

第4章 防災対策の要点

4.1 アセスメント結果の位置付け

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こり得ることから、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。

4.2 アセスメント結果に基づく防災対策の検討

一般的に、第1段階では、事故発生の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、事故発生の危険性がそれほど高くない施設においても災害が想定されるほか、危険性が高い施設においては事業所外へ影響を及ぼす可能性がある火災や爆発、あるいは長時間継続する拡散などの災害が想定される。

アセスメントの結果をみると、第1段階の災害として、主に危険物タンクや高圧ガスタンクでの火災・爆発が抽出された。こうした施設における対策としては、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段階で想定される影響が大きい災害の発生危険度も減少し、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、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。

ただし、施設によっては、第1段階において影響度が大きくなると想定される場合もある。アセスメントの結果をみると、こうした災害として、毒性危険物を貯蔵するタンクや毒性ガスタンクからの毒性ガス拡散、プラントでの爆発が抽出された。このような施設では、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。

長周期地震動による被害に関しては、本調査では消防法告示で想定されている長周期地震動を前提として、浮き屋根式タンクにおけるタンク火災や流出火災、内部浮き蓋式タンクの浮き蓋の被害について定性的に検討を行った。また、南海トラフの巨大地震が発生した場合には、消防法告示の想定を大きく上回る長周期地震動の発生も否定できないことから、対策の検討にあたっては留意する必要がある。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(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。

津波による被害に関しては、岡山県地震被害想定調査の最新の成果に基づき、コンビナートの浸水深を確認した。その結果、浸水による大きな被害はないものと考えられるが、予測結果にはある程度の不確実性があることから、万一に備えた対策を検討しておく必要がある。その際には、施設の被害への対策だけでなく、従業員が津波から避難することを考慮した対策が必要となる。

低頻度大規模災害に関しては、万一の災害の発生に備え、発生した場合の影響範囲の把握、従業員や周辺住民の避難など、影響を低減するための対策が望まれる。

4.3 防災対策の要点

第3章に示したコンビナートにおける想定災害を踏まえ、防災対策の要点を以下にまとめる。

4.3.1 平常時及び地震時(強震動による被害)の防災対策

(1) 第1段階の想定災害への対策：災害の発生を防止する対策

ア. 施設の安全性強化

想定災害の発生危険度を低減するための物理的な対策である。

平常時の災害への対策として、緊急遮断設備、移送設備、除害設備等の防災設備の設置や、これら防災設備の停電時の駆動源を確保することが挙げられる。このうち、評価結果から必要と考えられる対策として、毒性物質を取り扱う施設での緊急遮断設備や移送設備の設置、製造施設における緊急停止のための電源の確保などがある。

なお、容量1万kl以上の危険物タンクには、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規模を最小限に留めるために有効であり、1万kl未満のタンクや、漏洩した場合に危険性の高い毒性物質を貯蔵するタンクについては、自主的な整備を進めることが必要となる。

地震時の災害への対策として、耐震性を強化することが挙げられる。

危険物タンクについては、消防法において、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10,000kl未満：平成25年12月31日

○準特定タンク：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、既に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いることから、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必要となる。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。

高圧ガス施設については、高圧ガス耐震設計基準が定められており、これに従って設置することが必要となる。

イ. 液状化対策

液状化については、液状化危険度(PL値)が高い地点ほど配管が損傷して漏洩が発生する可能性が高くなると仮定して評価を行っている。しかしながら、東日本大震災では、福島県いわき市に所在する2基の危険物タンクにおいて、ボーリング調査の結果ではPL値がほぼ0であったにもかかわらず、タン

ク本体とその基礎・地盤部に被害が生じているⁱ。これらのタンクは、河口を一部埋め立てた沖積低地に立地しており、この被害原因として「沖積砂層の緩い部分から液状化が発生し、長時間の震動に伴い側方流動（ここでは地盤が塑性変形を生じ側方方向に変形した現象を指しており、護岸・岸壁背後地盤の液状化に伴う地盤の流動が起きたわけではない）に至ったものと想定」されている。液状化対策では、こうした特異な状況を含め、液状化が発生するおそれがないかを再確認し、発生のおそれがある場合には事故が発生した場合の被害を小さくするための対策を検討する必要がある。

ウ. 施設の老朽化への対策

施設の老朽化が原因と考えられる流出事故については、屋外タンク貯蔵所や移送取扱所の事故事例では、埋設配管のみならず非埋設配管においても、腐食開孔部からの流出が多くなっている^{ii,iii}。埋設・非埋設配管については、特に老朽化の状況が把握しにくい箇所を把握し、点検・検査を行うことにより、早期に異常を発見する体制をとることが必要となる。また、石油コンビナートが設置されてから 40 年以上が経過し、それに伴い設備の平均年齢も上昇していることが指摘されている。設備の高齢化により不具合の発生率は高くなるため、設備の維持管理も経過年数に応じたものとする必要がある。

これらを踏まえ、施設・設備の腐食劣化による事故防止のためには、危険箇所を考慮した点検方法や点検頻度の見直しが必要であり、経年劣化による事故防止のためには、老朽化設備の適切な保守管理や更新が必要である。

(2) 第 2 段階の想定災害への対策：災害の影響拡大を防止する対策

エ. 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や駆動源(電力や計装用空気)の喪失が考えられる。

地震による直接的被害については、東日本大震災を受けて、消防庁が事業所に対して特定防災施設等及び防災資機材等の被害発生の評価を行う旨通知(平成 24 年消防特第 63 号)を発出している。これを受けて、特定防災施設等の地震による影響評価方法を示すマニュアルが作成された^{iv}。各事業所は、このマニュアルを用いて評価を行うことが必要となる。

電力については、東日本大震災で見られたように高い確率で電力会社からの送電が停止し、非常用の自家発電設備も停止する全電源喪失の状態となる可能性も否定できない。したがって、災害発生・拡大の可能性のある設備については、防災設備が正常に稼働するために必要な対策について、電力復旧までの時間を踏まえて検討しておくことが必要となる。

また、設備を安全に停止するために、電力に加えて保安用の窒素、冷却水、加温用の蒸気などのユーティリティ(用役)を必要とするプラントでは、地震時においても必要量が確保できるか確認しておくことが必要である。大規模地震時には多くのプラントが同時に緊急停止操作を行うことを念頭に、2 次

ⁱ 消防庁危険物保安室・特殊災害室：東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書、2011 年 12 月。

ⁱⁱ 屋外タンク貯蔵所における流出事故の状況、Safety & Tomorrow、危険物保安技術協会、No.97、P.3、2004。

ⁱⁱⁱ 移送取扱所における漏洩事故の状況、Safety & Tomorrow、危険物保安技術協会、No.95、P.5、2004。

^{iv} 石油コンビナート等における災害時の影響評価等に関する調査研究報告書、2013 年 3 月。

災害を引き起こさないために最低限必要なユーティリティを融通する手段を検討しておくことが重要である。なお、一斉に脱圧・ブローダウン操作を行うことにより、フレアスタック(余剰ガスを焼却するための塔)の能力を超過する可能性についても検討する必要がある。

オ. 教育訓練・防災訓練

近年、プラントが異常等により緊急停止したとき、その後正しい操作やプロセス管理が行えずに容器破裂等の事故となるケースが起きている。こうした事故を防止するためには、プラントの特性に応じた詳細な操作マニュアルを作成し、従業員に徹底する必要がある。その他の施設においても、思い込みや異常に気づかないなどのヒューマンエラーによる事故防止のための安全教育が必要となる。

防災訓練については、本調査の結果などを参考にして、対策の優先順位が高い災害を想定して実施することが考えられる。事業所外または特別防災区域外に影響が懸念される災害については、周囲の状況を把握し、事業所間や関係機関との情報伝達、周辺の住民への広報など、人的被害の低減をすることを主眼において訓練することが必要となる。

(3) 第1段階・第2段階の災害共通の防災対策

カ. 安全管理体制の充実

近年、事業所の敷地外、あるいはコンビナート区域外の一般地域に被害が及ぶような大規模な事故が何件か発生し、現場での保安技術力の低下が懸念されている。大規模地震の切迫性も指摘されていることから、事故事例や事故分析結果、保安情報などの各種情報を活用し、現状の防災体制の問題点の有無を確認して、より実効的な安全管理体制を構築することが重要である。

上記の防災対策の具体例を、表 4.3.1 に示す。

表 4.3.1 防災対策の具体例

施設の種類	災害事象	災害の発生を防止する対策	災害の影響拡大を防止する対策
危険物 タンク	流出火災	緊急遮断設備・移送設備の設置・保守 タンク本体・配管等の腐食の点検 タンクの耐震性の点検・強化 液状化危険性の把握	防災資機材の設置 流出への対応・消火活動等の訓練 特定防災施設の地震時の影響評価
	タンク火災	消火設備の設置・駆動源の確保	消火活動の訓練
	毒性ガス拡散	緊急遮断設備の設置 タンクの耐震性の点検・強化 液状化危険性の把握	拡散防止 周辺の住民への広報・関係機関との情報伝達等の訓練
高圧ガス タンク	火災・爆発	タンク本体・配管等の腐食の点検 タンクの耐震性の点検・強化	緊急遮断設備・移送設備の設置 防災設備の駆動源の確保
	毒性ガス拡散	緊急遮断設備・移送設備の設置 除害設備の駆動源の確保 タンク本体・配管等の腐食の点検 タンクの耐震性の点検・強化	拡散防止 周辺の住民への広報・関係機関との情報伝達等の訓練
毒性液体 タンク	毒性ガス拡散	緊急遮断設備の設置 除害設備の設置・駆動源の確保 タンクの耐震性能の確認	周辺の住民への広報・関係機関との情報伝達等の訓練
プラント (製造施設)	可燃性液体の 流出火災 可燃性ガスの 爆発	異常の早期検知 緊急停止のマニュアルの作成・事故防止のための訓練 老朽化した設備の更新 ユーティリティ(用役)の確保についての検討	周辺の住民への広報・関係機関との情報伝達等の訓練
	毒性ガス拡散	異常の早期検知 緊急停止のマニュアルの作成 除害設備の駆動源の確保	周辺の住民への広報・関係機関との情報伝達等の訓練
プラント (発電施設)	可燃性液体の 流出火災	異常の早期検知 老朽化した設備の更新	消火活動の訓練
パイプ ライン	火災・爆発	異常の早期検知 緊急停止の実施	パイプライン周辺の状況の把握

4.3.2 地震時の防災対策(危険物タンクのスロッシング被害)

本調査では、消防法告示で想定されている長周期地震動を前提として、浮き屋根式タンクにおけるタンク火災や流出火災、内部浮き蓋式タンクの浮き蓋の被害について定性的に検討を行った。また、現時点では、南海トラフの巨大地震による長周期地震動の予測結果が得られていないが、発生した場合には東日本大震災の際の長周期地震動を上回る可能性も指摘されていることから、想定以上の被害の発生に備え、以下のようなスロッシング対策を実施することが必要となる。

(1) 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。対象となるタンクは、シングルデッキタイプの浮き屋根を有する特定屋外タンク貯蔵所のうち、容量2万kl以上のタンクと、容量2万kl未満であり、側板の最上端までの空間高さ(Hc)が2m以上のタンクである。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、水島臨海地区には未適合のタンクがあることから、該当タンクについては早急な対応が必要となる。

○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

(2) 応急対策の充実

南海トラフの巨大地震のように大規模で広域的な被害が予想される場合には、(1)のような予防対策により被害の発生を少なくするとともに、被害が発生した場合の応急対策を検討しておくことが重要である。スロッシングによる浮き屋根の沈降やタンク火災が発生した場合には、大容量泡放射砲の配備・運用も含めて広域的な防災対応が必要となるものと予想されることから、現計画の実効性を確認しておくことが必要と考えられる。また、大規模広域災害の発生時には対応力が不足することも十分に考えられ、限られた対応力の中での効果的・効率的な災害対応を図る必要がある。

4.3.3 津波対策

水島臨海地区、笠岡地区ともに、想定される津波では、浸水により施設が大きな被害を受けることは考えにくい。しかし、津波高の予測にはある程度の不確実性があり、想定以上の津波が来襲した場合に備えた災害対応も検討しておく必要がある。

(1) 重要な設備・機器の被害防止

通信設備、防災資機材などの重要な設備が使用不能となることを防ぐ必要がある。通信設備は、従業員への避難などの指示を行うために必要となる。防災資機材は、津波が来襲した後の被害拡大を防止するために必要となる。

(2) 浮遊物の対策

津波により事業所が浸水した場合、事業所内で浮遊物が発生することが考えられる。事業所内にある車両、ドラム缶、容器などの浮遊、流出を防止する、または浮遊物となった場合の被害の拡大を防止するなどの対策が必要となる。

(3) 津波からの避難を考慮した緊急措置

津波への対応では、緊急措置と従業員の避難との両立を考え、とるべき対応の優先順位を検討する必要がある。津波警報が発令された場合、全従業員の事業所への参集がかえって従業員の安全に影響を及ぼす場合も想定される。津波警報発令時の参集基準を改めて検討するとともに、限られた人員での対応を考えておく必要がある。さらに、津波警報発令中に緊急遮断等の措置を行う必要がある場合には、津波の到達予想時刻から作業可能時間を設定し、この時間内の作業を厳守することや、タンカーの離棧作業に従事する場合には、津波監視員を置くとともに必ずライフジャケットを着用するなどの対応が有効と考えられる。

4.3.4 低頻度大規模災害の対策

低頻度大規模災害については、万一発生した場合においても消防機関と連携した迅速な対応が可能となるよう、あらかじめ影響の大きさや必要な対応力を把握しておくことが必要である。低頻度大規模災害の影響評価結果から、特にコンビナート区域外に影響が予想されるような災害については、各事業所において改めて具体的な影響範囲を確認し、消防機関と情報共有しておくことで円滑な対応が可能となる。また、特に周辺住民等の避難が必要となるような場合には、具体的な影響評価結果に基づき、避難対象範囲、対象人数、避難方法、避難場所等を検討しておくことが必要である。

なお、危険物タンクの防油堤内流出火災は火災による放射熱、高圧ガスタンクの爆発火災はファイヤーボールによる放射熱、プラント製造施設の爆発火災は蒸気雲爆発による爆風圧により評価したが、ここで評価した以外の影響（爆発による飛散物等）も考えられることから、注意が必要である。

また、毒性ガス拡散の影響は、漏洩が長時間継続するような場合に問題となる。その影響範囲は、漏洩時の風向や風速等の気象条件に左右され、大きく変化する可能性もあることから、漏洩発生時の気象条件を直ちに確認できるような体制が必要である。

4.3.5 地震時の複合災害への備え

南海トラフの巨大地震が発生した場合には、短周期地震動（強震動及び液状化）による被害、長周期地震動による被害、津波による被害が複合して発生する危険性がある。これらの災害が複合して発生する危険性の推定は困難であり、本調査では評価を行っていないが、各種防災対策の検討にあたってはこのことを念頭に置き、対策の優先順位を決定することが必要と考えられる。