

東日本大震災を踏まえた危険物施設及び石油コンビナート施設の地震・津波対策について

危険物保安室 特殊災害室

1 はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災は、危険物施設や石油コンビナートにも多大な被害をもたらしました。消防庁危険物保安室と特殊災害室では、「東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討会」（座長：亀井浅道・元横浜国立大学特任教授）を開催し、震災の被害状況を調査・分析した結果、対策のあり方についての提言が取りまとめられましたので、ここに危険物施設及び石油コンビナート施設の地震・津波対策について概要を報告します。

2 危険物施設における被害状況の概要

危険物施設の被害状況を明らかにするために、被害を受けたおそれのある危険物施設すべてを対象とした調査

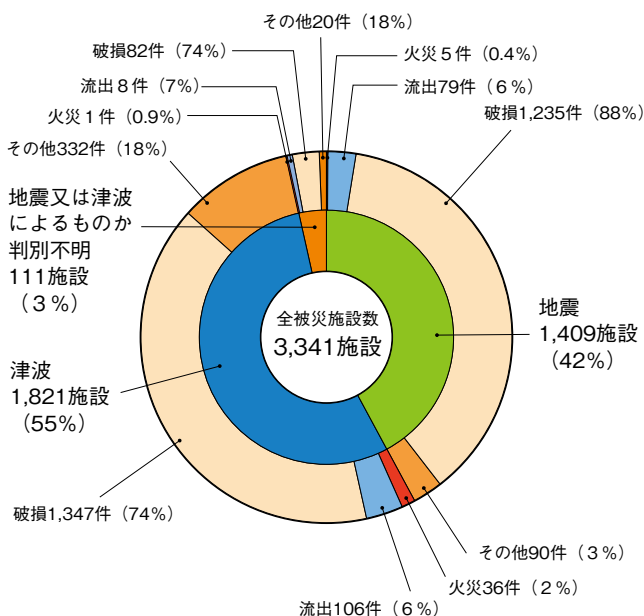


図1 被害の主な原因と被害の内訳

票による調査を実施（16都道府県）し、そのうち特に必要とするものについては実地調査を行いました。調査票による調査の結果、調査対象の16都道府県内に所在する全危険物施設数21万1,877施設（平成22年3月31日現在）に対し、何らかの被害を受けた危険物施設数は3,341施設（全施設数の約1.6%）にのぼりました。被害の主な原因と内訳は図1のとおりです。

3 地震による危険物施設の被害と対策

地震による危険物施設の被災状況を気象庁の震度階別整理したものを図2に示します。震度6弱以上の地震の揺れによる被災率の平均は2.6%で、5強以下の地震の揺れによる被災率の平均（0.2%）の13倍となっています。地震の揺れによって発生した破損被害は、建築物その他工作物が最も多く（破損被害件数の49%）、次いで配管（同21%）の順となっています。また、屋外タンク貯蔵所においては、長周期地震動による浮き屋根・浮き蓋の破損等が見られました。これらの被害状況を分析した結果、危険物施設の地震対策として次の提言が取りまとめられました。

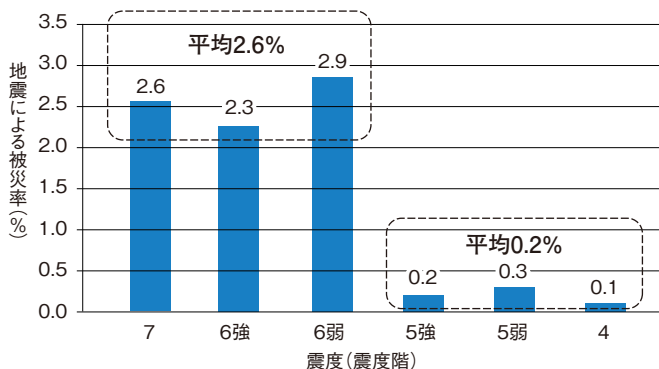


図2 地震による被災率と震度

(1) 配管や建築物などの耐震性能の再確認

地震の揺れによる危険物施設の配管や建築物等が破損する被害が発生していることから、施設の基準適合の状況や維持管理の状況を含め、事業者自らが配管等の耐震性能、液状化の可能性等を再確認する必要があります。

(2) 屋外タンク貯蔵所の地盤の液状化に関する注意点

地盤の液状化によるものと考えられる屋外貯蔵タンクの沈下事例が2件確認されました。この事例は同一事業所の隣接するタンクで発生したものです。被災事例を詳細に分析した結果、当該事業所付近を流れる河川の流路が変遷し、タンク設置場所が過去において河川流路付近であったことや、ボーリング調査によって得られたN値※にばらつきがみられることが分かりました。

※N値とは、ボーリング調査において実施される標準貫入試験（JIS A1219）において、標準貫入試験用サンプラーを地盤に30cm打ち込むのに要する打撃回数のことを用いる。

液状化による屋外タンク貯蔵所の被害は当該事例に限られることから、局所的な特異事例と整理され、類似事例の発生を防止するために、関係者に情報提供するとともに注意喚起を行う必要があります。

(3) 屋外貯蔵タンクの浮き屋根の耐震・浮力性能の再確認

長周期地震動の影響により、耐震基準への適合が義務付けられている浮き屋根のうち被災時に未適合であったもの、及び耐震基準への適合が義務付けられていないシングルデッキの浮き屋根において、浮き屋根の沈下及び傾斜の被害事例がそれぞれ1件確認されています。浮き屋根の沈下及び傾斜事例の詳細な分析の結果、①浮き室の強度、②浮き室の浮力、③すみ肉溶接のサイズがいずれも不足していることが確認されました。

こうした被災事例を踏まえ、特定屋外貯蔵タンクのシングルデッキの浮き屋根については、上記①から③の確認を実施するとともに、これらの確認の結果、所定の性能を満足しないものについては、可能な限り速やかに改修を行うように計画を立てる必要があります。

なお、耐震基準への適合が義務付けられていないシングルデッキの浮き屋根については、上記①から③のうち②について確認し、その確認の結果、浮力性能を満足しないものについては速やかに改修を行う必要があります。

4 津波による危険物施設の被害と対策

津波により発生した危険物施設の被害は、建築物や設備等の流失及び損壊が主な内容であり、津波により危険物施設全体に被害が及んでいることが特徴となっています。また、津波を原因とする危険物流出事例は106件確認されましたが、うち92件（87%）が屋外タンク貯蔵所であることも分かりました。今回の津波は非常に大規模

なものであり、危険物施設だけでなく、危険物施設が所在する地域全体に甚大な被害が発生しています。津波に対するハード面の対策は、危険物施設のみならず地域全体を視野に入れた総合的な対策も重要です。

これらの状況を踏まえ、危険物施設の津波対策として次の提言が取りまとめられました。

(1) 緊急停止措置等の対応に係る予防規程等の明記

津波が発生するおそれのある状況において、危険物施設で迅速かつ的確な対応を講ずるためには、人命を最優先とした上で、施設ごとに津波警報発令時や津波が発生するおそれのある状況等における緊急時の対応について検証し、当該検証結果に応じて避難時の対応や緊急停止措置等の対応を予防規程等に記載するよう、事業者に対し求める必要があります。なお、事業者においては危険物施設における危険物の貯蔵、取扱いの方法に応じた緊急時の対応について検証するとともに、施設周辺の津波発生の危険性等を把握し、停電状態も念頭に置いた上で避難や施設の緊急停止の方法等に係る検証を実施することが必要となります。特に、津波発生時においては、緊急停止等の対応が可能な時間が限られていることから、短時間で効果的な対応が可能となるよう従業員の役割を明確にした上で従業員に周知し、訓練を行うことが重要です。

(2) 屋外タンク貯蔵所の津波対策

津波による危険物流出事故の大半は屋外タンク貯蔵所において発生していることから、屋外タンク貯蔵所の津波被害に関して詳細な調査・分析を行いました。津波を受けた屋外タンクの被害形態は、①タンク本体及び配管共に被害がないもの、②タンク本体は被害がないものの配管に被害が発生したもの、③タンク本体及び配管共に被害が発生したものの3ケースに分類されることが分かりました。これらの被害形態について、津波浸水深（タンクにおいて津波の痕跡等が確認される位置からタンクの基礎上面までの深さ）に応じて整理した結果を図3に示します。津波浸水深が3m未満の場合はタンク本体及び配管共に被害がない事例がほとんどであること、津波浸水深が3m以上になるとほとんどの配管で被害が発生すること、津波浸水深が5m～7m以上になるとタンク本体にも被害が見られること等が分かりました。

また、津波によるタンク本体の移動事例について、既往の検討に基づく津波被害シミュレーションとの比較を

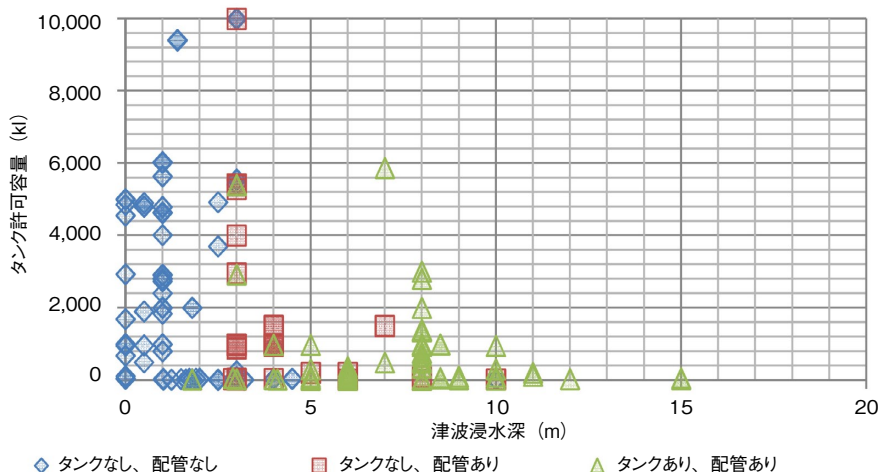


図3 津波による被害形態別の整理

行った結果、シミュレーションはやや安全側に評価する傾向はあるものの、津波被害シミュレーションの有効性が確認されました。

また、津波による被害形態のうち、タンク本体は被害がないものの配管に被害が発生した事例については、配管に緊急遮断弁を設置することにより、タンクに貯蔵された大量の危険物の配管からの流出を防止する対策として十分に機能すると考えられます。

こうした屋外タンク貯蔵所の津波被害の実態とシミュレーションの結果から、容量が1,000キロリットル以上のタンクに対して緊急遮断弁を設置することが必要だと言えます。

ただし、今回検討された緊急遮断弁の設置は、津波によるタンクからの危険物流出を防ぐ目的であることから、津波による配管の被害のおそれのない場合又は緊急遮断弁によらずとも津波によるタンクからの危険物流出を防ぐことができる場合等については、容量が1,000キロリットル以上のタンクであっても緊急遮断弁を設置する必要はありません。

また、地震発生時に電源が喪失することも予想されることから、緊急遮断弁の操作のために予備動力源を持つとともに遠隔操作によって弁を閉止する機能を有することが必要です。事業者においては地震発生後短時間で津波が到達する場合であっても、その前に弁の閉止が可能となる信頼性の高いシステムを構築するように努める必要があります。

屋外タンク貯蔵所においても、他の危険物施設同様、緊急停止措置等の対応に係る予防規程等の明記は重要です。今回、既往の津波波力算定式を利用した津波被害シミュレーションの有効性が確認されたことから、津波の発生を念頭に置いた応急措置を予防規程に明記する際には、津波被害シミュレーションを活用した被害想定を行った上で応急措置の検討を行ってください。

5 石油コンビナート施設の被害状況

(1) 特別防災区域内の被害状況

今回の東日本大震災において、石油コンビナート等特別防災区域（以下「特別防災区域」という。）内で、地震・津波により危険物施設及び高圧ガス施設等で火災や漏えい等の被害が発生しています。

石油コンビナート等災害防止法により、特定事業所に設置し又は備え付けることとされている流出油等防止堤や屋外給水施設等の特定防災施設等、自衛防災組織等が使用する消防車や船舶等の防災資機材等に被害が発生しています。震度5弱又は津波高さ2m以上（観測値）だっ

た15の特別防災区域内の249の特定事業所を対象に調査を行ったところ、特定防災施設等については、流出油等防止堤は46設置事業所中10事業所、消火用屋外給水施設は179設置事業所中33事業所、非常通報設備は249設置事業所中39事業所（通信の輻輳は68事業所で発生）、防災資機材等については、消防車が2事業所（10台）、オイルフェンス展張船等の船舶は6事業所（11隻）、オイルフェンスは16事業所、その他の防災資機材等は6事業所で被害が発生しています。

(2) 自衛防災組織等の活動状況

浮き屋根式屋外貯蔵タンクの浮き屋根の沈降疑いと高圧ガス施設の爆発に対し、大容量泡放射システムが出力しています。システム運搬にあたり、通信輻輳により運搬用車両の確保に時間がかかった、交通障害等により運搬時間がかかった等の事例がありました。

津波襲来後に特定事業所で火災が発生した事例では、通信回線の断線や輻輳のため特定事業所から消防機関への通報が困難で、通報を受けた消防機関は、現場付近に到着すること、消火活動を行うことが困難でした。

また、危険物施設等の火災と高圧ガス施設が爆発した事例では、近隣へ影響が及ぶ危険性があったため、付近住民の方へ避難指示等が出されました。

6 石油コンビナート施設等の地震・津波対策のあり方

(1) 石油コンビナート施設等の地震・津波対策に係る課題

石油コンビナート施設等の被害等状況の調査結果をもとに、特定防災施設等及び防災資機材等、構内通路、自衛防災組織等、石油コンビナートの付近住民の避難についての地震・津波対策に係る課題の抽出を行いました。

(2) 特定防災施設等及び防災資機材等の地震・津波対策のあり方

特定防災施設等及び防災資機材等（以下「施設・資機材等」という。）は、特定事業所内の危険物施設、高圧ガス施設等で火災や漏えい等の事故が発生した場合にその機能を発揮することが求められています。

地震や津波が発生した際に特定事業所内の危険物施設等において事故が発生することを否定できないものであることから、施設・資機材等の地震・津波対策については、原則として危険物施設等において事故が発生することを前提とすべきです。

また、施設・資機材等の地震・津波対策については、起こりうるすべての地震及び津波において被害を全く生じさせないこととするのは現実的ではないことから、地震及び津波の発生頻度に応じて地震及び津波対策を定めることが適切であると考えます（表 参照）。

表 特定防災施設等及び防災資機材等の地震・津波対策の基本的な考え方

区 分		対策の基本的な考え方
地 震	発生頻度が高い地震	機能が維持されること。 ただし、応急措置により直ちに機能を回復出来るのであれば、軽微な損傷の発生はさしつかえない。
	甚大な被害をもたらす発生頻度が低い地震	応急措置又は代替措置により、機能を速やかに回復することができるとともに、計画を策定する。
津 波	頻度の高い津波	直ちに復旧できるようにするために、浸水対策を講ずるとともに、応急措置の準備を行う。
	発生頻度は低いものの甚大な被害をもたらす津波（最大クラスの津波）	応急措置又は代替措置により、機能を速やかに回復することができるとともに、計画を策定する。

なお、地震及び津波に対する施設・資機材等の機能の維持については、特定事業所において講じられている各種対策をもとに、特定事業所ごとに評価することが適当であると考えます。

ア. 地震対策のあり方

発生頻度が高い地震に対しては、機能が維持されることが必要です。ただし、応急措置により直ちに機能を回復できるのであれば、軽微な損傷の発生はさしつかえないと考えます。対策例として消火用屋外給水施設の配管を環状化し、被害が発生しても縁切り等により被害の局限化を図る、非常通報設備に非常電源設備を設置、土のうや配管補修バンド等の応急措置用資機材の準備や応急措置計画の策定等を示しています。

また、甚大な被害をもたらす発生頻度が低い地震に対しては、機能が維持されなくてもやむを得ないこととすべきと考えますが、地震後も継続して危険物等の貯蔵等が行われることとなりますので、応急措置又は代替措置により、被害が発生する前と同程度の機能を速やかに回復できるように、計画を策定しておくことが必要と考えます。対策例は消火用屋外給水施設の代替として消防車両等を用いた方策の検討等を示しています。

イ. 津波対策のあり方

最大クラスの津波に比べ発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波（「頻度の高い津波」）に対しては、直ちに復旧できるようにするために、施設・資機材等の浸水対策を講ずるとともに、津波警報等が解除され汚泥等の除去が行われ特定事業所構内に入ることが可能となった後、直ちに機能を回復できるようにするための応急措置の準備をしておくことが必要です。対策例として消火用屋外給水施設の加圧送水設備の浸水対策、土のうや砕石等の応急措置用資機材の準備や応急措置計画の策定等を示しています。

発生頻度は低いものの甚大な被害をもたらす津波に対しては、津波襲来後も継続して危険物等の貯蔵等が行わ

れることとなることから、津波警報等が解除され、汚泥等の除去が行われ事業所構内に入ることが可能となった後、応急措置又は代替措置により、速やかに被害が発生する前と同程度の機能を回復できるように計画を策定しておくことが必要と考えます。対策例として可搬式の非常通報設備の設置と移動方法の検討、防災資機材等の代替資機材等の調達方法の検討等を示しています。

(3) 自衛防災組織等の活動等の対策

大容量泡放射システムの運用については、検討課題の対応策案の検討を行いました。更に検討が必要な事項があるため、各課題について、地震発生後の運搬車両の確保や交通障害に対処するための運搬経路の複数化等の検討すべき事項を整理しました。

自衛防災組織等の活動については、地震発生時、津波警報発令時及び津波襲来後の活動について他の防災組織等との連携等、津波襲来時に自衛防災組織等が避難した際の消防機関との連絡体制等、石油コンビナート周辺住民の避難については、避難対象区域の設定方法、避難指示等の判断のための情報等の検討すべき事項を整理しました。

今後、これらの検討すべき事項を踏まえ、検討を進めていく必要があります。

7 その他

検討会の報告書は、消防庁ホームページ (<http://www.fdma.go.jp/>) に掲載しております。

8 おわりに

消防庁では、検討結果をもとに危険物施設及び石油コンビナート施設の地震・津波対策を進めて参ります。