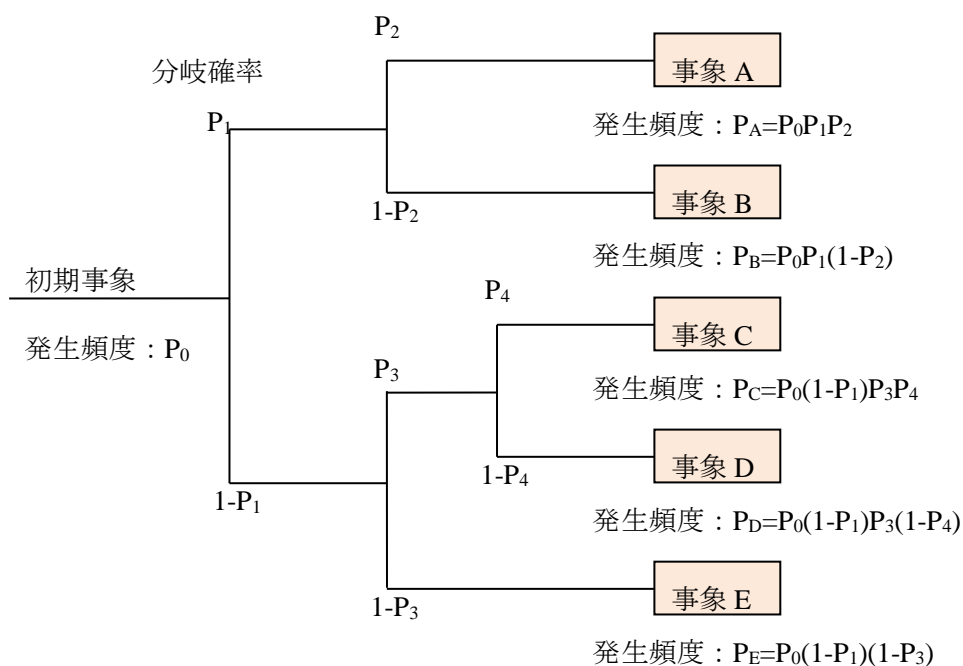
イ 災害拡大シナリオの想定

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、災害拡大シナリオ（イベントツリー：ET）を作成する。

ETは、発端となる事象（初期事象）から出発し、これが拡大していく過程を各種防災設備の成否、火災や爆発の発生の有無などによって枝分かれ式に展開して表した図である。ETに初期事象の発生頻度（あるいは確率）と事象の分岐確率を与えることにより、中間や末端に現われる災害事象が、どの程度の頻度（あるいは確率）で起こり得るかを算出することができる。

初期事象は、原則として災害のきっかけとなるタンクや製造所の内容物の漏えい、あるいは火災や爆発といった、いわゆる「事故」の発生として設定する。事象分岐は、事故が発生したときの防災設備の成否や漏えい物の着火の有無などによる。タンクや製造所に設けられた防災設備は、すべてが事故による被害防止のために重要な役割を持つが、ここでは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。

イベントツリー（ET）の概念図



第2節 平常時の想定災害

第1 評価対象とした災害事象

評価に当たっては、対象施設において起こり得る災害事象を下図のように分類し、区分ごとに災害拡大シナリオ（イベントツリー）を展開して、起こり得る災害事象を抽出した。表1～6に抽出した災害事象を示す。

評価対象施設の区分と災害事象

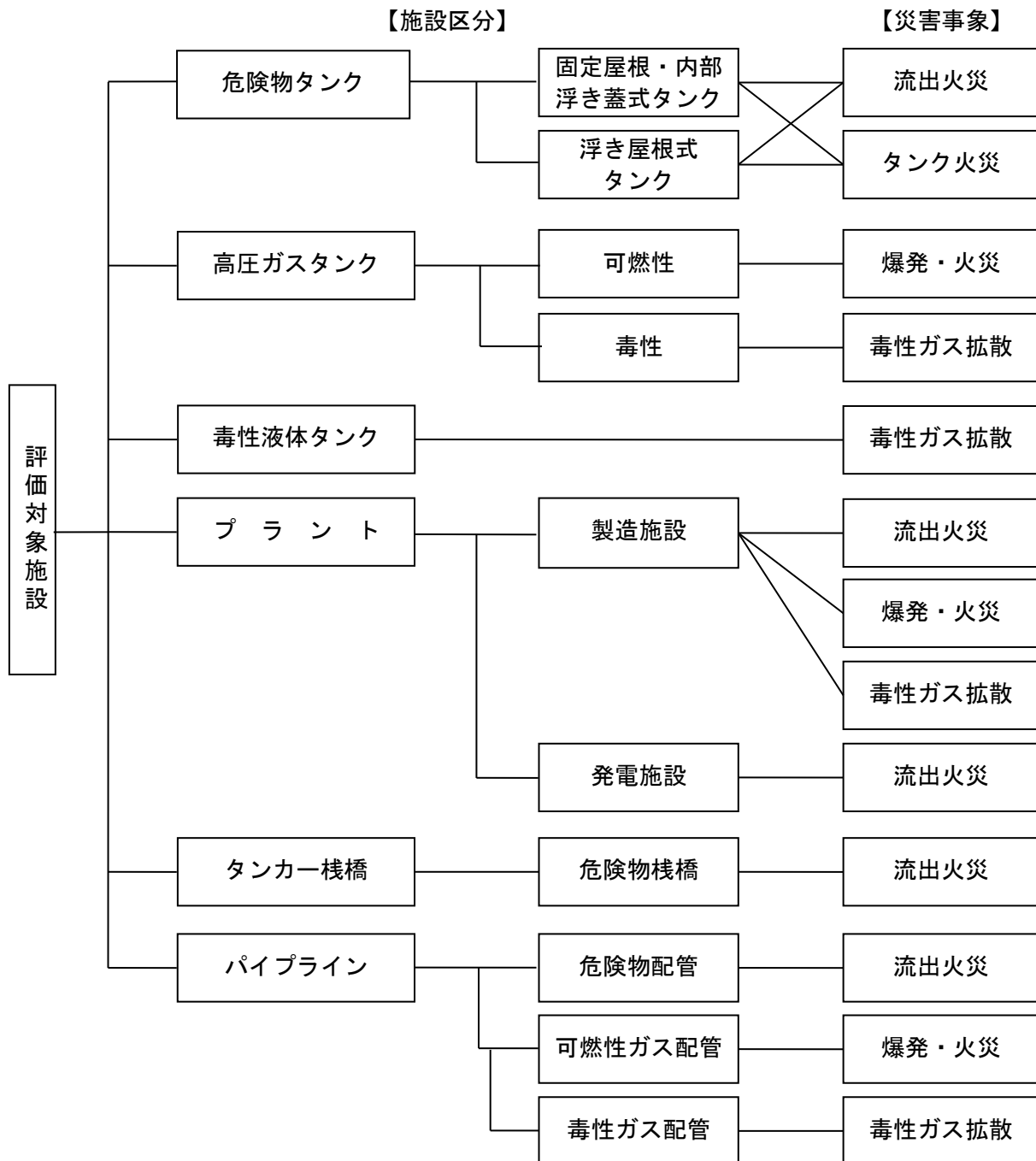


表 1 危険物タンクで起こり得る災害事象

流出火災	少量流出・火災	可燃性液体(危険物)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	可燃性液体の流出停止が遅れ、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	流出した可燃性液体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	流出した可燃性液体が防油堤外に流れて火災となる。
タンク火災	リム火災(浮き屋根式タンク)	浮き屋根シール部で部分的な火災が発生し、泡消火設備により短時間で消火される。
	タンク小火災(固定屋根式・内部浮き蓋付きタンク)	屋根板の損傷箇所等で部分的な火災が発生し、泡消火設備により短時間で消火される。
	リング火災(浮き屋根式タンク)	初期消火に失敗し、浮き屋根シール部でリング状に火災が拡大する。
	タンク全面火災	火災がタンクのほぼ全面に拡大する。
	タンク全面・防油堤火災	ボイルオーバーにより内容物がタンク外に飛散し、火災がタンク周辺に大規模に拡大する。

注 1) 内部浮き蓋付きタンクとは、タンク内部の液面上に浮き蓋を有する固定屋根式の屋外貯蔵タンクをいう(以下同様)。

注 2) ボイルオーバーによるタンク全面・防油堤火災は、大規模災害として評価する(第 6 章)。

表 2 高圧ガスタンク・毒性液体タンクで起こり得る災害事象

可燃性ガス	少量流出・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。流出したガスに着火して爆発または火災が発生する。
	中量流出・爆発火災	緊急遮断に失敗し、流出はしばらく継続して停止する。流出した可燃性ガスに着火して爆発または火災が発生する。
	大量流出・爆発火災	流出を停止できず緊急移送により対処する。大量に流出した可燃性ガスに着火して爆発または火災が発生する。
	全量流出・爆発火災	タンク内にあるガスが全量流出する。流出した可燃性ガスに着火して爆発または火災が発生する。
毒性ガス	少量流出・毒性拡散	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・毒性拡散	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・毒性拡散	流出を停止できず緊急移送により対処する。毒性ガスが大量に流出して大気中に拡散する。
	全量流出・毒性拡散	タンク内にある毒性ガスが全量流出して大気中に拡散する。

注) 可燃性かつ毒性の物質については、爆発火災及び毒性ガス拡散の双方について評価を行う。

表3 プラント(製造施設)で起こり得る災害事象

可燃性物質	小量流出・爆発火災	小量(ユニット内の一部)の可燃性物質(可燃性液体または可燃性ガス)が流出し、周辺で爆発または火災が発生する。
	ユニット全量流出・爆発火災	ユニット内容物の全量の可燃性物質が流出し、爆発または火災が発生する。
	大量流出・爆発火災	大量(複数のユニット)の可燃性物質が流出し、爆発または火災が発生して長時間継続する。
毒性物質	小量流出・毒性拡散	小量(ユニット内の一部)の毒性物質(毒性液体または毒性ガス)が流出し、大気中に拡散する。
	ユニット全量流出・毒性拡散	ユニット内容物の全量の毒性物質が流出し、大気中に拡散する。
	大量流出・毒性拡散	大量(複数のユニット)の毒性物質が流出し、大気中に拡散して長時間継続する。

注) 可燃性かつ毒性の物質については、爆発火災及び毒性ガス拡散の双方について評価を行う。

表4 プラント(発電施設)で起こり得る災害事象

小量流出・火災	可燃性物質(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	可燃性物質が流出し、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	可燃性物質が流出し、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5 タンカー棧橋で起こり得る災害事象

小量流出・火災	可燃性物質が流出し、タンカー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	可燃性物質が流出し、タンカー棧橋周辺で火災となる。流出を停止できず流出は長時間継続する。

表6 パイプラインで起こり得る災害事象

可燃性物質	小量流出・爆発火災	可燃性物質が流出し、周辺で火災または爆発となる。緊急遮断により流出は短時間で停止する。
	大量流出・爆発火災	可燃性物質が流出し、周辺で火災または爆発となる。流出を停止できず流出は長時間継続する。
毒性物質	小量流出・毒性拡散	少量の毒性物質が流出し、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。
	大量流出・毒性拡散	大量の毒性物質が流出し、大気中に拡散する。流出を停止できず流出は長時間継続する。

第2 災害危険性の評価と想定災害の抽出

評価対象とした個々の施設について、起こり得る災害の発生危険度と影響度を推定し、この両者をもとに次のような考え方で想定災害を抽出した。下表に、平常時の想定災害とその影響度を示す。

○第1段階の想定災害：災害発生危険度 B レベル以上

・ 10^{-5} /年以上の頻度で発生すると考えられる災害

⇒現実的に起こり得ると考えて対策を検討しておくべき災害(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 レベル

・ 10^{-6} /年の頻度で発生すると考えられる災害

⇒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)

平常時の想定災害（いわき地区）

施設	災害事象	想定災害	影響
危険物 タンク	流出火災	第1段階：小量・中量流出火災 第2段階：中量・防油堤内流出火災	第1段階：V～IVレベル(～50m) 第2段階：V～IIレベル(～200m)
	タンク火災	第1段階：タンク小火災/リム火災 第2段階：タンク小火災/リム火災・タンク 全面火災	第1段階：Vレベル(～20m) 第2段階：V～IVレベル(～50m)
高圧ガス タンク	爆発火災	第1段階：小量流出爆発火災 第2段階：中量・大量・全量流出爆発火 災	第1段階：V～IIIレベル(～100m) 第2段階：V～IIIレベル(～100m)
高圧ガス タンク・毒性 液体タンク	毒性ガス 拡散	第1段階：小量・中量流出毒性ガス拡散 第2段階：小量・中量・大量・全量流出毒 性ガス拡散	第1段階：IV～Iレベル(200m～) 第2段階：III～Iレベル(200m～)
プラント (製造施設)	流出火災	第1段階：小量・ユニット内全量・大量流 出火災	第1段階：V～IVレベル(～50m)
	爆発火災	第1段階：小量・ユニット内全量・大量流 出爆発火災	第1段階：V～Iレベル(200m～)
	毒性ガス 拡散	第1段階：小量流出毒性ガス拡散 第2段階：ユニット内全量流出毒性ガス 拡散	第1段階：Iレベル(200m～) 第2段階：Iレベル(200m～)
プラント (発電施設)	流出火災	第1段階：小量・中量流出火災	第1段階：Vレベル(～20m)
タンカー棧 橋	流出火災	第1段階：小量・大量流出火災 第2段階：大量流出火災	第1段階：Vレベル(～20m) 第2段階：IVレベル(～50m)
パイプライン	流出火災	第1段階：小量流出火災 第2段階：大量流出火災	第1段階：Vレベル(～20m) 第2段階：V～IVレベル(～50m)
	爆発火災	第1段階：小量流出爆発火災	第1段階：IVレベル(～50m)
	毒性ガス 拡散	第1段階：小量流出毒性ガス拡散	第1段階：IIレベル(～200m)

平常時の想定災害（広野地区）

施設	災害事象	想定災害	影響
危険物タンク	流出火災	第1段階: 少量流出火災 第2段階: 中量流出火災	第1段階: Vレベル(～20m) 第2段階: IVレベル(～50m)
	タンク火災	第2段階: タンク小火災/リム火災・タンク全面火災	第2段階: V～IIレベル(～200m)
高圧ガスタンク	爆発火災	第1段階: 少量流出爆発火災 第2段階: 中量・全量流出爆発火災	第1段階: IVレベル(～50m) 第2段階: IVレベル(～50m)
	毒性ガス拡散	第1段階: 少量流出毒性ガス拡散 第2段階: 中量・全量流出毒性ガス拡散	第1段階: Iレベル(200m～) 第2段階: Iレベル(200m～)
プラント (発電施設)	流出火災	第1段階: 少量・中量流出火災	第1段階: Vレベル(～20m)
タンカー棧橋	流出火災	第1段階: 少量流出火災 第2段階: 大量流出火災	第1段階: Vレベル(～20m) 第2段階: Vレベル(～20m)
パイプライン	流出火災	第1段階: 少量流出火災 第2段階: 大量流出火災	第1段階: Vレベル(～20m) 第2段階: Vレベル(～20m)

第3節 地震時の想定災害（短周期地震動による被害）

第1 地震の想定

福島県の地震・津波被害想定調査（平成7～9年度）では、福島県に影響を及ぼす地震として、地震調査研究推進本部が主要活断層帯として示している3つの活断層（福島盆地西縁断層帯地震、会津盆地西縁断層帯地震、双葉断層地震）を震源とする地震と、プレート境界で発生する海溝型の地震として福島県沖地震を想定し、地震動予測を行っている。

しかし、コンビナートにおいてこれらの想定地震は必ずしも最大とはならないことから、主要活断層以外の活断層も含めて検討を行い、コンビナートに最も影響を及ぼすと考えられる地震として、どこでも起こり得ると考えられるM6.9直下地震と、活断層（井戸沢断層、双葉断層南部）を震源とする地震を想定し、簡易的な手法により地表における地震動の予測を行った。

これらの予測結果から、いわき地区においてはM6.9直下地震が、広野地区については双葉断層南部の地震がより大きくなる。

石油コンビナート周辺の活断層の位置図



想定地震（短周期地震による被害の評価）

区域名	想定地震
いわき地区	○M6.9 直下地震 ○井戸沢断層の地震
広野地区	○M6.9 直下地震 ○双葉断層南部の地震

注) M6.9直下地震とは、M6クラスの地震は地表に活断層が認められなくともどこでも起こり得ることから、対象地域の直下に仮想的に震源断層を想定し、地震の規模をM6クラスの最大であるM6.9としたものである。

第2 評価対象とした災害事象

短周期地震動（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、事象の種類や初期事象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。ただし、地震時の危険物タンク火災は、主としてスロッシングによる被害と考えられるため、ここでは除外し、長周期地震動による被害として評価した。

第3 災害危険性の評価と想定災害の抽出

平常時と同様に、評価対象とした個々の施設について災害の発生危険度と影響度を推定し、この両者をもとに次のような考え方で想定災害を抽出した。

○第1段階の想定災害：災害発生危険度 B レベル以上

- ・ 10^{-3} 以上の確率で発生すると考えられる災害

（地震発生時に1,000施設のうち1施設で発生すると考えられる災害）

⇒現実的に起こり得ると考えて対策を検討しておくべき災害(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 レベル

- ・ 10^{-4} の確率で発生すると考えられる災害

（地震発生時に10,000施設のうち1施設で発生すると考えられる災害）

⇒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)

地震時の想定災害とその影響度について、M6.9直下地震を前提とした場合の評価結果を表3-1～3-2に、活断層（井戸沢断層、双葉断層南部）を前提とした場合の評価結果を表3-3～3-4に示す。なお、タンカー・栈橋及びパイプラインの地震による被害（表3-5）については、確率的な評価手法を用いることは適当ではないと考えられることから、過去の被害事例に基づき、被害発生の可能性について検討した。

（表 3-1） 地震時の想定災害（M6.9直下地震、いわき地区）

施設	災害事象	想定災害	影響
危険物タンク	流出火災	第1段階：小量・中量流出火災 第2段階：小量・中量・仕切堤内・防油堤内流出火災	第1段階：V～IVレベル（～50m） 第2段階：V～IIレベル（～200m）
高圧ガスタンク	爆発火災	第1段階：小量流出爆発火災 第2段階：小量・中量流出爆発火災	第1段階：V～IIIレベル（～100m） 第2段階：V～IIIレベル（～100m）
高圧ガスタンク・毒性液体タンク	毒性ガス拡散	第1段階：小量・中量流出毒性ガス拡散 第2段階：小量・中量・全量流出毒性ガス拡散	第1段階：IV～Iレベル（200m～） 第2段階：III～Iレベル（200m～）
プラント （製造施設）	流出火災	第1段階：小量・ユニット内全量流出火災 第2段階：ユニット内全量・大量流出火災	第1段階：V～IVレベル（～50m） 第2段階：V～IVレベル（～50m）
	爆発火災	第1段階：小量流出爆発火災 第2段階：小量・ユニット内全量流出爆発火災	第1段階：V～IIIレベル（～100m） 第2段階：III～Iレベル（200m～）
	毒性ガス拡散	第1段階：小量・ユニット内全量流出毒性ガス拡散 第2段階：大量流出毒性ガス拡散	第1段階：Iレベル（200m～） 第2段階：Iレベル（200m～）
プラント （発電施設）	流出火災	第1段階：小量流出火災	第1段階：Vレベル（～20m）

(表 3-2) 地震時の想定災害 (M6.9 直下地震、広野地区)

施設	災害事象	想定災害	影響
危険物タンク	流出火災	第1段階: 小量流出火災 第2段階: 小量・中量流出火災	第1段階: Vレベル(～20m) 第2段階: V～IVレベル(～50m)
高圧ガスタンク	爆発火災	第1段階: 小量流出爆発火災 第2段階: 小量流出爆発火災	第1段階: IVレベル(～50m) 第2段階: IVレベル(～50m)
	毒性ガス拡散	第1段階: 小量流出毒性ガス拡散	第1段階: Iレベル(200m～)
プラント (発電施設)	流出火災	第2段階: 小量流出火災	第2段階: Vレベル(～20m)

(表 3-3) 地震時の想定災害 (活断層を震源とする地震、いわき地区)

施設	災害事象	想定災害	影響
危険物タンク	流出火災	第2段階: 小量・中量流出火災	第2段階: V～IVレベル(～50m)
高圧ガスタンク	爆発火災	第1段階: 小量流出爆発火災 第2段階: 小量流出爆発火災	第1段階: V～IIIレベル(～100m) 第2段階: V～IIIレベル(～100m)
高圧ガスタンク・毒性液体タンク	毒性ガス拡散	第1段階: 小量流出毒性ガス拡散 第2段階: 小量・中量流出毒性ガス拡散	第1段階: II～Iレベル(200m～) 第2段階: IV～Iレベル(200m～)
プラント (製造施設)	流出火災	第1段階: 小量流出火災 第2段階: 小量・中量流出火災	第1段階: Vレベル(～20m) 第2段階: V～IVレベル(～50m)
	爆発火災	第1段階: 小量流出爆発火災 第2段階: 小量・中量流出爆発火災	第1段階: V～IIIレベル(～100m) 第2段階: III～Iレベル(200m～)
	毒性ガス拡散	第1段階: 小量・中量流出毒性ガス拡散	第1段階: Iレベル(200m～)
プラント (発電施設)	流出火災	第2段階: 小量流出火災	第2段階: Vレベル(～20m)

(表 3-4) 地震時の想定災害 (活断層を震源とする地震、広野地区)

施設	災害事象	想定災害	影響
危険物タンク	流出火災	第1段階: 小量・中量流出火災 第2段階: 小量・中量・仕切堤内・防油堤内流出火災	第1段階: V～IVレベル(～50m) 第2段階: V～Iレベル(200m～)
高圧ガスタンク	爆発火災	第1段階: 小量流出爆発火災 第2段階: 中量流出爆発火災	第1段階: IVレベル(～50m) 第2段階: IVレベル(～50m)
	毒性ガス拡散	第1段階: 小量流出毒性ガス拡散 第2段階: 中量流出毒性ガス拡散	第1段階: Iレベル(200m～) 第2段階: Iレベル(200m～)
プラント (発電施設)	流出火災	第1段階: 小量流出火災	第1段階: Vレベル(～20m)

(表 3-5) 地震時の想定災害（タンカー棧橋及びパイプライン）

施設	地震動による被害発生の危険性
タンカー 棧橋	<ul style="list-style-type: none">・地震による被害が発生したとしても、入出荷中でなければ流出量は少量にとどまり、火災となる危険性は低いと考えられる。入出荷中の場合には、破損箇所によっては大量流出の可能性がある。・オイルフェンスは入出荷時常に展開している場合と漏えい発生時に展開する場合があるが、入出荷中は常時監視が行われていることから、流出が広範囲に拡大する危険性は低いものと考えられる。・地震により護岸の損壊が生じた場合や、津波警報が発表された場合などには、オイルフェンスの展開に支障が出る可能性があり、そのような場合には海上に流出し、広範囲に拡散することが懸念される。
パイプ ライン	<ul style="list-style-type: none">・一般的に、導配管は変位吸収能力があり、構造上の観点からはその他の施設よりも損傷の危険性は低いものと思われる。しかしながら、対象としているパイプラインには液状化対策未実施のものもあり、このような配管では流出事故が発生する可能性があると考えられる。・高圧ガス導管のうち管径 100A 以下で液状化対策未実施のものについては、管種、直線長等の詳細な確認が必要であるが、長柱座屈によるガスの流出の可能性はある。・通常は地震発生時に緊急停止・遮断が行われることから、大規模な流出や火災に至る危険性は低いと考えられる。

第4節 長周期地震動によるスロッシング被害の想定

第1 検討にあたっての前提

危険物タンクでは、長周期地震動の影響によりスロッシング（液面揺動）が発生し、浮き屋根の損傷や内容物の溢流などの被害が生じる危険性がある。消防法では、スロッシングが発生しても内容物の溢流が生じないように、スロッシングによる最大波高を想定した液面管理（タンク上部に余裕空間を確保する）が定められているが、想定を超える大きさの長周期地震動がタンクに作用した場合には、被害が生じる可能性がある。

スロッシング被害を引き起こすような長周期地震動は、海溝型の巨大地震により生じやすい。福島県のコンビナートに最も影響を及ぼすと考えられる2011年東北地方太平洋沖地震（2011.3.11 14:46 Mw9.0）を対象として、スロッシング最大波高及び溢流量を評価し、タンク屋根形式別にスロッシングによる災害の発生危険性を整理した。なお、実際には2011年の地震で大きなスロッシング被害は発生していないが、スロッシング被害の程度はタンクの液高に依存するため、タンク満液時を仮定して評価を行っている。さらに、スロッシング最大波高が余裕空間高さを上回るタンクについては、火災が発生する危険性があるものと考え、タンク全面火災及び防油堤内流出火災が発生した場合の影響度を推定した。

第2 スロッシング最大波高及び溢流量

2011年東北地方太平洋沖地震により、危険物タンク（満液時）で想定されるスロッシング最大波高の評価結果を下表に示す。また、満液時にスロッシング最大波高が余裕高さをを超える可能性のあるタンク（24基）について、最大溢流量を推定すると、各タンクの最大溢流量は約1～140klとなり、溢流量の合計は850klとなった。

なお、固定屋根式タンクや内部浮き蓋付きタンクの場合、スロッシングにより液面が揺動して屋根に達したとしても溢流が生じるとは限らないが、危険物タンクは放爆構造により、側板と屋根との接合部が弱く作られていることから、溢流する可能性があると考えられる。

東北地方太平洋沖地震によるスロッシング最大波高とタンク余裕空間高さの比較（満液時）

最大波高が余裕空間高さを	いわき地区				広野地区		計
	固定屋根	内部浮き蓋	浮き屋根(S)	浮き屋根(D)	固定屋根	浮き屋根(D)	
超えない	27	9	16	7	2	7	68
超える	19	4	1	0	0	0	24
計	46	13	17	7	2	7	92

注1) 浮き屋根について、S：シングルデッキ、D：ダブルデッキ（以下同様）。

注2) 計算誤差を考慮して、スロッシング最大波高と余裕空間高さとの差が0.1mより大きい場合に「最大波高が余裕空間高さをを超える」とする（以下同様）。

第3 スロッシングによる災害の発生危険性

スロッシングによる災害の発生危険性をタンク屋根形式別に下表に示す。

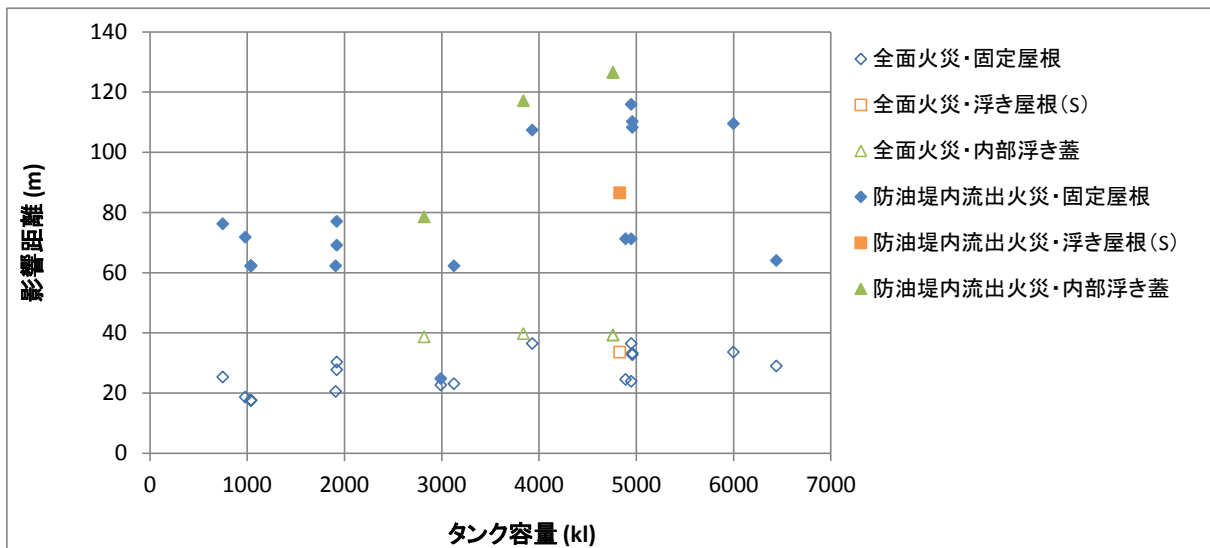
東北地方太平洋沖地震によるスロッシング被害の発生危険性

屋根形式	被害発生の危険性
浮き屋根式	シングルデッキタイプの浮き屋根式タンク 1 基において、スロッシング最大波高(約 1.8m)が余裕空間高さを上回り、約 10kl の溢流が想定されている。貯蔵物質は引火危険性の高い第 1 石油類であることから、溢流が生じた場合には火災に至る危険性が高い。
内部浮き蓋式	4 基の内部浮き蓋付きタンクにおいて、スロッシング最大波高が余裕空間高さを上回る。最大波高は 2~2.5m 程度であり、固定屋根を損傷して溢流が生じる危険性があると考えられる。貯蔵物質はいずれも第 1 石油類であることから、溢流が生じた場合には火災に至る危険性が高い。 また、浮き蓋の技術基準に未適合のタンクはないが、波高が大きいことから、浮き蓋上への油の流出や浮き蓋の損傷の可能性がある。浮き蓋上への流出が生じた場合には、上部空間に可燃性混合気を形成し、着火・爆発してタンク火災となる可能性も考えられる。
固定屋根式	19 基の固定屋根式タンクにおいて、スロッシング最大波高が余裕空間高さを上回る。最大波高は 1.1~3.2m 程度であり、固定屋根を損傷して溢流が生じる危険性があると考えられる。第 1 石油類を貯蔵するタンクでは、溢流が生じた場合に火災に至る危険性が高い。

第 4 災害(火災)による影響

スロッシング最大波高が余裕高さを超える可能性のあるタンクについて、タンク全面火災及び防油堤内全面火災による放射熱の影響を評価すると、タンク全面火災の影響距離は最大約 40m、防油堤内流出火災の影響距離は最大約 130m となった(下図)。

タンク全面火災及び防油堤内全面火災の影響距離



第5 節 津波による被害の想定

第1 検討にあたっての前提

いわき市では、東日本大震災を教訓として、最大規模の地震（2011年東北地方太平洋沖地震（再来シミュレーション）、茨城県沖地震（延宝房総沖地震）、福島県沖地震（福島県高角断層））による津波を想定した浸水予測調査が行われている。これらの津波による最大の浸水深を前提として危険物タンク（最小貯蔵率を仮定）の移動被害を評価し、その他の施設については、東日本大震災での被害事例に基づき、被害の発生危険性を定性的に検討した。

また、広野町では、調査時点において津波浸水予測が行われていないことから、2011年東北地方太平洋沖地震で観測された津波浸水深に基づき、危険物タンクの移動被害を評価した。

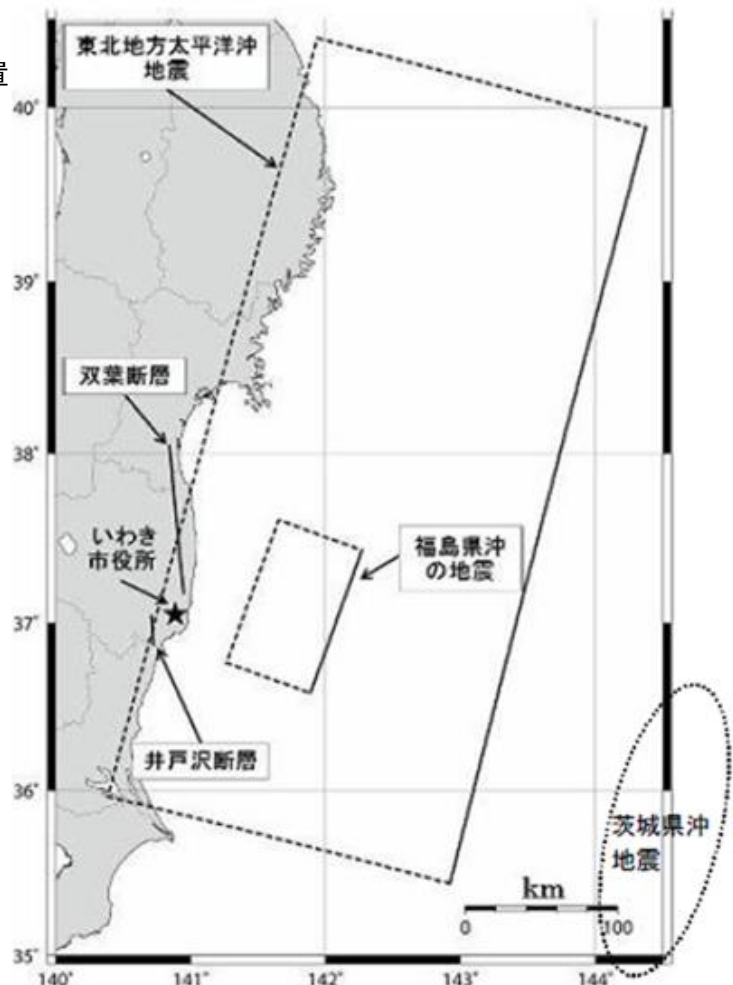
第2 津波の想定

1 いわき地区

図1-1及び下表に評価対象地震の断層位置と概要を示す。また、図1-2～1-4にいわき地区のコンビナートにおける津波の浸水予測結果を示す。

浸水深は場所による違いがあるが、概ね2011年東北地方太平洋沖地震（再来シミュレーション）>茨城県沖地震>福島県沖地震の順となる。2011年東北地方太平洋沖地震（再来シミュレーション）の浸水予測結果は、震災後の地盤沈下を見込んだものであることや、潮位条件を朔望平均満潮位としているために、浸水域は2011年東北地方太平洋沖地震（実際）よりも広がっている。一方、福島県沖地震は比較的浸水深が小さいものの、津波到達時間は最も早い（いわき市では20～30分）とされている。

（図1-1） 評価対象地震の断層位置



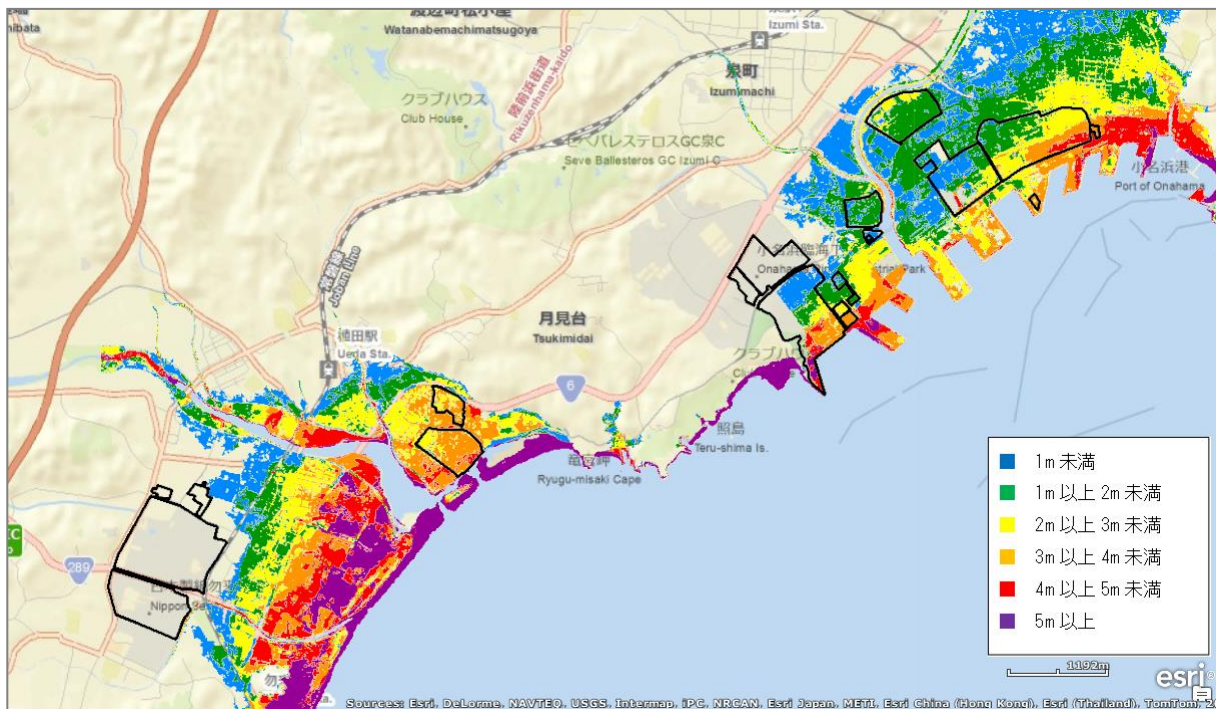
出典) いわき市防災会議：いわき市地域防災計画－地震・津波災害対策編－（平成27年8月修正）

津波被害の評価対象地震

地震名	2011年東北地方太平洋沖地震 (再来シミュレーション)	茨城県沖地震 (延宝房総沖地震)	福島県沖地震 (福島県高角断層)
地震規模	Mw9.0	Mw8.4	Mw8.1
断層長	510km	-	93km
断層モデル	東北大モデル v1.1 (2011)	茨城県モデル (2012)	福島県モデル (2007)
概要	2011.3.11 東北地方太平洋沖地震による岩手県・宮城県・福島県の浸水深等を踏まえて作成されたモデル	1677年延宝房総沖地震の断層パラメータを基本としたモデル	最大規模の津波を想定するため、福島県高角断層の地震規模を変更したものの

出典) いわき市防災会議：いわき市地域防災計画－地震・津波災害対策編－（平成27年8月修正）

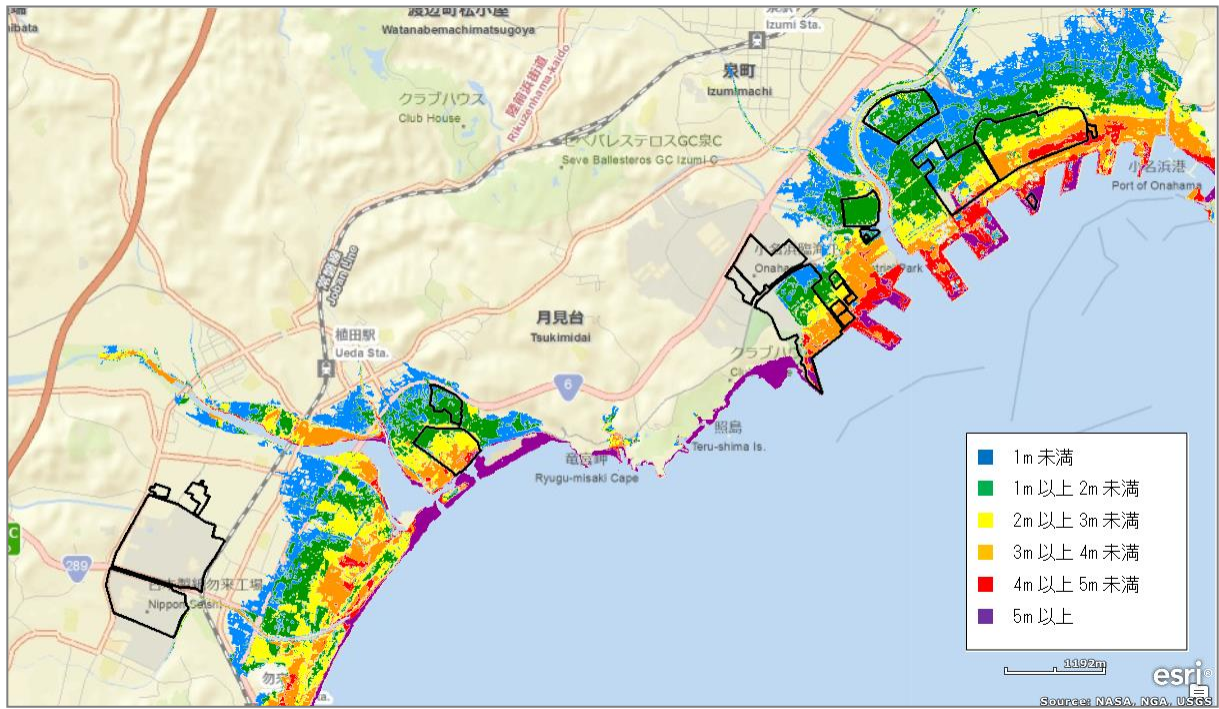
(図 1-2) 2011年東北地方太平洋沖地震（再来シミュレーション）の津波浸水深（朔望平均満潮位）



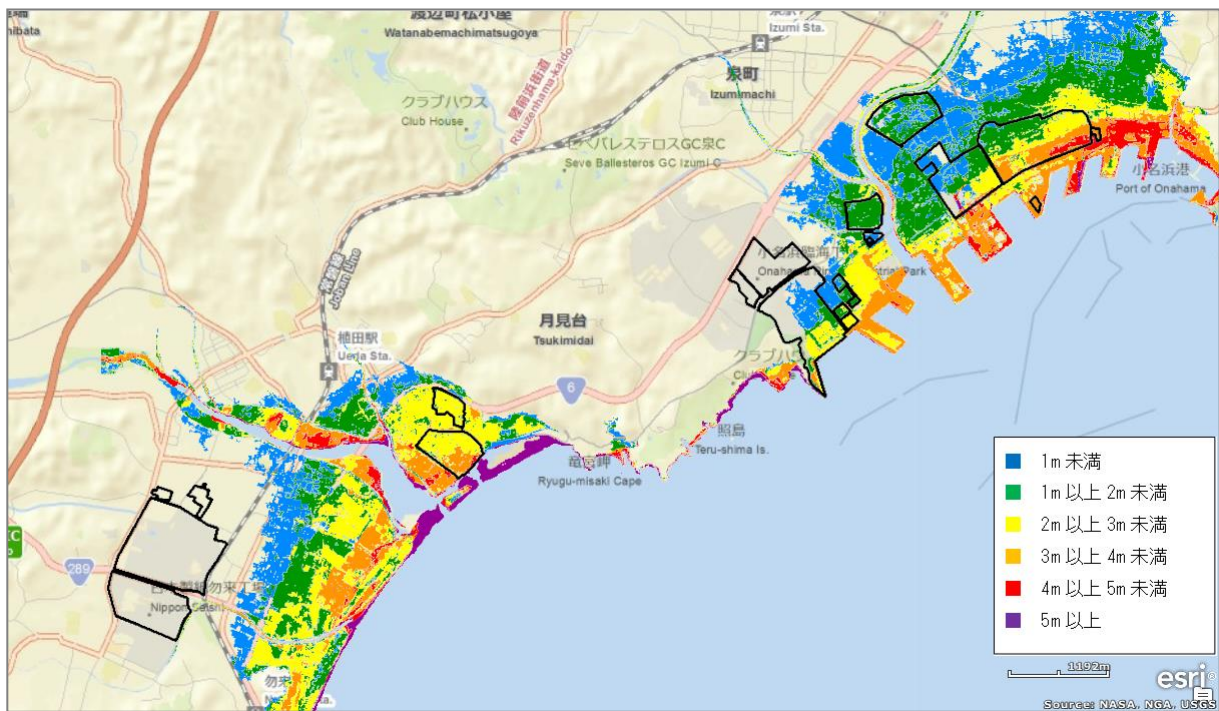
※黒線は特定事業所の敷地境界線を表す（以下同様）。

注) 2011年東北地方太平洋沖地震（再来シミュレーション）の浸水予測結果は、震災後の地盤沈下を見込んだものであることや、潮位条件を朔望平均満潮位としているために、浸水域は2011年東北地方太平洋沖地震（実際）よりも広がっている。

(図 1-3) 茨城県沖地震の津波浸水深 (朔望平均満潮位)



(図 1-4) 福島県沖地震の津波浸水深 (朔望平均満潮位)



下表に施設種別毎の浸水施設数を示す。3 地震共に、浸水施設数は同じとなった。

浸水施設数（いわき地区）

施設種類	危険物タンク	高圧ガスタンク	毒性液体タンク	プラント	タンカー棧橋	パイプライン
浸水施設数/ 全施設数	63/83	25/31	2/2	17/28	4/5	8/10

注 1)3 地震共に浸水施設数は同じである。

注 2)タンカー棧橋のうち沖合にある 1 施設については浸水の有無が評価されていない。

注 3)パイプラインは一部が浸水する場合でも浸水ありとした。

2 広野地区

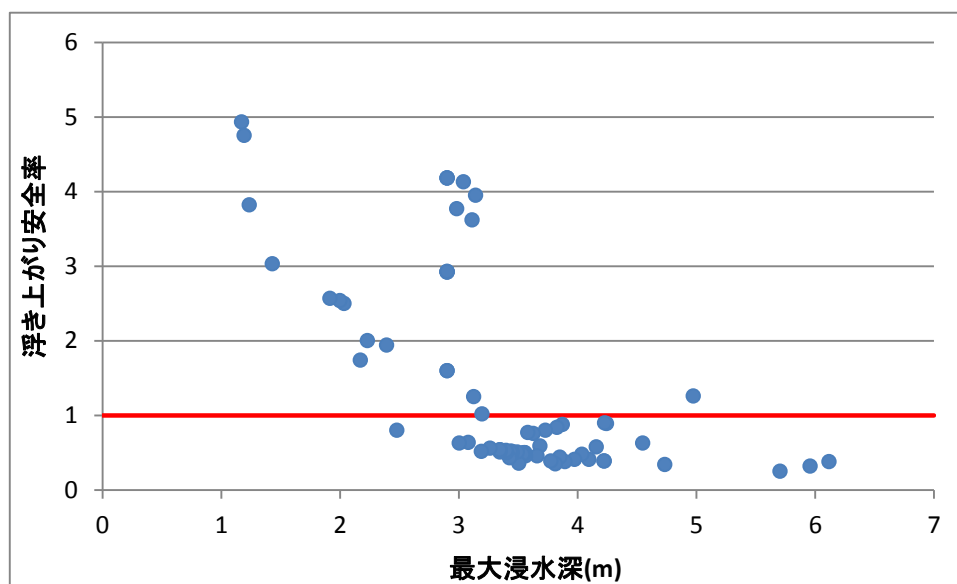
調査時点において、広野町では津波浸水予測が行われていないことから、2011 年東北地方太平洋沖地震（実際）による浸水深に基づき、コンビナートの津波被害の危険性を検討した。最近の報告によると、広野火力発電所では南側から流入した津波により敷地全域が浸水し、事務本館周辺で 4.0m、発電所本館で 2.0m、危険物タンクにおいては 2.9m の浸水深が確認されている。

第3 危険物タンクの移動被害の評価

いわき地区については、いわき市による 2011 年東北地方太平洋沖地震（再来シミュレーション）、茨城県沖地震（延宝房総沖地震）、福島県沖地震（福島県高角断層）の津波浸水予測結果（3 地震のうち最も大きい値）に基づき、広野地区については 2011 年東北地方太平洋沖地震（実際）に基づき、危険物タンク（最小貯蔵率）の移動被害発生の有無を評価した。

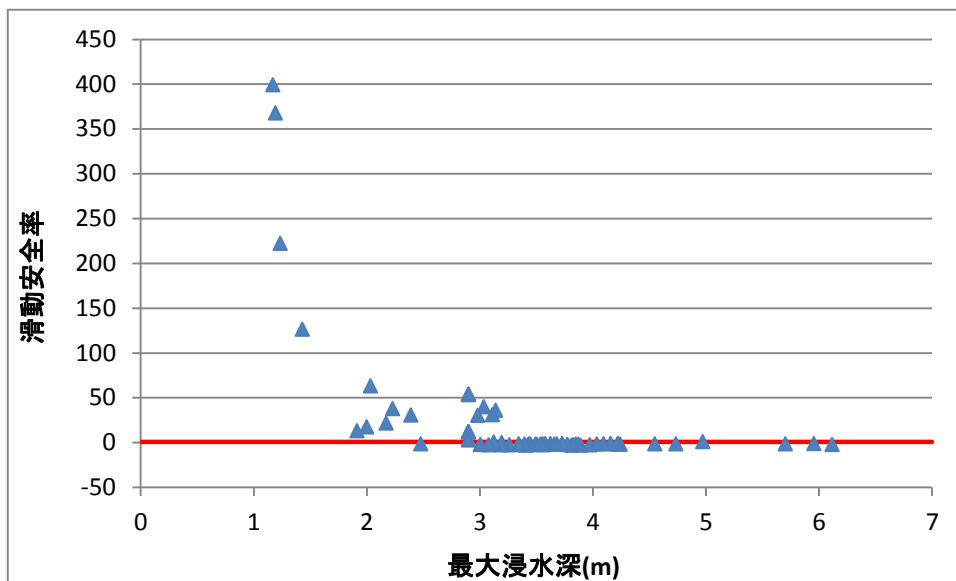
下図にシミュレーションの評価結果を示す。

シミュレーションの評価結果（浮き上がり）



注) 安全率が 1（赤線）以下で浮き上がりの可能性がある。

シミュレーションの評価結果（滑動）



注) 安全率が1（赤線）以下で滑動の可能性がある。

浮き上がり及び滑動の安全率が1以下の場合には被害発生の可能性はあるが、該当タンク数及び想定される流出量は下表に示すとおりである。

移動被害の危険性のある危険物タンク数と想定流出量（最小貯蔵率）

地区	被害施設数(浮き上がり)	被害施設数(滑動)	想定流出量(kl)
いわき	46	48	117,470
広野	0	0	0

注) 想定流出量は、浮き上がりまたは滑動が発生した場合にはタンク内の全量が流出するものと考え、被害タンクの貯蔵量（最小貯蔵率を仮定）を地区全体で合計したものである。

浮き上がりまたは滑動が生じた場合、配管の破断が生じると配管内の危険物が流出し、タンク元弁の閉止失敗やタンク本体の損傷が生じると、タンク内に貯蔵されている危険物の流出が生じ得る。ここでは、浮き上がりまたは滑動が発生した場合にはタンク内の全量（最小貯蔵率を仮定）が流出するものと考え、想定流出量の総量を算出している。

第4 津波による被害の発生危険性

危険物タンク、高圧ガスタンク、その他の施設について、津波による被害の発生危険性を表 4-1～4-3 に示す。

(表 4-1) 津波による被害の発生危険性 (危険物タンク)

施設種別	被害発生の危険性
配管の破損による漏えい	東日本大震災の被害事例から、浸水深が 2.5m を超えると付属配管等の被害が生じる危険性が指摘されている。津波浸水予測が行われているいわき地区では、浸水深が 2.5m を超えると予想されるタンクがあり、これらのタンクでは配管が破損し、危険物が流出する可能性がある。津波到達時間や浸水深によっては、緊急遮断やバルブ手動閉止に失敗する危険性があり、流出量が大きくなることが想定される。また、浸水深が大きい場合には防油堤や流出油防止堤が機能せず、事業所内外へ流出範囲が拡大する可能性がある。
タンクの移動・転倒	危険物タンクの移動被害の評価結果から、最小貯蔵率の場合には一部のタンクで滑動や浮き上がりが発生し、危険物が流出する。滑動や浮き上がりが生じた場合には配管やタンク本体の破損により、危険物が流出する可能性がある。破損状況や浸水状況にもよるが、緊急遮断やバルブ手動閉止に失敗する可能性が高いと考えられ、大量流出や事業所内外への流出拡大の危険性がある。
地震による流出後の津波	短周期地震動による被害を対象とした評価では、震度 5 強～6 強を想定した評価を行っており、一部の危険物タンクでは防油堤内流出火災の発生確率が C レベル(10^{-4})で第 2 段階の想定災害として抽出されている(流出の発生確率はこれよりも高くなる)。いわき市による東北地方太平洋沖地震、福島県沖地震の地震動予測結果では、いわき市の推定震度は 6 弱とされていることから(茨城県沖地震については地震動予測は行われていない)、地震による流出の発生後に津波浸水により流出範囲が拡大する可能性も考慮しておく必要があると考えられる。

(表 4-2) 津波による被害の発生危険性 (高圧ガスタンク)

施設種別	被害発生の危険性
配管の破損による漏えい	東日本大震災の被害事例から、配管が破損して高圧ガス流出にまで至る危険性は低いと考えられるものの、浸水深が 1m 未満でも配管・弁等の変形・破損・不具合が生じている場合があることから、想定される浸水深が大きい施設では流出発生の可能性があると考えられる。津波到達時間や浸水深によっては緊急遮断やバルブ手動閉止に失敗し、長時間の流出継続や、爆発火災に至る可能性がある。
タンクの移動・転倒	東日本大震災の被害事例から、貯槽等の倒壊・転倒は浸水深 3m 以上で生じており、想定される浸水深が 3m 以上の施設ではタンクの移動・転倒の可能性があると考えられる。また、その場合には緊急遮断やバルブ手動閉止に失敗する可能性が高いと考えられ、長時間の流出継続や、爆発火災に至る可能性がある。

(表 4-3) 津波による被害の発生危険性 (その他の施設)

施設種別	被害発生の危険性
毒性液体タンク	高圧ガスタンクと同様の被害の発生可能性があると考えられる。なお、配管等の破損により流出が生じた場合には、毒性ガス拡散が生じる(毒性物質を貯蔵する高圧ガスタンクでも同様)。
プラント	プラント内の塔槽類の破損等の可能性は少ないと考えられるが、浸水深が大きく、屋外に設置されているプラントでは配管被害の可能性があると考えられる。
タンカー棧橋	沿岸部に設置されているため、浸水深によっては配管の破損等による流出の可能性もあるものと考えられる。入出荷中でなければ流出量は配管内の残油に限られるが、入出荷中の場合や緊急遮断設備のない施設では流出量が多くなる可能性があり、到達時間の早い福島県沖地震では危険性が高い。また、漂流物や船の衝突による施設破損、大量流出の危険性も考えられる。
パイプライン	地上部に敷設されている部分の多くが浸水するため、パイプラインの破損等による流出の可能性があると考えられ、緊急遮断に失敗した場合には流出量が多くなる可能性がある。また、津波漂流物の衝突による破損、大量流出の危険性も考えられる。
その他の設備	<p>上記の評価対象施設の外、以下に示す設備の被害が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○評価対象施設の付属設備、防災設備等 施設の基礎・地盤の洗掘、破損 防油堤・防液堤・流出油防止堤の破損、基礎洗掘 ○ユーティリティ設備 電気設備(受電設備、電気室等)、非常用発電機、保安用窒素・蒸気・エアール設備、ポンプ類等の浸水による損傷 ○その他の設備 ボンベ・ドラム缶等の流出、タンクローリー・車両の流出、タンカーの被害

第6節 大規模災害の想定

第1 検討にあたっての前提

大規模災害とは、災害の発生危険度が極めて低い（あるいは低いと考えられる）ものの、発生した場合の影響が甚大な災害である。このような災害については、過去の事故事例等に基づき、対象施設において起こり得る災害事象、災害拡大シナリオを検討し、可能なものについては災害が発生した場合の影響度を評価した。

したがって、大規模災害については、災害の発生危険度に関わらず、起こり得ると考えられる災害を想定災害とする。

第2 評価対象とした災害事象

下表に評価対象施設において起こり得ると考えられる災害事象とその様相を示す。

これらのうち、危険物タンクの大規模流出火災、高圧ガスタンクの BLEVE、高圧ガスタンク及びプラント（毒性物質を取扱う施設）における毒性ガス拡散について、災害が発生した場合の影響評価を行った。

大規模災害事象

施設種別	災害事象	災害の様相
危険物タンク	大規模流出火災	防油堤内で流出火災が発生し、同一防油堤内の隣接タンクに延焼した場合には、タンクヤード全面火災となる。防油堤からの溢流または防油堤破損により、危険物が防油堤外に流出した場合には防油堤外の火災となり、周辺の他の設備に延焼した場合には拡大火災となる。
	危険物の海上流出	危険物が防油堤外へ流出し、流出油等防止堤による拡大防止に失敗した場合には、事業所敷地外への流出となる。さらに、排水処理設備（オイルセパレータ、ガードベースン）による流出油の処理に失敗した場合には海上流出に至り、オイルフェンスによる拡大防止に失敗した場合には、広範囲の海上拡散の可能性がある。いずれも、着火した場合には流出火災となる。
	ボイルオーバー	タンク火災が長時間継続すると、ボイルオーバーが発生する可能性がある。ボイルオーバーの発生は、油種や火災の状況（継続時間等）によって異なる。
高圧ガスタンク	BLEVE（爆発・ファイヤーボール）	ガスタンクの全量流出火災などの長時間にわたる大規模火災が発生すると、周辺の高圧ガスの貯槽の破損（BLEVE）の危険性が生じる。周辺タンクにおいて BLEVE が発生し、タンクの貯蔵物質が可燃性であった場合には、爆発・火災（ファイヤーボールまたは蒸気雲爆発）となる。さらに、同一タンクヤード内のタンクを損傷すると複数タンクの爆発・火災となり、周辺の他の設備に延焼した場合には拡大火災となる。
毒性物質を取扱う施設	毒性ガス拡散	毒性物質を取扱う施設（高圧ガスタンク、毒性液体タンク、プラント）において大量流出が生じ、毒性ガスが拡散する。

大規模災害事象（続き）

施設種別	災害事象	災害の様相
全施設	災害拡大シナリオの想定が困難な事象	<p>上記の他、災害拡大シナリオの想定が困難であるが、以下のような災害事象が起こり得ると考えられる。</p> <p>○地震・津波による複合災害 2011年東北地方太平洋沖地震のような海溝型の巨大地震により、施設被害による漏えい・火災の発生と津波の浸水被害とが重なり、災害が拡大するおそれがある。</p> <p>○巨大地震による影響 以下のような事態による2次的影響が懸念される。 ・情報通信設備の損傷や輻輳による通信の不通 ・停電の発生や長時間の電源喪失 ・公設消防隊の到着の遅れや人員の参集困難による対応力不足 ・津波警報の発令による防災活動の制限 ・防災設備の不作動による被害拡大</p> <p>○大規模流出に伴う同時多発火災 危険物や高圧ガスが大量流出して直ちに着火せず、蒸発ガスが広範囲に拡散した後に着火した場合には、周辺の複数施設の延焼に至るような拡大火災となる可能性がある。</p> <p>○災害の連鎖 想定を超える規模の地震によって、スロッシングによる溢流やドレイン配管の破損、あるいは強震動による配管破損により複数箇所で油が流出し、そのうち1箇所でも火災が発生すると、側溝などを経て周辺施設に火災が拡大する可能性がある。</p>

- 注 1) 原油などの広い沸点範囲を持つ油は、火災により表面部の軽質成分が先に燃焼して重質化し、高温層を形成して徐々に沈下する。この高温層がタンク底部に溜まった水の層に達すると水蒸気爆発を引き起こし、油を噴き上げ燃焼を拡大する。このような現象はボイルオーバーと呼ばれる。ボイルオーバーの発生危険性は油種や火災の継続時間によって異なる。
- 注 2) BLEVE 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・開口し、大気圧まで減圧することにより、液化ガスが急激に気化して容器等の破裂を引き起こす爆発的蒸発現象である。典型的には、火災時の熱により破損して BLEVE を生じるが、BLEVE の発生は容器等の破損原因によらず、何らかの原因で容器破損した場合に生じ得る。また、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。
- 注 3) 近年の事故事例では、製造プラントにおいて反応制御の失敗と、その後の不適切な対応により反応暴走から爆発火災に至るケースが発生している。このような反応暴走に起因して発生する爆発火災の危険性は、個々のプラントのプロセス条件により異なり、本調査において個別プラントの詳細評価を行うことは困難であり、防災対策の基本的事項の検討にとどまる。

第3 大規模災害による影響

下表に影響評価の対象とした災害事象と最大影響距離を示す。

評価対象とした災害事象と影響

施設種別	災害事象	最大影響距離(基準値 ^{*1)})
危険物タンク	大規模流出火災	約 340m(放射熱:2.3kW/m ²)
高圧ガスタンク	BLEVE(タンク破裂による爆発)	約 450m(爆風圧:2.1kPa):最小貯蔵量 約 310m(爆風圧:2.1kPa):最大貯蔵量
	BLEVE(ファイヤーボール)	約 2,800m(放射熱:タンク毎に設定 ^{*2)})
毒性物質を取扱う施設	毒性ガス拡散	高圧ガスタンク:約 770m(拡散ガス濃度:IDLH ^{*3)}) 毒性液体タンク:約 140m(同上) プラント:約 2,400m(同上)

*1) 基準値とは、災害の影響距離算出にあたってのしきい値である。災害の影響距離は、放射熱や爆風圧といった物理的作用の強度がこの値以上となる距離を表す。

*2) ファイヤーボールの継続時間はタンク毎に異なることから、影響評価の基準値は、各タンクの燃焼継続時間(最大値)に応じて設定した。

*3) IDLH(Immediate Dangerous to Life and Health)とは、30分以内に脱出しないと元の健康状態に戻らない限界濃度である。

第7節 防災対策の基本的事項

評価結果に基づき、想定災害に対する防災対策の基本的事項を、予防対策と応急対策、大規模災害事象の種類に応じた対策に分けて整理する。

第1 予防対策に関わる事項

1 物的要因・人的要因による事故防止

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、平成27年中の全国の危険物施設における事故発生件数は580件である。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27年中の事故発生件数は43件となっている。

平成27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「腐食疲労等劣化」などの物的要因が54%、「維持管理不十分」、「操作確認不十分」などの人的要因が39%となっている。個別には、「腐食疲労等劣化」によるものが36%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。事業所においては、日常及び定期的な施設の点検方法や点検箇所の見直し、施設・設備の更新スケジュールの見直しなど、保全管理を改めて見直していくことが極めて重要である。

一方、火災事故の発生原因は物的要因が28%、人的要因が58%であり、個別には「維持管理不十分」が最も多く、26%を占める。火災事故については、人的要因による事故の防止が重要といえる。人的要因による事故防止のためには、適切な設備更新計画の作成や日常の点検項目の確認・見直しが必要と考えられる。

2 浮き屋根の維持管理

近年の事故事例では、浮き屋根式の危険物タンクにおいて、台風や竜巻等による強風、あるいは浮き屋根の排水能力を超えるような大雨と、浮き屋根の腐食開口やルーフトレン配管の閉塞などの維持管理の問題とが重なるなどして、浮き屋根の沈降に至る事故が発生している。浮き屋根式は引火性の高い第1石油類を貯蔵するタンクで採用されていることが多く、沈降した場合には液面が露出し、着火して全面火災となる危険性があることから、浮き屋根の適切な維持管理が求められる。

3 漏えいの局所化による物理的影響の低減

複数の危険物タンクが立地するような防油堤では、流出火災が発生した場合に複数タンクが火災の影響を受け被災する可能性がある。したがって、防油堤内流出火災が想定されるような場合には、防油堤内に仕切堤を設けて流出面積を縮小することで、火災となった場合の影響の低減が期待できる。

4 防災設備の設置促進と維持管理

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閉鎖可能な緊急遮断設備の設置が義務付けられている。このような緊急遮断設備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、緊急遮断設備やその他の防災設備(移送設備、散水設備、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。

5 施設の耐震性強化

(1) 危険物タンク(防油堤目地部の漏えい防止措置)

平成7年の兵庫県南部地震において、地盤の液状化による防油堤等の目地部、隅角

部の被害が多数発生したことを受け、平成 10 年に防油堤の構造に関する改正基準が通知され（防油堤の漏えい防止措置等について、平成 10 年 3 月 20 日、消防危第 32 号）、防油堤に伸縮目地を設けること、目地部分には金属材料の止液板を設けること、隅角部でコンクリートを打ち継がないことなどの耐震基準が示された。この耐震基準は既設のタンクについては適用されていないが、基準に適合していないものについては計画的に耐震性の向上を図ることとされており、未適合の防油堤については、対応を進めることが望ましい。

(2) 高圧ガス設備（球形貯槽のブレース強化及び既設設備の耐震性向上）

東日本大震災における球形貯槽の支柱ブレース破断の被害を受けて、経済産業省は高圧ガス設備等耐震設計基準の改正を行い、平成 26 年 1 月 1 日以降に設置する貯槽については改正基準への適合が義務付けられた。それ以前に設置された貯槽については基準適合の義務はないものの、鋼管ブレースの交差部分の耐震性を確保する必要があることから、平成 27 年 5 月 20 日までに改正耐震基準による耐震性評価を行い、耐震性能を有していない場合には改修計画を策定し、都道府県に報告するよう求めている。

また、過去に設置され最新の耐震設計基準に適合していない高圧ガス設備（及びそれらの基礎）のうち、重要度が Ia 及び I（高圧ガス保安法に定める高圧ガス設備等耐震設計基準による重要度をいう）に該当するものについては耐震評価を実施し、評価の結果十分な耐震性を有していない設備については、耐震補強に向けた改修計画の策定（これが困難な場合には代替措置を講じることによるリスクの低減）を求められている。

これらの最新基準の耐震性能を有していない既存施設については、アセスメントの結果リスクが大きいとされる施設から優先的に対応を進めることが望ましい。

6 液状化対策

東日本大震災では、いわき地区で多くの液状化被害が発生したが、一度液状化した地盤では再び液状化が生じる危険性があることから注意が必要である。液状化のおそれのある地盤で施設に影響を及ぼす可能性のある箇所については、必要に応じて対策を進めることが望まれる。

7 長周期地震動予測精度の向上

東日本大震災では、いわき地区において長周期地震動によるスロッシング被害が発生している。石油タンクに発生するスロッシングの高さについては、タンクサイトにおける地震動が正確に把握できれば、高い精度で予測できることがこれまでの研究で明らかになっている。いわき地区には、同地区北東端に位置する小名浜港湾事務所に強震観測点があり、当該強震観測点のデータを用いてスロッシング最大波高の推定を行っているが、地震波の波長が長い長周期地震動といえども、狭い領域でも無視できない空間変動があることも報告されていることから、当該強震観測点での長周期地震動特性をもって、いわき地区各事業所における長周期地震動を正確に予測できていないおそれがある。

また、今後起こり得る地震によるスロッシングへの対策を考える際に必要な長周期地震動予測においては、震源モデルや広域の深部地下構造モデルの設定にも課題が多い。このようなことから、コンビナート（事業所）内における地震計（地震動データの保存ができるもの）の設置を促進することにより、まずもってタンクサイトでの地震観測を通して長周期地震動特性の把握に努め、その予測精度の向上を図ることが望まれる。

8 危険物タンクの液面低下措置

危険物タンクでは、スロッシングが発生しても内容物の溢流が生じないように、スロッシングによる最大波高を想定した液面管理が定められているが、2011 年東北地方太平洋沖地震による長周期地震動を想定した場合には、いくつかのタンクで満液時にスロッシング最大波高が余裕高さを超える可能性がある。これらのタンクのうち、危険性の高いタンク（例えば、浮き屋根を有するもの、最大波高が 2m を超えるもの、引火性の高い物質を貯蔵するもの）については、可能な範囲での液面低下措置が望まれる。

ただし、液面の低下措置はスロッシングによる内容物の溢流を防ぐ効果があるが、大きなスロッシングが生じた場合には浮き屋根等の破損や火災発生の危険性があり、液面の低下だけで被害を予防することは困難である。

9 津波による浸水被害の低減

最大クラスの地震による津波を想定した場合、いわき地区では最大 5m を超える浸水深が想定されている。浸水が予想される施設では、浸水被害を低減するような対策（遠隔操作が可能な緊急遮断設備、または地震計と連動して緊急停止や遮断を行う設備の設置）の推進が望まれる。

また、電気設備等の機器・設備への浸水防止対策や、浮遊流動物となり得る物を架台に固定するなどの対策を講ずる必要がある。特に電気設備などのユーティリティ（電力、計装用空気、保安用窒素、蒸気、冷却水）設備に被害が生じると、2次災害に拡大するおそれもあることから、重要設備から優先順位をつけて浸水対策を行うことが望ましい。

なお、浸水が想定される事業所では、従業員等の安全確保や施設の緊急停止の方法、手順等について想定される浸水深に応じた見直しを行い、予防規程に反映する必要がある。

10 重大事故の防止に着目した事故防止対策の充実

平成 23～26 年にかけて石油コンビナートにおいて死者を伴う爆発事故が 4 件発生したことを踏まえ、総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省の 3 省が参加した「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議」が設置され、産業事故災害に係る情報交換や、産業事故災害防止に向けた関係機関の連携強化策等について検討が行われている。

最近の重大事故の原因・背景に係る共通点として以下の 3 点があげられている。

- ① リスクアセスメントの内容・程度が不十分
- ② 人材育成・技術伝承が不十分
- ③ 情報共有・伝達の不足や安全への取組の形骸化

さらに、これらの共通点を踏まえて、事業者や業界団体が取り組む対策や、地方（国の出先機関、都道府県等）も含めた関係機関の連携強化策が示されている。重大事故の防止にあたっては、これら（主なものを以下に抜粋）を踏まえた取組を進めることが重要である。

（事業者が取り組むべき事項）

- ・ 自主保安向上に向けた安全確保体制の整備と実施
- ・ リスクアセスメントの徹底
- ・ 人材育成の徹底
- ・ 社内外の知見の活用

（関係機関が取り組むべき事項）

- ・ 石油コンビナート等防災本部の機能強化
- ・ 様々なレベルでの連携強化

11 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よりも、駆動源（電力）の喪失の可能性が高いと考えられる。

東日本大震災の被害では、電力会社からの送電や自家発電設備が高い確率で停止することが示されており、浸水のおそれのない場所へのバックアップ用の駆動源の整備や、常用電源が停止した場合の対応を検討しておくことが望ましい。なお、非常用発電設備（ディーゼル発電機）に関しては、一定期間の稼働が可能な燃料の確保も重要な問題となる。

12 広報・避難計画の作成と訓練の実施

災害の影響範囲が事業所外やコンビナート区域外の一般地域へ及ぶ可能性がある場合には、発災時の情報連絡体制や広報・避難計画について検討し、具体的な災害を想定

した計画を作成しておく必要がある。また、作成した計画に基づき、発災時の対応が迅速・的確に行えるように訓練を実施しておくことも重要である。

第2 応急対策に関わる事項

1 事故等の早期検知

災害の拡大を防止するには、まず流出、火災、爆発等の事故(異常な現象を含む)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。

特に直下型地震や近隣の活断層における地震が発生した場合には、流出や火災等が複数発生する可能性があり、限られた人員や時間の中で迅速に被害状況を点検することが求められる。

海溝型の巨大地震では、浮き屋根や内部浮き蓋の被害の可能性もあるが、これらの確認にはある程度時間がかかることや、地震後しばらくしてから浮き屋根・内部浮き蓋が沈没するような場合には、被害の発生を直ちに検知できないこともあり得る。

したがって、施設毎の災害の発生・拡大危険性を踏まえた効率的な点検の実施や、対応の優先度を考慮した人員・消防力の効率的な運用が必要となる。

なお、リアルタイム被害予測システムを活用することにより、地震特性と施設特性から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可能であり、事故等の早期検知に有効と考えられる。

2 タンク全面火災への対応

2003年十勝沖地震における石油タンク火災の発生を契機に、直径34m以上の浮き屋根式タンクにおける火災を対象として、大容量泡放射システムが配備された。このシステムは全国12の広域共同防災組織(または共同防災組織)毎に配備されているが、福島県のいわき地区、広野地区は茨城県の鹿島臨海地区と共に常磐地区広域共同防災組織を組織しており、大容量泡放射システムは鹿島臨海地区に配備されている。

大容量泡放射システムは多くの構成資機材からなる大規模なものであり、輸送や設置に多くの人員と時間を要する。大規模地震時には、必要人員や車両の不足、交通渋滞による輸送の遅れが想定されることから、実災害時の実効性を確認しておくことが必要と考えられる。

なお、大容量泡放射システムは、導入されてからこれまでに実働実績はないが、平成23年に発生した東日本大震災及び平成24年に沖縄県で発生した浮き屋根式屋外タンクの浮き屋根沈降事故では、システムの輸送や設置が行われている。実際に泡放射は行われていないが、計画の対象外のタンク火災に対する出動や、計画された時間内の輸送や設置が困難であったことなどの課題が明らかとなった。

一方、東日本大震災では石油コンビナートにおいて大規模火災が発生したことから、消防庁は、阪神・淡路大震災の教訓を踏まえて創設された「緊急消防援助隊」の応急対応能力向上を図り、特殊災害への対応に特化した「ドラゴンハイパー・コマンドユニット(エネルギー・産業基盤災害即応部隊)」を、平成30年度末までに全国12地域に編成する予定である。この新たなドラゴンハイパー・コマンドユニットを活用することにより、タンク全面火災への対応力向上が期待される。

3 津波が予想される場合の緊急措置

津波警報等の発表時には、入出荷停止、緊急遮断等の操作を的確に行うと共に、猶予時間内に施設の安全な停止や従業員等の安全確保を図ることが必要である。なお、津波高の予測にはある程度の不確実性があることや、津波情報は随時更新されることを念頭に、更新情報に基づく適切な判断が必要となる。

また、大津波警報・津波警報の発表時にはオイルフェンス展張等の海上作業は実施できないことから、地震により危険物の流出が発生した場合でも海上流出に至らないよう、排水処理設備の運用管理等に留意する必要がある。

4 関係機関における情報共有

発災時の関係機関における情報伝達・共有については本計画に定めており、防災本部に情報を集約し、必要に応じて関係機関に伝達することとなっている。しかしなが

ら、多くの関係機関において迅速、正確な情報共有を図ることは難しく、適切な情報伝達・共有のあり方が課題となっている。

山口県ではこれらの課題に対応するため、事業所内に情報共有・連携の場として「現地連絡室」を設置し、情報提供を行う担当組織・担当者や提供内容・方法等を定めておく取組みを実施している。事故発生時には、関係機関が現地連絡室に参集し、迅速・的確な情報収集を行うことができるほか、事業所では最も困難な事故直後における情報提供の負担軽減が図られるというメリットがある。また、川崎市や千葉市では、災害時に情報提供を行う者を「消防技術説明者」として位置付け、災害現場での消防部隊の適切な誘導や情報提供が行えるよう、事業所へ求めている。

平成 26 年には、「石油コンビナート等における特定防災施設等及び防災組織等に関する省令」の改正が行われ（消防特第 212 号）、発災時における特定事業所から消防機関への情報提供が適切に行われるよう、情報提供の体制について防災規程に定めることが義務付けられていることから、関係機関での情報共有について、このような事例を参考に検討を進めることが望ましい。

第 3 大規模災害事象の種類に応じた対策

1 危険物の大規模流出火災

危険物の防油堤内流出火災の影響は防油堤の面積に依存し、一部の広大な防油堤で全面火災となった場合には、隣接事業所や周辺地域へ影響を及ぼす可能性がある。防油堤内流出火災が発生するおそれのある場合または発生した場合には、これらの影響範囲を含むエリアを警戒区域として設定し、火災防御活動を行うこととなるため、事前に影響範囲の確認や消火戦術の検討を行い、迅速な対応が可能となるよう備えておくことが望ましい。

また、危険物の流出後直ちに着火せず、液面から蒸発した可燃性ガスが蒸気雲を形成し、広範囲に拡散してから着火するような場合には、周辺の施設を巻き込む拡大火災となる危険性があり、特に引火点の低い物質について注意が必要である。過去の事故事例では、タンクへの油（ガソリン）受入の際に、液面計の故障や、防油堤のドレンバルブが開状態であったことなど、複数の要因が重なってオーバーフローし大規模火災に至った事例があり、このような危険性を踏まえて設備の維持管理を徹底する必要がある。地震時には、タンクや配管の損傷により危険物が広範囲に流出する可能性があり、流出状況により可能であれば蒸気抑制・着火防止のため流出油を泡で被覆することになると考えられるが、複数箇所でも同時発災した場合には対応力が不足する懸念がある。したがって、設備の耐震性強化等により、できる限り流出事故の発生防止を図ることが重要である。

2 危険物の海上流出

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、防油堤外への流出や、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、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、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、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。

3 ボイルオーバー

原油や重油タンクにおいてタンク全面火災が発生し、長時間継続した場合には、ボイルオーバーの発生が懸念される。ボイルオーバーが発生すると燃焼油が広範囲に飛散し、火災が拡大することから、消火活動を行う消防隊や防災要員に対して危険性が極めて高い。また、過去の事故事例では、ボイルオーバーに伴いファイヤーボールが形成される場合も多い。

しかし、油の飛散範囲やボイルオーバーによる放射熱の影響の評価式は確立されたものがなく、影響範囲の定量的な見積もりはできないが、ボイルオーバーの発生までの時間についてはある程度の予測が可能である。タンク火災の防御活動にあたっては、ボイルオーバー発生までの時間や発生の兆候を踏まえ、対応することが必要である。

4 高圧ガスタンクの BLEVE

高圧ガスタンクにおいて BLEVE が発生した場合の影響は非常に広範囲（想定される最大の影響距離は約 2.8km）に及ぶため、万一の発生に備えることが必要である。BLEVE の発生・拡大防止のために有効と考えられる要素を以下に示す。

(1) 確実な緊急遮断の実施

BLEVE の発生防止のためには、貯槽周辺で火災が発生した場合でも、長時間継続しないようにすることが重要である。緊急遮断装置は緊急時直ちに遠隔による遮断を行うための重要な設備であり、貯槽の周辺で火災が発生した場合やガスが大量流出した場合でも、遮断操作が確実かつ速やかにできるよう十分安全な場所又は計器室などから操作できるようにする。

(2) 流出した液化ガスの滞留防止

漏えいたした液化ガスが滞留しないように地盤面を傾斜させ、安全な誘導溝により液化ガスを誘導することにより、流出した液化ガスに着火して火災となった場合に、貯槽直下で火災が継続しないような効果が期待できる。

(3) 減圧の効果

安全弁やリリーフ弁は、タンク内の圧力が異常に上昇した場合に作動して減圧を行うことにより、BLEVE 発生危険性の低減や、発生までの時間を遅らせることが期待できる。

(4) 冷却の効果

水噴霧装置、散水装置等によりタンク冷却を適切に行うことができれば、BLEVE 発生危険性の低減や、発生までの時間を遅らせることが期待できる。ただし、散水配管の破損や、消火活動によって散水の圧力が低下し、散水量が低下する場合があるため、その際の対応を検討しておくことが必要である。

5 プラントの爆発火災

近年の事故事例では、製造プラントにおいて反応制御の失敗と、その後の不適切な対応により反応暴走から爆発火災に至るケースが多く発生している。反応暴走は反応容器の温度・圧力管理の不具合や、重合反応などのプロセス管理の失敗により起こり得る。

このような反応暴走に起因して発生する爆発火災の危険性は、個々のプラントのプロセス条件により異なるが、個別プラントの詳細評価を行うことは困難であることから、評価を行っていないため、反応暴走の可能性のあるプラントについては、詳細な条件に基づき爆発火災の危険性を再評価しておくことが望ましい。

なお、消防庁では化学プラントにおける事故防止の徹底について、以下の事項をあげている（消防危第 220 号・消防特第 195 号、平成 24 年）。

- ・ 化学反応を安全に制御するための条件の再確認と周知徹底
- ・ 異常状態の監視方法や判断指標（温度、圧力等）の再確認と適切な運転管理の徹底
- ・ 消防機関への迅速な通報の徹底
- ・ 爆発や火災の発生危険性とその影響範囲を現場対応にあたる従業者や消防隊に周知するため、あらかじめ計画、訓練等すること
- ・ 上記事項について必要に応じ対策の見直しを図ること

また、発災時において、消防機関から特定事業所へ要求があった場合には、情報提供が適切に行えるよう、その体制に関することを防災規程に定めることとされた（消防特第 212 号、平成 26 年）。

6 毒性ガス拡散

対象地域では、高圧ガスタンク・毒性液体タンク・プラントにおいて毒性物質を取扱う施設がある。毒性ガス拡散の影響範囲は、流出量や気象条件などの違いにより大きく異なることから、発災施設の状況や気象状況等から推測される影響範囲と、現地における拡散ガスの計測結果とを合わせて総合的に判断することが必要である。

漏えいが発生した場合には、漏えい停止措置を確実に実施することが最も重要である。また、除害設備による影響の拡大防止と共に、影響範囲が大きくなると予想される場合には、周辺住民等への情報伝達や広報についても検討する必要がある。