

# 石油コンビナートを通過する高架道路等の設置に伴う防災アセスメント

財団法人 消防科学総合センター  
研究開発部 調査研究第1課

平野 亜希子 Akiko Hirano

## 1. はじめに

石油コンビナートでは、危険物や高圧ガスなどの危険性を有する物質を大量に取り扱うことから、石油コンビナート等災害防止法に基づく防災体制が確立されており、災害の発生と拡大の防止に関する種々の対策が講じられている。

このようなコンビナート内に高架道路等を設置する場合には、新たな災害発生の危険性や、既存の防災体制の見直しについて検討を行い、環境の変化に応じた防災計画の変更

を行うことが必要となる。本稿では、コンビナート内に高架道路等を設置する場合の防災アセスメントの概要を紹介する。

## 2. 評価の概要

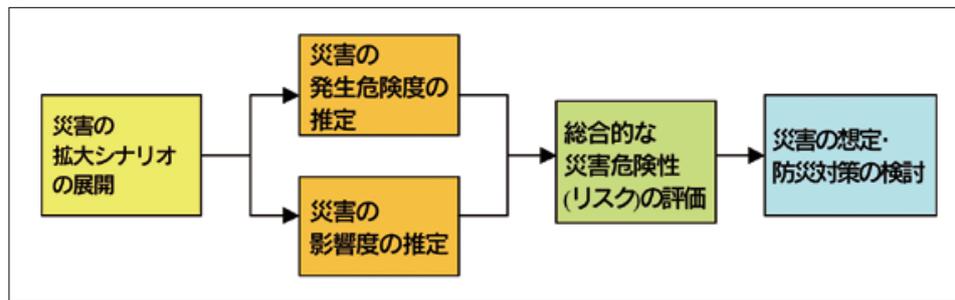
評価にあたっては、コンビナートと道路との相互の影響を考慮する必要がある。

### ●コンビナートの災害が道路へ与える影響

起こり得る災害事象として火災や爆発等が考えられるが、その評価手法は消防庁の「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(消防



図1 防災アセスメント実施の流れ



序指針<sup>1)</sup>が参考になる。この指針は、石油コンビナートにおける防災計画策定の基礎となる防災アセスメント手法について示したものであり、災害の起こりやすさと災害による影響の大きさの双方の評価結果に基づき、防災計画で想定すべき災害を抽出するものである。

### ●道路上の事故による災害が

#### コンビナートへ与える影響

道路上での車両事故が考えられ、特に危険物や高圧ガスを積載するタンクローリー等の事故が発生した場合には、漏洩、火災、爆発に至る可能性がある。これらの災害事象については、評価に必要なデータが得られれば消防庁指針に基づく評価が適用可能である。また、事故に伴う車両や積載物の落下により、コンビナートの施設を損傷させることも考えられるが、災害の発生危険度や影響度の定量的な評価は難しく、過去の事件事例等を参考に対策を検討することになるであろう。

## 3. コンビナートの災害が道路へ与える影響

平常時(通常操業時)及び地震時にコンビナートで起こり得る災害について評価する。評価の基本的な流れは図1に示すとおりである。

### (1)平常時の評価

災害の発生危険度の推定にはイベントツリー解析(Event Tree Analysis:ETA)を適

用する。ETAは災害の発端となる事象(初期事象)が発生してから、種々の防災対応の成功/失敗によって災害が収束/拡大していく様相(シナリオ)を、枝分かれ式に展開したイベントツリーとして表す手法である(図2)。ツリーに初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を与えることによって、末端に現れる災害事象の発生危険度を算出することができる。初期事象の発生頻度や事象の分岐確率は、事故統計データや機器の故障率データから推定することになる。

一方、ツリーに現れる災害事象の影響度は、火災による放射熱や爆発による爆風圧などの大きさによって評価する。消防庁指針には、表1に示す災害現象の解析モデルが示されている。同表のしきい値は、コンビナート外の第三者に対する目安として示されているものであり(車両や構造物に対するものではない)、道路上を通行する第三者に対しても、これを準用することが可能と考えられる。評価にあたっては、発災施設と道路との位置関係を考慮し、特定の施設で発生した災害の影響が、道路上へ達するかどうかを確認する必要がある。

以上のように評価した災害の発生危険度と影響度は、後述するリスクマトリックス(図4)として整理し、想定すべき災害について検討する。

### (2)地震時の評価

地震時の場合も基本的な評価方法は平常時

図2 イベントツリーの概念図

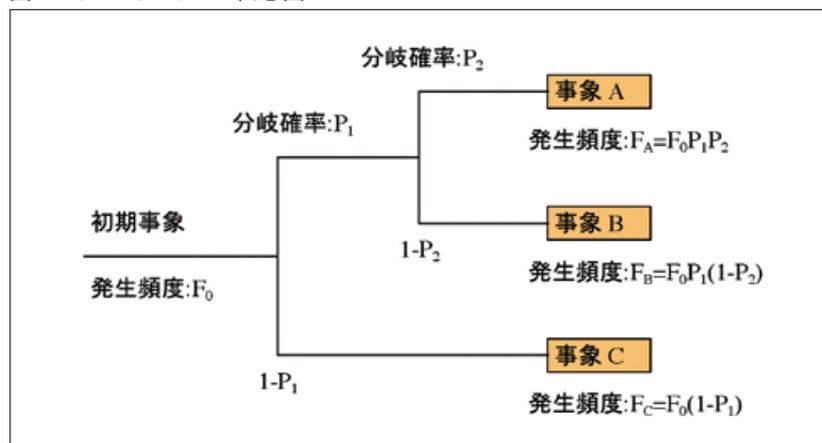


表1 災害現象の解析モデル

現象	解析モデル	しきい値
流出	<ul style="list-style-type: none"> <li>液体の流出率</li> <li>気体の流出率</li> </ul>	—
蒸発	<ul style="list-style-type: none"> <li>揮発性液体の蒸発率</li> <li>過熱液体の蒸発率(フラッシュ率)</li> <li>低温液化ガスの蒸発率</li> </ul>	—
ガス拡散	<ul style="list-style-type: none"> <li>拡散ガス濃度(坂上モデル)</li> <li>拡散ガス濃度(松田モデル)</li> </ul>	可燃性ガス: 爆発下限界濃度の 1/2 毒性ガス: IDLH 濃度(30 分以内に救出されないと元の健康状態に回復しない濃度)
火災・爆発	液面火災の放射熱	2,324J/m <sup>2</sup> s (2,000kcal/m <sup>2</sup> h)
	ファイヤーボールの放射熱	11,620J/m <sup>2</sup> s (10,000kcal/m <sup>2</sup> h)
	ガス爆発(蒸気雲爆発)による爆風圧	既存施設: 11,760Pa (0.12kgf/cm) 新規施設: 9,800Pa (0.1kgf/cm)

※1  
例えば、内閣府や地震調査研究推進本部等の予測結果が利用可能である。地震調査研究推進本部による予測結果は、地震ハザードステーション J-SHIS (<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>) からダウンロードすることができる。

※2  
**フラジリティ関数**  
地震動による建物や構造物の被害を評価するとき、被害の発生確率が正規分布、対数正規分布などの確率分布で表せると仮定し、被害確率を地震動強さの関数としてモデル化する方法が良く用いられる。このような関数をフラジリティ関数(フラジリティ曲線: Fragility Curve)という。

※3  
**スロッシング**  
スロッシング(液面揺動)とは、地震波と容器内の液体が共振して液面が大きく揺れる現象である。

と同様であるが、災害の発生危険度の推定方法は地震時に特有のものとなる。評価にあたっては、まず前提となる地震を決定する。対象とする地震は、対象地域で過去に発生した最大地震、将来発生が懸念されている巨大地震などが考えられるが、近年では国や自治体において地震動予測が行われている場合が多く、予測結果の公表も進められていることから、これを活用することが可能である※1。災害の発生危険度は平常時と同様にETAによる推定を行うが、初期事象は想定地震が発生した場合の施設被害率として表す。この場合、地震動の強さに応じた施設被害率の推定が必要となるが、推定方法は過去の地震の被害状況を用いる場合と、工学的解析に基づく

施設被害率(フラジリティ関数※2)を用いる場合が考えられる。

前者の例として、内閣府では阪神・淡路大震災時の施設別被害率に基づく推定方法が示されている2)。後者については、コンビナートの施設に関するフラジリティ関数はほとんど報告されていないものの、危険物タンクについては座屈強度の解析結果3)に基づく座屈発生率(図3)が示されており4)、これを用いた評価が可能である。

その他、長周期地震動に起因するスロッシング※3により、特に浮き屋根式(シングルデッキタイプ)の危険物タンクにおいて、内容物の溢流やタンク火災が生じる危険性が指摘されている5)。スロッシング最大波高は、タ

図3 危険物タンクの座屈発生率と地表加速度との関係

※新法、旧法(旧基準)、準特定(旧基準)の区分は、消防法の危険物規制による屋外タンク貯蔵所の技術基準に基づく。

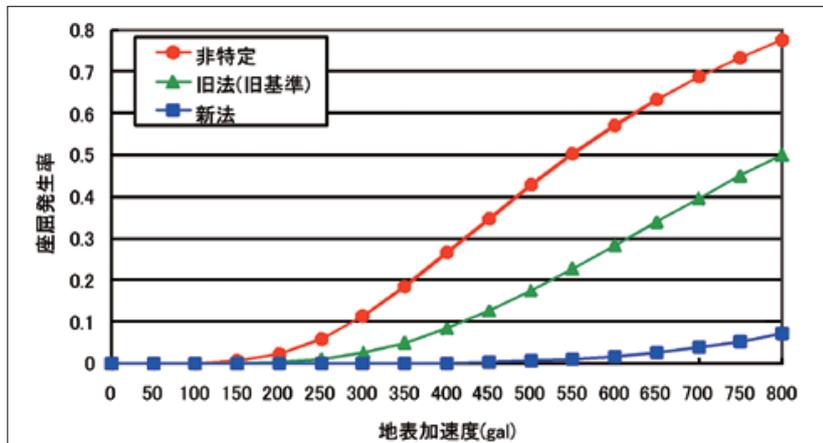


図4 リスクマトリックスによる想定災害の抽出例

A: 最優先で対策を検討すべき災害。  
 B: Aの災害に次ぐ優先度の災害。B1は比較的災害の発生危険度が高く、B2は比較的災害の影響度が高い。  
 C: Bの災害に次ぐ優先度の災害。比較的災害の発生危険度、影響度が低い。

		災害の影響度		
		道路/施設への影響なし	道路/施設へ弱い影響を及ぼす	道路/施設へ強い影響を及ぼす
災害の発生危険度	10 <sup>-4</sup> /年以上		B1	A
	10 <sup>-5</sup> /年		B1	A
	10 <sup>-6</sup> /年		B1	A
	10 <sup>-7</sup> /年		C	B2
	10 <sup>-8</sup> /年未満		C	B2

ンクのスロッシング固有周期とその周期帯での地震動強さによって推定できる確定的な現象であることから、スロッシングによる被害の発生はETAによる確率的な評価とは別途に検討する必要がある。

また、コンビナートは沿岸部に立地するところが多く、津波被害が懸念される地域もある。東日本大震災においてもいくつかのコンビナートで被害が発生しているが<sup>6)</sup>、津波による被害の定量的な評価は難しい場合が多い。現在、国や各研究機関においては今回の地震による被害調査やその解析が行われているところであり、今後の調査結果を踏まえ対策を検討していく必要がある。

### (3) 想定災害の抽出

平常時及び地震時の評価で整理したリスクマトリックスを用いて、想定すべき災害を抽出する。想定災害の抽出基準は対象地域の状況に応じて決定することになるが、例えば図4に示すような抽出方法が考えられる。

## 4. 道路上の災害がコンビナートへ与える影響

消防庁指針では、道路上で発生する事故や災害については言及していないが、評価に必要なデータ(全国的な事故発生率や対象道路区間の年間走行台数等)が得られる場合には、

同様の手法による確率的評価を行う。

災害の影響度は、コンビナートの災害と同様に火災による放射熱の影響などを評価することになるが、その場合のしきい値は事業所で作業する従業員に対するものと、危険物タンク等の施設に対するものとが考えられる。前者については表1のしきい値を適用することができるが、後者については消防庁指針で定められたものはないことから、検討の上設定する必要がある。

また、定量的な評価が困難な場合には、過去の事故事例等に基づき、災害による影響を定性的に判断することになる。例えば、道路上での事故に伴う車両や積載物の落下については、コンビナートの施設へ影響を及ぼす確率やその影響度の評価は困難であるが、仮に道路下に配管等が通っているような場合には、落下物による破損等の可能性があることから、何らかの対策について検討すべきであると考えられる。

## 5. 防災対策の検討

想定災害の評価結果を踏まえ、コンビナートと道路との相互の安全性の確保のために必要な防災対策を、ハード面、ソフト面から検討する。具体的な対策例としては次のようなものが考えられるが、発生危険度の大きな災害については予防対策に重点を置き、発生危険度が低く影響度が大きい災害については万一に備えて応急対策に重点を置くといった、災害の発生危険度と影響度の大きさに応じた検討が必要となる。

### ○ハード対策

- ・防護柵や落下物防止柵の設置
- ・遮熱壁の設置
- ・油水分離装置(排水口に流入した水と油脂等を分離する設備)の設置

### ○ソフト対策

- ・関係機関での情報伝達体制の整備
- ・関係機関における応援協定の締結
- ・発災時の交通規制の実施基準、実施計画の策定
- ・災害拡大時の避難計画の策定

なお、具体的な対策の検討と実施は、コンビナート及び道路の防災に関わる各機関において行われることになる。関係機関では既存の防災計画を確認し、計画変更の必要性や、新たな体制の整備について検討する必要がある。特に、道路の新設によって公設消防隊や事業所の自衛消防隊の活動に支障が出ることがないように、道路の計画段階から必要な調整を行うことが望ましい。

## 6. おわりに

ここでは、石油コンビナート内に高架道路等を設置する場合の防災アセスメントの概要を紹介した。コンビナートと道路の相互で起こり得る災害を想定し、必要な防災対策を検討する。コンビナートにおいては、法令に基づく防災体制が確立されていることから、関係機関では既存の防災計画を確認し、必要な計画修正を行うこととなる。

### 参考資料

- 1) 消防庁特殊災害室:石油コンビナートの防災アセスメント指針、平成13年
- 2) 内閣府(防災担当):首都直下地震に係る被害想定手法について
- 3) 自治省消防庁消防研究所:阪神・淡路大震災における石油タンクの座屈強度に関する調査研究報告書、平成8年3月
- 4) 財団法人消防科学総合センター:石油コンビナートの防災アセスメントに係る調査研究報告書、平成12年3月
- 5) 座間信作:2003年十勝沖地震にみる石油タンク被害の特徴と対策、物理探査、Vol59 No.4, pp.353-362, 2006
- 6) 消防庁消防大学校消防研究センター:東日本大震災による危険物施設等の被害状況に係る緊急調査の結果について、[http://www.fri.go.jp/cgi-bin/hp/index.cgi?ac1=JNN2&ac2=&ac3=740&Page=hpd\\_view](http://www.fri.go.jp/cgi-bin/hp/index.cgi?ac1=JNN2&ac2=&ac3=740&Page=hpd_view)

### ひらの ● あき ●

神奈川大学工学部応用化学科卒業後、1999年に(財)消防科学総合センター入所、研究開発部防災システム課(現調査研究第1課)に配属。主として石油コンビナートの防災アセスメント業務に従事し、リスクの概念に基づく災害想定を実施。