第７章

防災対策の基本的事項の検討

第７章　防災対策の基本的事項の検討

７．１　検討にあたっての前提

７．１．１　想定災害の抽出基準

本調査では、石油コンビナート等防災計画における災害の想定を目的として、以下の災害を対象に防災アセスメントを実施した。

○ 平常時（通常操業時）の事故

○ 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

○ 津波による被害

○ 周辺地域へ影響を及ぼす大規模な災害

防災計画における想定災害の抽出基準は以下に示すとおりである。また、評価結果の概要を 7.2 項に示す。

(1) 平常時の災害

評価対象とした個々の施設について、起こりう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。

○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 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)

また、コンビナートには数多くの施設が存在するため、地区全体で見たときの災害の起こりやすさは施設数に依存することから、あわせて地区全体の災害発生危険度を推定した。

(2) 地震（短周期地震動）による被害

千葉県地震被害想定調査（平成 26～27 年度）では、千葉県内で影響の大きい都市部直下地震として「千葉県北西部直下地震」を想定し、被害想定を行っている。本調査では、コンビナート区域内外を含む広域的な防災対策に資するという観点から、この地震を対象として地区全体の災害発生危険度の評価を行った。

一方、「千葉県北西部直下地震」は、コンビナートにおいては必ずしも最大の地震とはならない

ことを踏まえ、評価対象とした個々の施設について、千葉県地震被害想定調査（平成 26～27 年度）による「防災対策用地震」を想定して起こりう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。

○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(想定する地震動に対して)

⇒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 レベル

・10^{-4}の確率で発生すると考えられる災害(想定する地震動に対して)

⇒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)

なお、「防災対策用地震」は特定の震源断層を想定したものではなく、どこでも起こり得る地震として、プレート内及び地殻内に一律に M7 クラスの地震を想定したものである。すなわち、これらの想定災害は、特定の地震の発生によって引き起こされるような災害ではないことに留意する必要がある。

(3) 地震（長周期地震動）による被害

危険物タンクでは、長周期地震動によりスロッシング被害が生じる可能性があるが、スロッシング被害を引き起こすような長周期地震動は、南海トラフや相模トラフで発生する M8 以上の海溝型巨大地震により生じやすい。

南海トラフで発生する地震については、平成 27 年 12 月に内閣府より長周期地震動の予測結果が公表されたところである。本調査では、1854 年安政東海地震、1707 年宝永地震、南海トラフ巨大地震（最大クラスの地震）の予測データの提供を受け、これらのうち最大である南海トラフ巨大地震について、危険物タンクのスロッシング最大波高の推定を行った。

また、想定東海地震については、地震調査研究推進本部による「長周期地震動予測地図（2009 年試作版）」も公開されている。資料 10 では、このデータを用いてスロッシング最大波高等の推定を行った。

一方、相模トラフで発生する地震については、平成 28 年 1 月より内閣府において検討が行われているところであるが[i]、現時点では長周期地震動の予測結果は公表されていない。

なお、地震調査研究推進本部の長期評価によると、南海トラフにおける M8～9 クラスの地震について、今後 30 年以内の発生確率が 70%程度[ii]、相模トラフにおける M8 クラスの地震について、今後 30 年以内の発生確率がほぼ 0～5%[iii]とされており、地震の発生危険性は南海トラフが高いと言える。

---

[i] 内閣府：相模トラフ沿いの巨大地震等による長周期地震動検討会

[ii] 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：南海トラフの地震活動の長期評価（第二版），2013

[iii] 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：相模トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版），2014

したがって、長周期地震動によるスロッシング被害については、以下に示す優先度で対策を検討することが適当と考えられる。

○南海トラフで発生する地震（M8～9 クラス）による被害

⇒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

*）南海トラフで発生する地震のうち最大クラスの地震の発生確率は、100～200 年間隔で繰り返し起きている地震に比べ一桁以上低いと考えられている。したがって、今後発生する危険性が高い地震として、過去に発生した地震のうちコンビナートへの影響が大きい 1854 年安政東海地震を想定しておくことが適当と考えられる。ただし、南海トラフで発生する地震には多様性があり、次に発生する地震の震源域の特定は困難とされていること、安政東海地震と最大クラスの地震との差があまりないことを踏まえ、スロッシング被害の評価にあたっては最大クラスの地震を想定した。

*）想定東海地震の予測結果は、南海トラフ最大クラスの地震の予測結果よりも大きなものとなっている。しかし、これらの予測結果の妥当性についての判断は困難であることから、予測結果にはばらつきがあることを踏まえ、想定東海地震の予測結果についても参考とすることが適当である。

○相模トラフで発生する地震（M8 クラス）による被害

⇒万一発生した場合に備え、コンビナート全体の総合的防災対策を検討しておくべき災害

*）現時点では内閣府による長周期地震動の予測結果が公表されていないが、今後最新の成果が得られた場合には、スロッシングによる被害の発生危険性を確認し、必要に応じて溢流対策の実施を検討する必要がある。

(4) 津波による被害

千葉県地震被害想定調査（平成 26～27 年度）では、房総半島東方沖日本海溝沿い地震（1677 年延宝房総沖地震の震源域のうち東北地方太平洋沖地震で破壊しなかった領域を想定波源域としたもの）を想定して津波浸水予測が行われている。また、中央防災会議（2003）では、想定東海・東南海・南海地震を想定した津波高の予測が行われている（資料 13）。

これらの予測結果に基づき、房総半島東方沖日本海溝沿い地震による津波については、コンビナートにおける浸水の有無を確認し、想定東海・東南海・南海地震による津波については、沿岸における津波高さとコンビナートの護岸高さとを比較した。

さらに、津波と高潮とが重なった場合や、想定を超える巨大地震の発生など、想定よりも大きな津波が生じる可能性について検討を行った。

以上より、津波による被害については、以下に示す優先度で対策を検討することが適当と考えられる。

○房総半島東方沖日本海溝沿い地震、想定東海・東南海・南海地震による津波

⇒現実的に起こりうると考えて対策を検討しておくべき津波

○想定を超える津波（津波と高潮との複合、相模トラフにおける M8 クラスの地震、南海トラフにおける最大クラス（M9）の地震）

⇒万一発生した場合に備え、コンビナート全体の総合的防災対策を検討しておくべき津波

(5) 大規模災害

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。

７．１．２　評価結果を防災対策に活用する場合の留意事項

（1）評価のレベル（評価の細かさ）

本調査は、石油コンビナート等防災計画における災害の想定を目的として、コンビナート全域を対象に評価を行ったものである。防災アセスメントでは、コンビナートに所在する代表的な施設について、災害の発生と拡大の様相がある程度共通とみなせる施設群をひとまとめにしたマクロな評価を行っている。したがって、1 つ 1 つの施設の詳細な状況を反映した評価とは、評価の細かさが異なることに留意する必要がある。

このような意味で、本調査は防災対策の重点事項を洗い出すための基礎的な調査であり、これによって直ちに多額のコストを要するハード対策が要求されるようなものではない。防災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、施設の詳細な状況を反映した具体的な検討を行い、当該施設の災害の危険性を改めて確認する必要がある。

（2）評価結果の信頼性

平常時の災害や地震（短周期地震動）による被害の評価では、災害の発生危険度と災害が発生した場合の影響度を推定し、この両者の結果により危険性を評価している。

災害の発生危険度は、平常時の場合には過去の事故統計データに基づき、地震時の場合には地震による施設の被害率に基づき推定を行っているが、現時点では推定に必要なデータや工学的な解析結果が十分に整備されているとはいえず、専門家の判断等に基づく仮定も多い。したがって、災害の発生危険度は絶対的な指標としてではなく、一定の基準のもとで判断した相対的指標として取扱うことが必要である（例えば、発生頻度が 10^{-3} の事象に比べて 2×10^{-3} の事象は 2 倍くらい起こりやすく、10^{-2} の事象は 10 倍くらい起こりやすい）。すなわち、災害の発生危険度は、防災対策実施にあたっての各施設の優先度を判断する目安として位置付けられる。

一方、災害の影響度については、発生危険度よりも不確定要素は少ないと考えられるが、簡易的な手法による推定結果であり、より厳密な解析を行うシミュレーションとは異なる。災害の影響度の評価結果を今後の防災対策に利用する場合には、このような点を踏まえ、目的に応じてより詳細な検討を行うことが望ましい。また、災害の影響度は一定条件のもとでの推定結果であり、実際には想定している条件以外での災害が起こり得ることにも留意する必要がある。

７．２　コンビナートにおける想定災害

７．２．１　平常時の想定災害

(1) コンビナート全体の評価結果

平常時において想定される、地区全体の災害発生頻度を表 7.2.1 に示す。

表 7.2.1　平常時における災害発生頻度

施設	災害事象		災害発生頻度[件/年]		
			京葉臨海北部	京葉臨海中部	京葉臨海南部
危険物タンク	流出火災	小量流出･火災	6.7×10^{-4}	1.7×10^{-2}	1.2×10^{-4}
		中量流出･火災	2.4×10^{-3}	1.1×10^{-2}	7.3×10^{-6}
		仕切堤内流出･火災	3.9×10^{-8}	9.9×10^{-5}	対象施設なし
		防油堤内流出･火災	1.2×10^{-4}	3.9×10^{-4}	8.1×10^{-7}
		防油堤外流出･火災	1.5×10^{-8}	4.4×10^{-8}	3.9×10^{-11}
	タンク火災	タンク小火災/リム火災	7.7×10^{-4}	3.1×10^{-3}	5.2×10^{-6}
		リング火災	対象施設なし	5.1×10^{-5}	対象施設なし
		タンク全面火災	8.5×10^{-5}	4.9×10^{-4}	5.7×10^{-7}
	毒性ガス拡散	小量流出･拡散	対象施設なし	2.7×10^{-4}	対象施設なし
		中量流出･拡散		2.4×10^{-4}	
		仕切堤内流出･拡散		1.5×10^{-8}	
		防油堤内流出･拡散		1.9×10^{-5}	
		防油堤外流出･拡散		2.1×10^{-9}	
ガスタンク	爆発火災	小量流出･爆発火災	6.3×10^{-5}	6.2×10^{-3}	3.7×10^{-4}
		中量流出･爆発火災	2.4×10^{-6}	4.8×10^{-4}	1.4×10^{-5}
		大量流出･爆発火災	4.5×10^{-8}	1.2×10^{-4}	2.6×10^{-7}
		全量流出･爆発火災	1.8×10^{-6}	6.3×10^{-5}	1.0×10^{-5}
	毒性ガス拡散	小量流出･拡散	対象施設なし	7.8×10^{-4}	1.3×10^{-4}
		中量流出･拡散		9.3×10^{-5}	5.2×10^{-6}
		大量流出･拡散		1.2×10^{-5}	9.6×10^{-8}
		全量流出･拡散		1.3×10^{-5}	3.8×10^{-6}
プラント（製造施設）	流出火災	小量流出･火災	4.0×10^{-2}	1.7	4.0×10^{-2}
		ユニット全量流出･火災	9.0×10^{-3}	3.7×10^{-1}	9.0×10^{-3}
		大量流出･火災	4.9×10^{-4}	2.0×10^{-2}	4.9×10^{-4}
	爆発火災	小量流出･爆発火災	2.7×10^{-3}	4.4×10^{-1}	対象施設なし
		ユニット全量流出･爆発火災	5.9×10^{-4}	9.6×10^{-2}	
		大量流出･爆発火災	3.6×10^{-5}	5.9×10^{-3}	
	毒性ガス拡散	小量流出･拡散	対象施設なし	3.2×10^{-4}	対象施設なし
		ユニット全量流出･拡散		7.0×10^{-5}	
		大量流出･拡散		6.9×10^{-6}	
プラント（発電施設）	流出火災	小量流出･火災	対象施設なし	1.2×10^{-1}	1.4×10^{-2}
		中量流出･火災		1.2×10^{-3}	1.4×10^{-4}
		大量流出･火災		1.2×10^{-6}	1.4×10^{-7}
	爆発火災	小量流出･爆発火災	対象施設なし	1.2×10^{-2}	対象施設なし
		中量流出･爆発火災		1.2×10^{-4}	
		大量流出･爆発火災		1.3×10^{-6}	

表 7.2.1　平常時における災害発生頻度（続き）

施設	災害事象		災害発生頻度[件/年]		
			京葉臨海北部	京葉臨海中部	京葉臨海南部
海上入出荷施設	流出火災	小量流出・火災	1.8×10^{-4}	3.3×10^{-3}	5.0×10^{-5}
		大量流出・火災	1.6×10^{-5}	9.2×10^{-5}	5.0×10^{-7}
	爆発火災	小量流出・爆発火災	2.5×10^{-5}	3.7×10^{-4}	対象施設なし
		大量流出・爆発火災	2.5×10^{-7}	3.8×10^{-6}	
パイプライン	流出火災	小量流出・火災	7.7×10^{-5}	6.8×10^{-3}	1.5×10^{-4}
		大量流出・火災	7.8×10^{-7}	6.9×10^{-5}	1.6×10^{-6}
	爆発火災	小量流出・爆発火災	対象施設なし	3.4×10^{-3}	対象施設なし
		大量流出・爆発火災		3.4×10^{-5}	
計			5.7×10^{-2}	2.8	6.5×10^{-2}

注 1）各災害事象の定義については第 2 章第 2 項参照（以下同様）。
注 2）災害事象のうち流出火災や爆発火災は火災の発生頻度を評価したものであり、流出の発生頻度はこれよりも大きくなる。
注 3）危険物タンクの災害発生頻度には容量 500kl 未満の特定外タンクは含まれないが、これを加えた場合でも、年間の災害発生頻度はわずかに増加する程度である（例えば、中部地区において何らかの災害が発生する頻度は 2.8→2.9 程度になると推定される）。

（2）個々の施設の評価結果

平常時に個々の施設において想定される災害を、表 7.2.2～7.2.4 に示す。表中の括弧内の数字は該当する施設数を表す。

表 7.2.2　平常時の想定災害（京葉臨海北部地区）

施設		第 1 段階の災害	第 2 段階の災害
危険物タンク		（流出火災） 小量流出火災(13)・中量流出火災(72)。火災の影響は施設周辺にとどまる。 （タンク火災） タンク小火災/リム火災(33)。火災の影響はわずかである。	（流出火災） 小量流出火災(18)・中量流出火災(17)・防油堤内流出火災(33)。防油堤内流出火災の影響は防油堤面積により異なるが、事業所敷地を超えるものがある。 （タンク火災） タンク小火災/リム火災(55)・タンク全面火災(33)。火災の影響は施設周辺にとどまる。
ガスタンク		（爆発火災） 小量流出爆発火災(3)。爆発の影響は事業所敷地を若干超える。	（爆発火災） 中量流出爆発火災(3)。爆発の影響は事業所敷地を超える。
プラント	製造施設	（流出火災） 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。 （爆発火災） 小量流出爆発火災(1)・ユニット内全量流出爆発火災(1)・大量流出爆発火災(1)。影響は事業所敷地を超える。	（流出火災） 該当なし （爆発火災） 該当なし
海上入出荷施設		（流出火災） 小量流出火災(4)・大量流出火災(3)。 （爆発火災） 小量流出爆発火災(1)。 いずれも影響が区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。	（流出火災） 大量流出火災(1)。影響が区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。 （爆発火災） 該当なし
パイプライン		（流出火災） 小量流出火災(1)。影響はⅣレベル(50m 未満)である。	（流出火災） 大量流出火災(1)。影響はⅣレベル(50m 未満)である。

注 1)海上入出荷施設の影響度は定性的に検討を行った(第 2 章 2.4.5 項参照、以下同様)。
注 2)パイプラインの災害は延長上のどこでも起こり得るため、場所は特定できない(以下同様)。

表 7.2.4　平常時の想定災害（京葉臨海中部地区）

施設		第 1 段階の災害	第 2 段階の災害
危険物タンク		（流出火災） 小量流出火災(352)・中量流出火災(289)。影響は施設周辺にとどまる。 （タンク火災） タンク小火災/リム火災(96)・タンク全面火災(2)。火災の影響はわずかである。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(6)・中量流出毒性ガス拡散(7)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。中量流出毒性ガス拡散の影響はコンビナート内にとどまる。	（流出火災） 小量流出火災(360)・中量流出火災(476)・仕切堤内流出火災(13)・防油堤内流出火災(85)。仕切堤内や防油堤内流出火災の影響は防油堤等の面積によりやや大きくなるものもあるが、コンビナート内にとどまる。 （タンク火災） タンク小火災/リム火災(542)・リング火災(2)・タンク全面火災(153)。影響は施設周辺にとどまる。 （毒性ガス拡散） 中量流出毒性ガス拡散(1)・防油堤内流出毒性ガス拡散(6)。防油堤内流出毒性ガス拡散の影響は、コンビナート外への影響が懸念される。
ガスタンク		（爆発火災） 小量流出爆発火災(288)・中量流出爆発火災(12)。爆発の影響はコンビナート内にとどまる。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(35)・中量流出毒性ガス拡散(3)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。中量流出毒性ガス拡散の影響はコンビナート内にとどまる。	（爆発火災） 小量流出爆発火災(53)・中量流出爆発火災(270)・大量流出爆発火災(188)・全量流出爆発火災(94)。爆発の影響は大きくなるものもあるが、コンビナート内にとどまる。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(11)・中量流出毒性ガス拡散(35)・大量流出毒性ガス拡散(18)・全量流出毒性ガス拡散(20)。一部の施設では、中量または大量流出毒性ガス拡散によるコンビナート外への影響が懸念される。
プラント	製造施設	（流出火災） 小量流出火災(249)・ユニット内全量流出火災(249)・大量流出火災(249)。影響は施設周辺にとどまる。 （爆発火災） 小量流出爆発火災(163)・ユニット内全量流出爆発火災(163)・大量流出爆発火災(163)。ユニット内全量や大量流出爆発火災が発生した場合の影響は大きく、一部の施設ではコンビナート外への影響が懸念される。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(16)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。	（流出火災） 該当なし （爆発火災） 該当なし （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(4)・ユニット内全量流出毒性ガス拡散(20)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。ユニット内全量流出毒性ガス拡散の影響は、一部の施設ではコンビナート外への影響が懸念される。

表 7.2.4　平常時の想定災害（京葉臨海中部地区）（続き）

施設		第1段階の災害	第2段階の災害
プラント	発電施設	（流出火災） 小量流出火災(34)・中量流出火災(34)。影響は施設周辺にとどまる。 （爆発火災） 小量流出爆発火災(7)・中量流出爆発火災(7)。影響は施設周辺にとどまる。	（流出火災） 該当なし （爆発火災） 該当なし
海上入出荷施設		（流出火災） 小量流出火災(67)・大量流出火災(13)。 （爆発火災） 小量流出爆発火災(15)。 いずれも影響が区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。	（流出火災） 大量流出火災(54)。影響が区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。 （爆発火災） 該当なし
パイプライン		（流出火災） 小量流出火災(88)。影響はⅣレベル（50m未満）である。 （爆発火災） 小量流出爆発火災(87)。影響はⅡレベル（200m未満）である。	（流出火災） 大量流出火災(88)。影響はⅢレベル（100m未満）である。 （爆発火災） 該当なし

表 7.2.4　平常時の想定災害（京葉臨海南部地区）

施設		第 1 段階の災害	第 2 段階の災害
危険物タンク		（流出火災） 小量流出火災(2)。影響はわずかである。 （タンク火災） 該当なし	（流出火災） 小量流出火災(6)・中量流出火災(2)。影響は施設周辺にとどまる。 （タンク火災） タンク小火災/リム火災(2)。火災の影響はわずかである。
ガスタンク		（爆発火災） 小量流出爆発火災(17)。爆発の影響は事業所敷地内にとどまる。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(6)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。	（爆発火災） 小量流出爆発火災(4)・中量流出爆発火災(17)・全量流出爆発火災(17)。爆発の影響は事業所敷地内にとどまる。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(2)・中量流出毒性ガス拡散(6)・全量流出毒性ガス拡散(6)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。中量または全量流出毒性ガス拡散の影響は事業所敷地内にとどまる。
プラント	製造施設	（流出火災） 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)。影響はわずかである。	（流出火災） 該当なし
	発電施設	（流出火災） 小量流出火災(4)・ユニット内全量流出火災(4)。影響は施設周辺にとどまる。	（流出火災） 該当なし
海上入出荷施設		（流出火災） 小量流出火災(1)。影響が区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。	（流出火災） 大量流出火災(1)。影響が区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。
パイプライン		（流出火災） 小量流出火災(2)。影響はⅤレベル（20m 未満）である。	（流出火災） 大量流出火災(2)。影響はⅤレベル（20m 未満）である。

７．２．２　地震時の想定災害（短周期地震動による被害）

（1）コンビナート全体の評価結果

千葉県北西部直下地震を想定した場合に想定される、地区全体の災害発生確率を表 7.2.5 に示す。

表 7.2.5　地震時における災害発生確率（千葉県北西部直下地震）

施設	災害事象		災害発生確率		
			京葉臨海北部	京葉臨海中部	京葉臨海南部
危険物タンク	流出火災	小量流出･火災	2.3×10^{-2}	8.9×10^{-2}	4.5×10^{-4}
		中量流出･火災	1.3×10^{-1}	1.1×10^{-1}	1.2×10^{-4}
		仕切堤内流出･火災	2.2×10^{-5}	2.5×10^{-3}	対象施設なし
		防油堤内流出･火災	1.4×10^{-2}	9.3×10^{-3}	4.1×10^{-5}
		防油堤外流出･火災	8.8×10^{-4}	1.7×10^{-4}	1.2×10^{-7}
	毒性ガス拡散	小量流出･拡散	対象施設なし	4.0×10^{-3}	対象施設なし
		中量流出･拡散		4.3×10^{-3}	
		仕切堤内流出･拡散		1.7×10^{-8}	
		防油堤内流出･拡散		1.9×10^{-4}	
		防油堤外流出･拡散		6.5×10^{-6}	
ガスタンク	爆発火災	小量流出･爆発火災	1.1×10^{-2}	4.3×10^{-2}	3.1×10^{-3}
		中量流出･爆発火災	2.0×10^{-4}	2.9×10^{-3}	5.5×10^{-5}
		大量流出･爆発火災	2.4×10^{-5}	6.7×10^{-5}	8.5×10^{-7}
		全量流出･爆発火災	5.7×10^{-5}	1.8×10^{-4}	6.0×10^{-6}
	毒性ガス拡散	小量流出･拡散	対象施設なし	7.5×10^{-3}	2.1×10^{-3}
		中量流出･拡散		1.5×10^{-3}	3.2×10^{-5}
		大量流出･拡散		3.2×10^{-5}	5.4×10^{-7}
		全量流出･拡散		7.6×10^{-5}	4.0×10^{-6}
プラント（製造施設）	流出火災	小量流出･火災	1.7×10^{-2}	1.1×10^{-1}	3.4×10^{-3}
		ユニット全量流出･火災	3.8×10^{-3}	2.5×10^{-2}	7.6×10^{-4}
		大量流出･火災	6.4×10^{-4}	3.0×10^{-3}	9.3×10^{-5}
	爆発火災	小量流出･爆発火災	2.1×10^{-3}	2.8×10^{-2}	対象施設なし
		ユニット全量流出･爆発火災	4.7×10^{-4}	6.3×10^{-3}	
		大量流出･爆発火災	8.5×10^{-5}	8.2×10^{-4}	
	毒性ガス拡散	小量流出･拡散	対象施設なし	3.3×10^{-3}	対象施設なし
		ユニット全量流出･拡散		4.1×10^{-3}	
		大量流出･拡散		1.5×10^{-4}	

表 7.2.5　地震時における災害発生確率（千葉県北西部直下地震）（続き）

施設	災害事象		災害発生確率		
			京葉臨海北部	京葉臨海中部	京葉臨海南部
プラント（発電施設）	流出火災	小量流出･火災	対象施設なし	4.3×10^{-3}	4.2×10^{-4}
		中量流出･火災		1.1×10^{-4}	9.0×10^{-6}
		大量流出･火災		5.4×10^{-7}	4.5×10^{-8}
	爆発火災	小量流出･爆発火災	対象施設なし	3.9×10^{-4}	対象施設なし
		中量流出･爆発火災		7.9×10^{-6}	
		大量流出･爆発火災		4.2×10^{-7}	
計			2.0×10^{-1}	4.7×10^{-1}	1.1×10^{-2}

注 1)危険物タンクの屋根での火災及び浮き屋根の損傷･沈降は、主としてスロッシングによる被害と考えられるため、確率的評価とは別途評価を行った（第 4 章参照、以下同様）。

注 2)海上入出荷施設及びパイプラインの地震による被害の発生危険度は、過去の被害事例及び当該地区の状況に基づき定性的に評価を行った（第 3 章 3.2.2.4 及び 3.2.2.5 項参照、以下同様）。

注 3)災害事象のうち流出火災や爆発火災は火災の発生確率を評価したものであり、流出の発生確率はこれよりも大きくなる。

注 4)危険物タンクの災害発生確率には容量 500kl 未満の特定外タンクは含まれないが、これを加えた場合、地震時の災害発生確率はわずかに増加する（例えば、中部地区において何らかの災害が発生する確率は 0.5→0.9 程度になると推定される）。

(2) 個々の施設の評価結果

防災対策用地震を想定した場合に、個々の施設において想定される災害を表 7.2.6～7.2.8 に示す。表中の括弧内の数字は該当する施設数を表す。

表 7.2.6　地震時（防災対策用地震）の想定災害（京葉臨海北部地区）

<table>
<tr><th>施設</th><th>第 1 段階の災害</th><th>第 2 段階の災害</th></tr>
<tr><td>危険物タンク</td><td>（流出火災）
小量流出火災(22)・中量流出火災(79)・防油堤内流出火災(20)。防油堤内流出火災の影響は防油堤面積により異なるが、一部の施設では事業所敷地を超える。</td><td>（流出火災）
小量流出火災(9)・中量流出火災(19)・仕切堤内流出火災(1)・防油堤内流出火災(44)・防油堤外流出火災(16)。防油堤内流出火災の影響は防油堤面積により異なるが、一部の施設では事業所敷地を超える。防油堤外流出火災の影響は算定を行っていないが、地震時の防油堤の破損等により、流出範囲が拡大するような事象である。</td></tr>
<tr><td>ガスタンク</td><td>小量流出爆発火災(3)。爆発の影響は事業所敷地を若干超える。</td><td>中量流出爆発火災(3)・全量流出爆発火災(3)。爆発の影響は事業所敷地を超える。</td></tr>
<tr><td>プラント　製造施設</td><td>（流出火災）
小量流出火災(6)・ユニット内全量流出火災(6)。影響は施設周辺にとどまる。
（爆発火災）
小量流出爆発火災(1)・ユニット内全量流出爆発火災(1)。影響は事業所敷地を超える。</td><td>（流出火災）
大量流出火災(6)。影響は施設周辺にとどまる。
（爆発火災）
大量流出爆発火災(1)。影響は事業所敷地を超える。</td></tr>
<tr><td>海上入出荷施設</td><td colspan="2">地震による被害が発生する可能性があるが、入出荷中でなければ石油類や LPG の流出量は小量にとどまり、火災となる危険性は低いと考えられる。
ただし、入出荷中の場合や、地震による護岸の損壊、津波警報が発表された場合には、石油類が海上に流出し、拡散する可能性がある。LPG が大量に流出した場合には、爆発火災の危険性がある。</td></tr>
<tr><td>パイプライン</td><td colspan="2">液状化対策未実施の施設では、地震により施設が損傷して石油類が流出する可能性がある。ただし、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可能性は低いと考えられる。</td></tr>
</table>

表 7.2.7　地震時（防災対策用地震）の想定災害（京葉臨海中部地区）

施設		第 1 段階の災害	第 2 段階の災害
危険物タンク		（流出火災） 小量流出火災(394)・中量流出火災(572)・仕切堤内流出火災(4)・防油堤内流出火災(47)。防油堤内流出火災の影響は防油堤面積によりやや大きくなるものもあるが、コンビナート内にとどまる。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(6)・中量流出毒性ガス拡散(7)・防油堤内流出毒性ガス拡散(1)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。防油堤内流出毒性ガス拡散の影響はコンビナート外への影響が懸念される。	（流出火災） 小量流出火災(310)・中量流出火災(475)・仕切堤内流出火災(231)・防油堤内流出火災(447)・防油堤外流出火災(2)。防油堤内流出火災の影響は防油堤面積によりやや大きくなるものもあるが、概ねコンビナート内にとどまる。防油堤外流出火災の影響は算定を行っていないが、地震時の防油堤の破損等により、流出範囲が拡大するような事象である。 （毒性ガス拡散） 中量流出毒性ガス拡散(1)・防油堤内流出毒性ガス拡散(6)。防油堤内流出毒性ガス拡散の影響は、コンビナート外への影響が懸念される。
ガスタンク		（爆発火災） 小量流出爆発火災(291)・中量流出爆発火災(12)。爆発の影響はコンビナート内にとどまる。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(46)・中量流出毒性ガス拡散(3)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。一部の施設では、コンビナート外への影響が懸念される。	（爆発火災） 小量流出爆発火災(50)・中量流出爆発火災(250)・全量流出爆発火災(12)。爆発の影響は大きくなるものもあるが、コンビナート内にとどまる。 （毒性ガス拡散） 中量流出毒性ガス拡散(36)・大量流出毒性ガス拡散(2)・全量流出毒性ガス拡散(15)。一部の施設では、コンビナート外への影響が懸念される。
プラント	製造施設	（流出火災） 小量流出火災(249)・ユニット内全量流出火災(249)。影響は施設周辺にとどまる。 （爆発火災） 小量流出爆発火災(163)・ユニット内全量流出爆発火災(82)。影響は大きく、一部の施設ではコンビナート外への影響が懸念される。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(17)・ユニット内全量流出毒性ガス拡散(18)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。ユニット内全量流出毒性ガス拡散の影響は大きくなるものもあるが、概ねコンビナート内にとどまる。	（流出火災） 大量流出火災(249)。影響は施設周辺にとどまる。 （爆発火災） ユニット内全量流出爆発火災(81)・大量流出爆発火災(163)。影響は大きく、一部の施設ではコンビナート外への影響が懸念される。 （毒性ガス拡散） 小量流出毒性ガス拡散(3)・ユニット内全量流出毒性ガス拡散(2)・大量流出毒性ガス拡散(16)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。ユニット内全量または大量流出毒性ガス拡散の影響は、一部の施設ではコンビナート外への影響が懸念される。
	発電施設	（流出火災） 小量流出火災(34)。影響は施設周辺にとどまる。 （爆発火災） 小量流出爆発火災(7)。影響は施設周辺にとどまる。	（流出火災） 該当なし （爆発火災） 該当なし

表 7.2.7　地震時（防災対策用地震）の想定災害（京葉臨海中部地区）（続き）

<table>
<tr><th>施設</th><th>第 1 段階の災害</th><th>第 2 段階の災害</th></tr>
<tr><td>海上入出荷施設</td><td colspan="2">地震による被害が発生する可能性があるが、入出荷中でなければ石油類や LPG、LNG の流出量は小量にとどまり、火災となる危険性は低いと考えられる。
ただし、入出荷中の場合や、地震による護岸の損壊、津波警報が発表された場合には、石油類が海上に流出し、拡散する可能性がある。LPG、LNG が大量に流出した場合には、爆発火災の危険性がある。</td></tr>
<tr><td>パイプライン</td><td colspan="2">液状化対策未実施の施設では、地震により施設が損傷して石油類や高圧ガスが流出する可能性がある。ただし、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可能性は低いと考えられる。</td></tr>
</table>

表 7.2.8　地震時（防災対策用地震）の想定災害（京葉臨海南部地区）

<table>
<tr><th colspan="2">施設</th><th>第 1 段階の災害</th><th>第 2 段階の災害</th></tr>
<tr><td colspan="2">危険物タンク</td><td>（流出火災）
小量流出火災(3)・中量流出火災(2) ・防油堤内流出火災(2)。影響は事業所敷地内にとどまる。</td><td>（流出火災）
小量流出火災(5)・中量流出火災(3)・防油堤内流出火災(3)。影響は事業所敷地内にとどまる。</td></tr>
<tr><td colspan="2">ガスタンク</td><td>（爆発火災）
小量流出爆発火災(17)。爆発の影響は事業所敷地内にとどまる。
（毒性ガス拡散）
小量流出毒性ガス拡散(8)。小量流出は緊急遮断設備によりただちに漏洩停止するような災害事象であり、実質的な影響は小さい。</td><td>（爆発火災）
小量流出爆発火災(4)・中量流出爆発火災(17)・全量流出爆発火災(1)。爆発の影響は事業所敷地内にとどまる。
（毒性ガス拡散）
中量流出毒性ガス拡散(6)・全量流出毒性ガス拡散(6)。影響は事業所敷地内にとどまる。</td></tr>
<tr><td rowspan="2">プラント</td><td>製造施設</td><td>（流出火災）
小量流出火災(6)・ユニット内全量流出火災(6)。影響は施設周辺にとどまる。</td><td>（流出火災）
大量流出火災(6)。影響は施設周辺にとどまる。</td></tr>
<tr><td>発電施設</td><td>（流出火災）
小量流出火災(4)。影響は施設周辺にとどまる。</td><td>（流出火災）
中量流出火災(4)。影響は施設周辺にとどまる。</td></tr>
<tr><td colspan="2">海上入出荷施設</td><td colspan="2">地震による被害が発生する可能性があるが、入出荷中でなければ石油類の流出量は小量にとどまり、火災となる危険性は低いと考えられる。
ただし、入出荷中の場合や、地震による護岸の損壊、津波警報が発表された場合には、石油類が海上に流出し、拡散する可能性がある。</td></tr>
<tr><td colspan="2">パイプライン</td><td colspan="2">液状化対策未実施の施設では、地震により施設が損傷して石油類が流出する可能性がある。ただし、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可能性は低いと考えられる。</td></tr>
</table>

７．２．３　地震時の想定災害（長周期地震動による被害）

(1) 南海トラフ地震によるスロッシング最大波高の推定

南海トラフにおける最大クラスの地震により想定されるスロッシング最大波高の評価結果を表7.2.9 に示す。

表 7.2.9　南海トラフ・最大クラス地震によるｽﾛｯｼﾝｸﾞ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	特定タンク				準特定タンク			計
	固定屋根	内部浮き蓋	浮き屋根(S)	浮き屋根(D)	固定屋根	内部浮き蓋	浮き屋根(S)	
超えない	457	126(78)	246(66)	28	272	31(12)	3	1163(156)
超える					1			1
計	457	126(78)	246(66)	28	273	31(12)	3	1164(156)

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。

注 2）括弧内は浮き屋根/浮き蓋の技術基準に未適合のタンク数で、内数である（平成 28 年 3 月末現在）。

注 3）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超える」とする。

(2) スロッシングによる災害の危険性

スロッシングによる災害の危険性を表 7.2.10 に示す。

表 7.2.10　南海トラフ・最大クラス地震によるスロッシング被害の危険性

屋根形式	被害発生の危険性
浮き屋根式	スロッシングによる内容物の溢流は想定されない。ただし、浮き屋根の技術基準に適合していないタンクについては損傷に注意が必要であり、特に引火性の高い第１石油類等を貯蔵するタンクは、火災の発生にも留意する必要がある。
内部浮き蓋式	スロッシングによる内容物の溢流は想定されない。ただし、内部浮き蓋の技術基準に適合していないタンクについては損傷に注意が必要であり、特に引火性の高い第１石油類等を貯蔵するタンクは、爆発や火災の発生にも留意する必要がある。
固定屋根式	満液時にスロッシング最大波高がタンク高さを上回るタンクが１基あるが、最大波高は約0.6m未満であることから、側板と屋根との接続部を損傷し、内容物が溢流する危険性は低いと考えられる。念のため屋根部の損傷に注意が必要であるが、内容物は第３石油類であり、万一溢流した場合の着火危険性は低いと考えられる。

７．２．４　津波による被害

（1）房総半島東方沖日本海溝沿い地震による津波被害

房総半島東方沖日本海溝沿い地震のコンビナート沿岸における津波高は T.P.+ 1.1～1.6m（A.P.+ 2.2～2.7m）であり、浸水予測結果から、評価対象施設は浸水しないことを確認した。したがって、津波浸水被害の発生や、地震による被害と津波との複合災害の発生も考えにくい。ただし、津波により船舶、ドラム缶、木材などの漂流物が生じる可能性があることから、桟橋等の沿岸構造物については注意が必要と考えられる。

（2）想定東海・東南海・南海地震による津波被害

想定東海・東南海・南海地震（内閣府、2003）については浸水予測が行われていないことから、沿岸における津波高さとコンビナートの護岸高さとを比較した。津波高は T.P.+ 1.2～1.7m（A.P.+ 2.3～2.8m）であり、コンビナートの護岸高さは T.P.+ 1.9～4.9m（A.P.+ 3.1～6.1m）であることから、浸水の危険性は低いと考えられるが、浸水予測が行われていないことから、今後予測結果が得られた場合には改めて確認する必要がある。

（3）想定を超える津波

津波と高潮の発生とが重なった場合には、想定よりも大きな津波が生じる可能性がある。現在の気候下で東京湾において発生可能な最大級の高潮・高波の予測を行った結果によると、台風による潮位偏差（計算上の潮位と実際の潮位との差）は葛南で最大 3.3m、千葉港中央で 2.5m 超、北袖ヶ浦で 2m 弱と予測されている（村上・他、2011）。

また、想定を超える巨大地震により、大きな津波が生じる可能性もある。南海トラフにおける最大クラスの地震による津波高は T.P.+ 1.3～2.6m（A.P.+ 2.4～3.7m）であり、京葉臨海北部地区では 1m 未満の浸水が想定されている（内閣府、2012）。相模トラフの最大クラスの地震と考えられる元禄型関東地震が発生した場合には、沿岸の津波高は T.P.+ 1.7～4.5m（A.P.+ 2.8～5.6m）であり、京葉臨海北部地区及び南部地区で 1m 未満、京葉臨海中部地区で最大 2～3m の浸水が想定されている（内閣府、2015）。

仮に、津波により浸水が発生した場合には、以下のような被害発生の可能性がある。

評価対象施設の被害	タンク防油堤・防液堤内の浸水、製造プラントの浸水、ポンプ設備の停止、桟橋の浸水等
ユーティリティの被害	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・エアー設備、ポンプ類等の浸水による停電、窒素・蒸気・エアーの不足、消火用放水量不足
その他の被害	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

７．２．５　大規模災害の想定

(1) 大規模災害の様相

表 7.2.11 に、評価対象施設において起こり得る災害事象とその様相を示す。

表 7.2.11　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。
危険物タンク	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。
危険物タンク	ボイルオーバー	原油や重油など広い沸点範囲を持つ油のタンク火災では、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は油種及び火災の状況（継続時間）によって異なる。
ガスタンク	BLEVE（爆発・ファイヤーボール）	BLEVE は、主に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火災等の影響により破損・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。内容物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。BLEVE の発生後、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。
ガスタンク	ガスホルダーの爆発火災	ガスホルダー内のピストンに不具合が生じ、ガスがピストン上部に漏洩した場合には、可燃性混合気を形成して着火・爆発する危険性がある。さらに、周辺の他の設備に延焼した場合には拡大火災となる。
ガスタンク	LNG タンク火災	平底円筒形の LNG タンクにおいてタンク内圧が上昇し、脱圧に失敗した場合には屋根部が損傷する。屋根が完全に損壊して着火した場合にはタンク全面火災となる。
プラント	プラントにおける爆発火災	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、反応暴走から爆発火災に至る。
全施設	毒性ガス拡散	毒性物質を取扱う施設において大量流出が生じ、毒性ガスが拡散する。
全施設	複合災害	複合災害とは「同種あるいは異種の災害が同時又は時間差をもって発生する災害」である。複合災害事象としては、危険物や高圧ガスの大規模流出に伴う同時多発火災、災害の連鎖（ドミノ災害）、地震災害と津波災害との複合、地震・津波災害と風水害との複合が考えられる。

（2）大規模災害の影響

表 7.2.12 に、影響評価の対象とした災害事象と最大影響距離（評価を行ったものについて）を示す。

表 7.2.12　評価対象とした災害事象と影響

施設種別	災害事象	影響評価	最大影響距離（基準値[*1)]）
危険物タンク	大規模流出火災	○	約 400m（放射熱：2.3kW/m^2）
	危険物の海上流出	－	－
	ボイルオーバー	－	－
ガスタンク	BLEVE（タンク破裂による爆発）	○	約 1km（爆風圧：2.1kPa）
	BLEVE（ファイヤーボール）	○	約 4.5km（放射熱：タンク毎に設定[*2)]）
	ガスホルダーの爆発火災	○	約 650m（爆風圧：2.1kPa）
	LNG タンク火災	○	約 260m（放射熱：2.3kW/m^2）
プラント	プラントにおける爆発火災	○[*3)]	約 1600m（爆風圧：2.1kPa）
全施設	毒性ガス拡散	○	危険物タンク：約 1300m（拡散ガス濃度：IDLH[*4)]） 毒性液体タンク：約 900m（同上） ガスタンク：約 2000m（同上） プラント：約 3500m（同上）
	複合災害	－	－

*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）平常時及び地震時（短周期地震動）の災害の評価結果に基づく。

*4）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。

７．３　防災対策の基本的事項

７．３．１　防災対策の考え方

（1）評価結果に基づく防災対策の検討

①平常時の事故及び地震（短周期地震動）による被害（確率的評価）

一般的に言って、第１段階の想定災害では、事故発生の危険性が高い施設において、比較的小規模な火災、爆発、拡散などの災害（小量・中量流出に伴う災害*）が想定される。第２段階の想定災害では、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（大量・全量流出に伴う災害*や、防油堤内・防油堤外流出に伴う災害*）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（例えば耐震基準への適合等）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な災害も減少し、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段階においても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。

*）災害事象の規模については第 2 章 2.1 項を参照。

②地震（長周期地震動）による被害

長周期地震動に関しては、まずは法規制に基づく予防対策（浮き屋根・浮き蓋の耐震補強等）を推進するとともに、地震発生危険性が高いと考えられる南海トラフの地震について、想定される被害に対応した対策の検討や防災体制の確立が重要である。

一方、相模トラフにおける地震については、現時点では内閣府による長周期地震動の予測結果が公表されていないことから、今後最新の成果が得られた場合には、スロッシングによる被害の発生危険性を確認し、適宜被害想定及び対策を見直してゆくことが必要である。

③津波による被害

房総半島東方沖日本海溝沿い地震による津波では、評価対象施設は浸水しないことを確認した。また、想定東海・東南海・南海地震による津波でも、浸水の危険性は低いと考えられる。しかしながら、想定される津波高さや浸水深には不確定要素があり、想定よりも大きな津波が発生する可能性もある。津波による浸水被害が生じた場合、電気設備等の浸水によって防災対応に大きな影響を及ぼす可能性もあることから、高潮による潮位偏差の予測値や、「南海トラフの巨大地震」や「元禄関東地震」の浸水予測結果を参照し、特に甚大な被害が予想される場合には、中長期的な視点から対策を検討することが望ましい。

④大規模災害

大規模災害が発生した場合には、影響がコンビナートの区域外に及ぶ危険性がある。このような大規模災害への対応は、発災事業所及び消防機関だけにとどまらず、災害の態様に応じて近隣事業所、市役所、防災本部、その他の関係機関が連携して対応することが求められる。したがって、関係機関それぞれの担うべき役割を踏まえ、具体的な災害影響の評価結果に基づき、現状の対応力を把握すると共に、緊急時対策を検討して万一に備えた対応計画を策定しておく必要がある。

また、予防対策の実施が可能な災害事象については、影響度の大きさや対策の実施効果等を踏まえ、可能なものについては実施を検討することが望ましい。

さらに、大規模災害の発生危険度や影響度の評価方法についての調査研究を推進し、今後新たな知見が得られた場合には、必要に応じて災害想定に反映することが必要である。

（2）防災対策の整理方法

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（大量・全量流出に伴う災害*や、防油堤内・防油堤外流出に伴う災害*）。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、防液堤内に仕切堤を設けるなど、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関係機関における広域的な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 7.3.1 のように分類し、それぞれについて以降に防災対策の要点を示す。

なお、対策の検討にあたっては、コンビナートの特定事業所等、関係消防機関、関係市を対象に防災体制等に係るアンケート調査を実施し、検討にあたっての参考とした。資料 14 に、調査結果を示す。

*）災害事象の規模については第 2 章 2.1 項を参照（以降同様）。

表 7.3.1　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. 重大事故の防止に着目した事故防止対策の充実
イ. 事故の発生要因に応じた事故防止対策の実施
○災害の拡大防止（事象の分岐に関わる事項）
ウ. 防災設備の設置促進
エ. 防災設備の保守点検
オ. 事故の早期検知
カ. 災害の局所化
■災害の影響を低減させるための対策
キ. 物理的影響の低減
ク. 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）
ケ. 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）
コ. 防災設備の信頼性向上
サ. 発災時の応急対応
■災害の影響を低減させるための対策
シ. 地震時の情報連絡体制の強化
ス. 広域的な防災体制
【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
セ. 浮き屋根・内部浮き蓋の技術基準の適合促進
ソ. 今後の研究・技術開発の必要性
○災害の拡大防止
タ. 浮き屋根・内部浮き蓋の被害状況の把握
チ. 仕切堤・防油堤による拡大防止
■災害の影響を低減させるための対策
ツ. タンク全面火災への対応
テ. スロッシングによる同時多発災害への対応
ト. 周辺住民に対する広報活動
【津波対策】
■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
ナ. 津波が予想される場合の緊急措置
○災害の拡大防止
ニ. 電気設備等の浸水対策

表 7.3.1　防災対策の分類（続き）

■災害の影響を低減させるための対策
ヌ. 適切な避難の実施
【大規模災害対策】
■災害の種類に応じた対策
ネ. 危険物の大規模流出火災
ノ. 危険物の海上流出
ハ. ボイルオーバー
ヒ. 高圧ガスの貯槽の BLEVE
フ. ガスホルダーの爆発火災
ヘ. LNG タンク火災
ホ. プラントの爆発火災
マ. 毒性ガス拡散
■総合的対策
ミ. 大規模災害を想定した対応計画と防災訓練
ム. 広報・避難計画の作成
メ. 現地連絡室の設置検討
モ. 複合災害の対策

注）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。

７．３．２　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。

（1）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】

ア. 重大事故の防止に着目した事故防止対策の充実

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 26 年中の全国の危険物施設における事故発生件数は 599 件(火災 203 件・流出 396 件)であり、前年に比べて 35 件の増加となっている。

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 26 年中の事故発生件数は 45 件(漏洩 42 件、火災・爆発・破裂破損各 1 件)となっている。

また、事故の発生要因としては、腐食等劣化等の物的要因と、維持管理不十分等の人的要因とで全体の 9 割を占める。

以上のように、石油コンビナートにおける事故が依然として増加傾向にあり、さらには平成 23～26 年にかけて死者が発生した爆発事故が 4 件発生したことから、平成 26 年 2 月に内閣官房の主導により、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。

平成 26 年 5 月に取りまとめられた報告書[i]では、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。事業者及び関係機関においては、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

イ. 事故の発生要因に応じた事故防止対策の実施

平成 26 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 57%、「維持管理不十分」、「操作確認不十分」などの人的要因が 32%となっている。個別には、「腐食疲労等劣化」によるものが 37%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。

このような事故の防止のためには、各事業所において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。

一方、火災事故の発生原因は物的要因が 28%、人的要因が 61%であり、個別には「維持管理不十分」が 30%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、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。また、設備の維持管理にあたっては、適切な設備更新計画の作成や日常の点検項目の確認、見直しが重要と考えられる。

---

[i] 内閣官房，総務省消防庁，厚生労働省，経済産業省：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 報告書，2014

【災害の拡大防止】

ウ. 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、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。

エ. 防災設備の保守点検

危険物タンクや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。

オ. 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。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。

カ. 災害の局所化

危険物タンクやガスタンク等には、万一内容物が流出した場合に備えて、防油堤・仕切堤や防液堤が設置されている。流出範囲を限定することは、災害規模の縮小や防災対応の容易さにつながる。特に常温以下の引火点を有する物質（ガソリンや LPG 等）については、流出した液面から可燃性ガスが蒸発し、広範囲に拡散する恐れがあり、周辺の施設を巻き込む拡大火災となる危険性があることから、流出範囲の局所化が極めて重要となる。

防油堤内への危険物の流出時には、防油堤から排水溝を通って油が海上へ流出することのないよう、水抜口や油水分離槽の弁の開閉方法について、運用管理を徹底することが求められる。

なお、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行えず、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。

（2）災害の影響を低減させるための対策

キ. 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広大な防油堤では、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。

また、水幕設備は火災による放射熱の低減や、可燃性ガスが漏洩した場合に上方へ拡散させる効果があり、必要に応じて設置を検討することが望ましい。

ク. 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、影響範囲は平常時に想定される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、放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。

７．３．３　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。

（1）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】

ケ. 施設の耐震性強化

①危険物タンク（準特定タンクの技術基準適合促進及び防油堤目地部の漏えい防止措置）

消防法では、容量 500kl 以上 1,000kl 未満の屋外タンク貯蔵所（準特定タンク）について、平成 11 年に技術上の基準（新基準）が制定されており、これより以前に設置された準特定タンクで新基準に適合しないものについては、平成 29 年 3 月 31 日までに適合させることが義務付けられている。タンク直径に対して比較的背の高い準特定タンクは、阪神・淡路大震災において地震に対し脆弱であることが確認されていることから、新基準に適合していない準特定タンクについては、できるだけ早急に耐震改修を進めていく必要がある。

また、平成 10 年には、防油堤目地部の漏えい防止措置に関する通知が出されており、未対応の

施設についてはあわせて実施していく必要がある。

これらの対策実施にあたっては、アセスメントの結果リスクが大きいとされる施設（地震動・液状化危険度の大きさや貯蔵物質の性状、防災設備の設置状況等に基づく）から優先的に実施していくことが望ましい。

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）

東日本大震災において球形貯槽の支柱ブレースが破断する被害を受けたことから、経済産業省は高圧ガス設備等耐震設計基準の改正を行った。これにより平成 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た。

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）を求めた。

したがって、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。

③パイプライン（液状化対策及び長柱座屈防止）

本調査で対象とした事業所間を結ぶ配管で石油または可燃性の高圧ガスを移送するもの（危険物の移送取扱所または高圧ガス導管に該当）のうち、48%が液状化対策未実施であることから、液状化危険性の高い地盤に設置されるパイプラインや、漏えいが発生した場合に周辺に影響を及ぼす可能性のあるパイプラインから優先的に、対策を進めることが望まれる。

また、ここで対象としているパイプラインとは異なるが、新潟県中越沖地震により、ガス事業法に基づく高圧ガス導管 2 ヶ所において、小口径の鋼管に長柱座屈（長い柱状の構造物の管軸方向に大きな力を加えると、特定の力を境に急激に不可逆的に大きなたわみを生ずる現象）による被害が生じ、これを受けて「長柱座屈防止のための耐震設計指針（日本ガス協会）」が発行された。移送取扱所や高圧ガス導管についても、小口径ガス導管の長柱座屈が生じないような耐震対策を検討することが望ましい（資料 6 参照）。

注 1）危険物の移送取扱所は消防法に、高圧ガス導管は高圧ガス保安法により規制される。

注 2）「長柱座屈防止のための耐震設計指針」はガス事業の業界における自主的な基準と位置付けられている。

④その他の施設（耐震性の確認・強化）

経済産業省は、首都直下地震や南海トラフ巨大地震による被災が想定されるコンビナートの計

25 の事業所を対象に、地盤の液状化や設備の耐震性に係る総点検を実施している [i]。その結果、護岸背後地盤が側方流動により 3m 以上流動するようなケースや（ただし、タンク等の施設直下は液状化対策が取られているため、直接的な被害はない）、設備の安全な停止に重要な施設であるフレアスタック（耐震設計は求められていない）では、鋼製部材の一部が被害を受けるようなケースが確認され、改めてコンビナート施設の強化対策の必要性が示唆された。これを受けて、設備の安全な停止に関わる施設（フレアスタック、緊急遮断設備等）や、石油製品の供給能力に関わる施設（桟橋、護岸等）などの強靭化に向けた補助が開始されている [ii]。

事業所においてはこれらの補助事業を活用し、重要度の高い設備等から優先的に、耐震性能の確認と必要に応じて耐震強化を実施することが望まれる。護岸部については、地盤変状（流動や沈下）の有無の確認や沿岸構造物の耐震性の確認を行うことが必要と考えられる。なお、これらの対策実施にあたっては、「製油所等の耐震性能等評価の手引き [iii]」や「チャート式耐震診断システム [iv]」を参照、活用することが可能である。

【災害の拡大防止】

コ. 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、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。

サ. 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

---

[i] 産業・エネルギー基盤強靭性確保調査事業

[ii] 石油供給インフラ強靭化事業、石油製品出荷機能強化事業、高圧ガス設備の耐震強化事業

[iii] http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2013fy/E003798.pdf

[iv] http://www.mlit.go.jp/common/000052151.pdf

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。

また、近年では災害時における小型無人飛行機（ドローン）の活用が期待されている。特に大規模な地震の発生直後には、スロッシングによる浮き屋根の損傷の有無、プラントにおける異常現象の有無等を迅速に確認できる可能性がある他、余震の発生危険性や可燃性ガスの漏洩危険があることなどにより、作業員による点検が難しい場合にも有効に活用できる可能性がある。ただし、ドローンの墜落によって危険物施設に危害を及ぼし、場合によっては重大事故につながる危険性があることから、危険物施設上空の飛行制限の必要性や、運用に際しては安全対策に細心の注意を払うこと、もしも制御不能となった場合の影響について評価しておくことの必要性などが指摘されている[i]。

また、平成27年9月に航空法の一部が改正され、ドローン等の無人航空機について、飛行の許可が必要となる空域及び飛行の方法が新たに定められたところである[ii]。ドローンの使用にあたっては、改正航空法による規制を順守し、さらにコンビナート特有の危険性（例えば、ドローンの防爆性能）にも配慮する必要があることから、コンビナートにおける使用基準を定めるなど、防災本部、消防機関等の関係機関及び事業所間で統一化を図ることが望ましい。

（2）災害の影響を低減させるための対策

シ. 地震時の情報連絡体制の強化

千葉県による東日本大震災検証結果において、「通信手段の確保」として、防災相互通信用無線の拡充と通信手段の複数化が挙げられており、各事業所においては衛星電話の導入など、引き続き大規模地震時における情報連絡体制の強化を進めることが必要である。

ス. 広域的な防災体制

発災事業所や共同防災組織の消防隊のみでの対応が困難となり、近隣市町村消防からの応援、他県からの緊急消防援助隊といった広域応援が必要な事態となった場合には、コンビナート全体、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。

事業所間では、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となる。

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。

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ことが必要であり、石油コンビナート等防災本部と、県・市災害対策本部

---

[i] 第64回全国消防長会危険物委員会会議結果

[ii] 国土交通省：無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール, http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html

との連携も求められる。

７．３．４　地震時の防災対策（危険物タンクのスロッシング被害）

東日本大震災では、千葉県の石油コンビナートにおいてスロッシングによる被害が 9 件（浮き屋根上への漏洩 2 件、浮き屋根等の破損 7 件）発生しているが、幸い大きな被害とはなっていない。また、南海トラフの地震が発生した場合でも、大きな被害は想定されていないが、浮き屋根や内部浮き蓋の技術基準に適合していないタンクでは、これらの損傷や沈降の可能性がある。

このようなスロッシング被害への対策としては、現行の法規制に基づき技術基準への早期適合を進めることが必要である。また、長周期地震動の予測結果にはばらつきがあることを踏まえ、想定よりも大きなスロッシングが生じる可能性も念頭に置く必要がある。

（1）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】

セ. 浮き屋根・内部浮き蓋の技術基準の適合促進

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 未満で側板の最上端までの空間高さ（Hc）が 2m 以上のタンクについては浮き屋根の技術基準が定められており、平成 29 年 3 月 31 日までの適合が求められている。

また、内部浮き蓋式の特定屋外貯蔵タンクについては、2011 年 12 月に浮き蓋の構造に応じて技術基準が策定されており、平成 36 年 3 月 31 日までに適合させることが必要となる（ただし、既設タンクについては、タンク内に不活性ガスを充填して取り扱うことなど、一定の条件を満たす場合には適用しないこととされた）。

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り、上記の技術基準に適合させる必要のあるタンクについては早急な対応が望ましい。

なお、東北地方太平洋沖地震の本震の記録から、周期 3～5 秒程度では大きなスロッシングが生じていた（消防法による基準を上回っていた）ことが推定されている（資料 11）。この周期帯は、固定屋根式や内部浮き蓋式の比較的小規模なタンクが該当する。固定屋根式のタンクでスロッシング最大波高がタンク上部の余裕空間高さを上回る可能性のあるタンクについては、液面の低下措置について検討することが望ましい。また、内部浮き蓋式のタンクでは浮き蓋の損傷の危険性があると考えられることから、内部浮き蓋の技術基準の非該当タンクについても、耐震性の強化について検討することが望ましい。

注）消防法に基づく液面低下措置や内部浮き蓋の技術基準への適合は、容量 1,000kl 未満のタンクについては対象外である。

ソ. 今後の研究・技術開発の必要性

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の危険性があり、火災の発生も懸念され、液面の低下だけで

被害を予防することは困難である。したがって、今後の課題として、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。

【災害の拡大防止】

タ. 浮き屋根・内部浮き蓋の被害状況の把握

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、浮き屋根・内部浮き蓋の被害状況の確認にはある程度の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。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。

なお、地震時以外にも、台風や竜巻等による強風、浮き屋根の排水能力を超えるような大雨等により、浮き屋根が損傷、沈降する可能性があり、過去には浮き屋根の沈没事故が発生している。このことを踏まえ、台風や地震時には、安全に十分に配慮の上、速やかな点検が必要である。

チ. 仕切堤・防油堤による拡大防止

タンクからの溢流が想定されるような場合には、防油堤によりある程度流出範囲を限定することができるが、可能な場合には仕切堤を設置することにより、さらに流出範囲の局所化を検討することが望ましい。

（2）災害の影響を低減させるための対策

ツ. 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。このシステムは当該タンクを有する特定事業所を全国 12 の広域共同防災組織または共同防災組織（京葉臨海中部地区）に分けて配備されている。

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においてシステムの輸送や設置が行われた。実際に泡放射は行なわれていないが、計画の対象外のタンク火災に対する出動や、計画された時間内で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。特に大規模地震時には大容量泡放射システム出動のための人員や車両の不足、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。

一方、東日本大震災では石油コンビナートにおいても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のため、新たに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)」を編成に加えることとしている。ドラゴンハイパー・コマンドユニットは平成 30 年度末までに全国 12 地域に編成される予定であるが、平成 26 年度にはこの部隊の中核となる「大型放水砲車」「大容量送水ポンプ車」が、千葉県の市原市消防局及び三重県の四日市市消防本部に配備された。大容量泡放射システムの非対象タンクについては新たに編成されたドラゴンハイパー・コマンドユニットを使用することにより、タンク全面火災への対応力向上が期待される。

テ.スロッシングによる同時多発災害への対応

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た場合の対応は困難が予想されることから、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。

ト.周辺住民に対する広報活動

平常時(「ケ.周辺住民に対する広報活動」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。

７．３．５　津波対策

房総半島東方沖日本海溝沿い地震の津波については、浸水予測結果からコンビナートの施設は浸水には至らない。また、想定東海・東南海・南海地震による津波でも、津波高や護岸高さの確認の結果から、浸水の危険性は低いと考えられる。ただし、津波と高潮とが重なった場合や、想定を超える巨大地震が発生した場合にはより大きな津波が生じる可能性があることから、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。

(1) 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】

ナ.津波が予想される場合の緊急措置

津波警報等の発令時には、入出荷停止、緊急遮断等の操作を的確に行うと共に、「特定事業所等における地震・津波発生時の初動体制の手引き」などを活用し、施設及び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。

【災害の拡大防止】

ニ. 電気設備等の浸水対策

想定を超える津波により浸水が生じた場合、浸水深0.5mでも施設被害が生じる可能性がある。

特に電気設備やユーティリティに被害が生じると、2 次災害に拡大する恐れもあることから、重大な被害が予想されるものから優先順位をつけて浸水対策を行うことが望ましい。

（2）災害の影響を低減させるための対策

ヌ. 適切な避難の実施

津波警報等の発令時には、設備の安全な停止が必要となる一方、従業員等の迅速な避難が必要となる。実際には地震時の状況判断により対応を決定する事業所が多いと想定されるので、津波高さや津波到達時間に関する情報収集、従業員への連絡、避難の実施等について、機を逸することなく適切に行われるよう、事前に計画しておくことが必要である。

また、津波と台風などによる高潮の発生とが重なった場合には、予想を超えた水位の上昇により避難場所までの避難ができないことも予想されることから、周辺の状況を勘案し、緊急的に避難する堅固な建物を決めておくことや、大雨や暴風による飛来物によっても生命に危険が及ぶ可能性も想定した避難の計画を事前に策定することが必要である。

７．３．６　大規模災害対策

大規模災害への対応は発災事業所及び消防機関だけにとどまらず、災害の態様に応じて、近隣事業所、市役所、県、その他の関係機関が連携して対応することが求められる。したがって、関係機関それぞれの担うべき役割を踏まえ、具体的な災害影響の評価結果に基づき、現状の対応力を把握すると共に、緊急時対策を検討して万一に備えた対応計画を策定しておく必要がある。

（1）災害の種類に応じた対策

【危険物タンク】

ネ. 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恐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。

ノ. 危険物の海上流出

地震時には、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、排水溝を通っ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、流出油防止提の配水系統

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（震度 6 強）、京葉臨海北部地区、中部地区のうち旧基準で設置された準特定タンクの一部（主に、旧基準の準特定タンクであり、第 1 石油類を貯蔵し、防油堤耐震措置が未実施のタンクが該当する。）では防油堤外への流出が想定され、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、流出油防止提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提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利用可能な防除資機材と保管場所（資料 15）、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。

ハ. ボイルオーバー

ボイルオーバーによる油の飛散範囲の評価式や、ボイルオーバーの放射熱の評価式は示されておらず、影響度の評価は困難である。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たとの報告もあり、影響の大きさは高圧ガスの貯槽の爆発火災に匹敵するものと考えられる。

ボイルオーバーの発生は油種とタンク火災の継続時間によることから、ある程度発生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（第 6 章参照）を踏まえ、対応することが必要である。

【ガスタンク】

ヒ. 高圧ガスの貯槽の BLEVE

東日本大震災における LPG 貯槽の爆発火災事故を踏まえ、種々の対策が進められていることから、今後は BLEVE 発生の危険性はさらに低減されてゆくものと考えられる。しかしながら、災害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 4.5km）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対策を以下に示すので、必要に応じて対応することが望ましい。

○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。

〇流出した液化ガスの滞留防止

漏洩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。

〇減圧の効果

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。

〇冷却の効果

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。

以上の発生・拡大防止対策の他、BLEVE 発生の可能性が生じた場合には、直ちに（発生前に）交通規制や周辺住民への広報、避難の実施等の応急対応が必要になることから、これらの対応について検討しておくことが必要と考えられる。

フ. ガスホルダーの爆発火災

ピストン式ガスホルダーのピストンに不具合が生じ、ガスがピストン上部に漏洩した場合には、可燃性混合気を形成して着火・爆発する危険性がある。爆発の発生を事前に検知して対応することは難しく、このような災害に対しては予防対策（ピストンの腐食劣化対策等）が重要となる。

ヘ. LNG タンク火災

平底円筒形 LNG タンクの内圧が上昇して脱圧に失敗し、屋根が破損した場合にはタンク全面火災に至る可能性がある。内圧上昇の要因としては、ロールオーバーにより急激に LNG が気化する場合や、衝突物等により外槽が破損して断熱性能が急激に低下した場合が考えられるが、圧力上昇時の減圧手段の多重化や、ロールオーバーの発生防止対策はある程度確立されていることから、屋根部破損の可能性は極めて低いと考えられる。

ただし、万一火災となった場合には LNG タンク全面火災の消火は極めて難しいと考えられ、周辺への火災拡大防止を図りつつ対応することになると予想される。したがって、現状の対策が大規模地震時においても問題なく機能するかどうか確認しておくと共に、火災による放射熱の影響範囲や継続時間を考慮した対応を検討しておくことが望ましい。

【プラント】

ホ. 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、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ることから、本調査ではプラントの代表的なユニット内で取扱う可燃性ガスの全量が蒸気雲爆発する場合の爆風圧を評価した。この場合の爆発の影響はやや過剰評価となるものと考えられるため、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）。

〇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

〇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

〇消防機関への迅速な通報の徹底

〇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

〇上記事項について必要に応じ対策の見直しを図る

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）。

【危険物タンク・ガスタンク・プラント】

マ. 毒性ガス拡散

対象地域では、危険物タンク、ガスタンク、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は、一部の施設において事業所外へ達する程度となる。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あわせて総合的に判断することが必要である。

漏洩が発生した場合には、漏洩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。

（2）総合的対策

ミ. 大規模災害を想定した対応計画と防災訓練

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、具体的な対応計画（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。

ム. 広報・避難計画の作成

影響が周辺の一般地域へ及ぶ可能性がある場合に市は、防災関係機関等との連携による広報・避難計画（避難場所、避難ルート、周知方法等）の作成が必要となる。影響の大きさや施設と一般地域との位置関係から、特に危険性の高い施設については、大規模災害事象の特徴と避難の目安（表 7.3.2）等を参考に、具体的な計画を作成しておくことが望ましい。

メ. 現地連絡室の設置検討

発災時の関係機関における情報共有については石油コンビナート等防災計画に定められており、防災本部あるいは現地本部が中心となって関係機関における情報共有と相互連携を図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、また、現地本部の設置には時間がかかることが課題となっている。

山口県では、近年の事故において同様の課題が確認されたことから、事業所内にあらかじめ情報提供を行う「現地連絡室」を整備している。発災時には関係機関が現地連絡室に参集することにより、迅速・的確な情報共有や連携が期待されることから、このような現地連絡室の設置について、検討することが望ましい。

ただし、複数同時発災の場合には、限られた人員をそれぞれの現地連絡室に配置することは困難であり、従来の防災本部や現地本部により対応せざるを得ない。

モ. 複合災害の対策

同時または連続して発生する複合災害に対しては、可能な予防対策や拡大防止対策（例えば、石油受入中のオーバーフローについては「オ. 事故の早期検知」、スロッシングに起因して連鎖的に発生するタンク火災については「タ. 浮き屋根・内部浮き蓋の被害状況の把握」などを参照）を確実に行うことが最も重要となる。また、複合災害が発生した場合には、被害の拡大や、消防力の不足等により対応が困難となるような事態が考えられることから、危険性の高い施設について優先的に対応するなど（「テ.スロッシングによる同時多発災害への対応」参照）、災害の影響程度に応じて消防力の配分を検討し、影響を最小限に抑えることが必要となる。

また、津波と高潮など異種災害が同時に発生した場合には、それぞれの危険性（浸水エリアや暴風雨の影響等）を念頭に置いて避難を実施することが必要である（「ヌ.適切な避難の実施」参照)。さらに、地震発生後に台風の襲来が予想されるような場合には、設備停止等の必要な対応を取ることにより被害の発生を最小限に抑えることが必要である。

表 7.3.2 大規模災害事象の特徴と避難の目安

災害事象	影響の評価指標	想定される影響範囲	影響の継続時間	影響の内容/災害拡大の危険性	周辺住民等の避難の目安
危険物の大規模流出火災	放射熱【基準値:2.3kW/m^2】 ※放射熱を受け続けることにより 1 分以内に痛みを感じ、1 分半で火傷を生じる程度の熱量	放射熱の影響は火炎周辺が中心となる。	火災の規模が大きい場合には消火活動が困難となり、長時間継続する恐れがある。	・防油堤の損傷等により防油堤外へ火災が拡大する場合は延焼危険性が高い。 ・LPG タンク等が隣接する場合には延焼して BLEVE 及びファイヤーボールの危険性がある。 ・油種によっては、長時間火災が継続するとボイルオーバー発生の危険性がある。	石油コンビナート等特別防災区域外の一般地域（以下、一般地域という。）へ延焼拡大の恐れがある場合には、住民避難を要する。
ガスホルダーの爆発火災	爆風圧【基準値:2.1kPa】 ※安全限界（この値以下では 95%の確率で大きな被害はない）、窓ガラスの 10%が破壊される	爆風圧の影響はタンク周辺が中心となる。	短時間の影響	・至近距離では、爆発による直接的影響（鼓膜損傷、気道熱傷等）の恐れがある。 ・飛散したタンク破片や付属物等の衝突により、負傷者の発生の恐れがある。 ・爆風圧で窓ガラス等が割れることによる負傷者の発生の恐れがある。	一般地域にあっては、距離が十分離れており、避難の必要性は低い。
LNG タンク全面火災	放射熱【基準値:2.3kW/m^2】 ※放射熱を受け続けることにより 1 分以内に痛みを感じ、1 分半で火傷を生じる程度の熱量	放射熱の影響はタンク周辺が中心となる。	火災の規模が大きい場合には消火活動が困難となり、長時間継続する恐れがある。	・周辺施設への熱影響が懸念される。	一般地域にあっては、距離が十分離れており、避難の必要性は低い。
毒性ガス拡散	拡散ガス濃度【基準値:IDLH 濃度】 ※30 分以内に脱出しないと元の健康状態に回復しない濃度	毒性ガスの基準値は非常に小さいため、広範囲（最大約 3.5km）に影響が及ぶ。ただし、実際には、漏洩の発生地点から風下方向へガスが拡散する。また、ガス拡散範囲は、漏洩時の気象条件に影響を受ける。	ガスの漏洩が停止するまで影響が継続する。	・影響の内容は拡散ガスの種類により異なる。	漏洩停止できず、大規模なガスの拡散が生じた場合には直ちに避難を要する。

災害事象	影響の評価指標	想定される影響範囲	影響の継続時間	影響の内容/災害拡大の危険性	周辺住民等の避難の目安
高圧ガスの貯槽の爆発火災（BLEVE 及びファイヤーボール）	飛散物 ※定量的な影響評価は行っていないが、東日本大震災の事例では、タンク本体の破片が最大約 1.3 ㎞、軽量な飛散物（薄く小さな板などがひらひらと舞ってくる）は、最大約 6.2 ㎞飛散している。	爆発によるタンク破片や付属物等の飛散はタンク周辺が中心となるが、爆発の状況によっては遠方まで飛散する場合がある。	短時間の影響	・飛散したタンク破片や付属物等の衝突により、負傷者の発生の恐れがある。	飛散物による重大な人体への影響は、被災タンク周辺となるため、防災活動中の防災要員等にあっては、火災等の状況に応じて判断し、安全な場所に避難する。 隣接事業所の従業員等にあっては、速やかに頑丈な建物内等に避難する。 一般地域の住民等にあっては、放射熱の影響範囲を目安に屋内避難を原則とし、軽量な飛散物について注意喚起する。（※1）
	爆風圧 【基準値：2.1kPa】 ※安全限界（この値以下では 95%の確率で大きな被害はない）、窓ガラスの 10%が破壊される。（※2）	爆風圧により窓ガラス等が割れることによる 2 次被害の恐れがあり、この影響は比較的広範囲（最大約 1km）となる。	短時間の影響	・至近距離では、爆発による直接的影響（鼓膜損傷、気道熱傷等）の恐れがある。 ・爆風圧で窓ガラス等が割れることによる 2 次被害の恐れがある。	被災タンク周辺では、上記飛散物の対応に同じ。 なお、放射熱の影響範囲内では、建屋の窓ガラスが破損する可能性があると考え、その旨を注意喚起する。（※1）
	放射熱 【基準値：タンク毎に異なる】 ※各タンクの燃焼継続時間（最大値）に応じ、放射熱を受け続けることにより火傷を生じる程度の熱量を設定	ファイヤーボールによる放射熱の影響は非常に広範囲（最大約 4.5km）に及ぶ。	ファイヤーボールによる放射熱は数秒～70秒程度の間継続する。	・至近距離では、放射熱による火傷の恐れがある。ただし、燃焼継続時間が短いことから、物陰に入るなどにより防御することができる。	肌が露出した状態で熱を受け続けることがなければ防ぐことができる。一般地域の住民等にあっては、原則、屋内退避が妥当であると考えられる。（※1）

（※1）高圧ガスの貯槽が火炎に曝されていたり、大きな損傷を受けている場合には、大規模な爆発・火災に繋がる可能性がある。この際に避難を要する範囲と避難のタイミング、避難方法（屋内退避/避難所）等については、対象施設ごとに事前に検討しておく必要がある。また、地震時には津波警報が発表される場合も想定されるため、津波に対する避難が優先される場合には、飛散物や爆風圧、放射熱に注意するよう呼びかける必要がある。

（※2） 爆風圧は、条件によって基準値（2.1kPa）よりもより小さい圧力で窓ガラスの破損が生じる可能性がある（窓ガラスが破損する一般的な圧力は 1kPa とされているが、窓ガラスの破損は圧力を受ける方向や面積、ガラスに歪みがあるかどうか等によって大きく異なり、1kPa よりも大きい圧力で破損しない場合、小さい圧力で破損する場合があるとされる。）。このため屋内避難時には、カーテンを閉めて窓際を避けるなど、2 次的な被害の防止に注意する必要がある。