

第2章

平常時の事故を対象とした評価

第2章 平常時の事故を対象とした評価

2.1 評価対象施設の区分

評価に当たっては、対象施設及び起こり得る災害事象を図 2.1.1 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）を想定する。

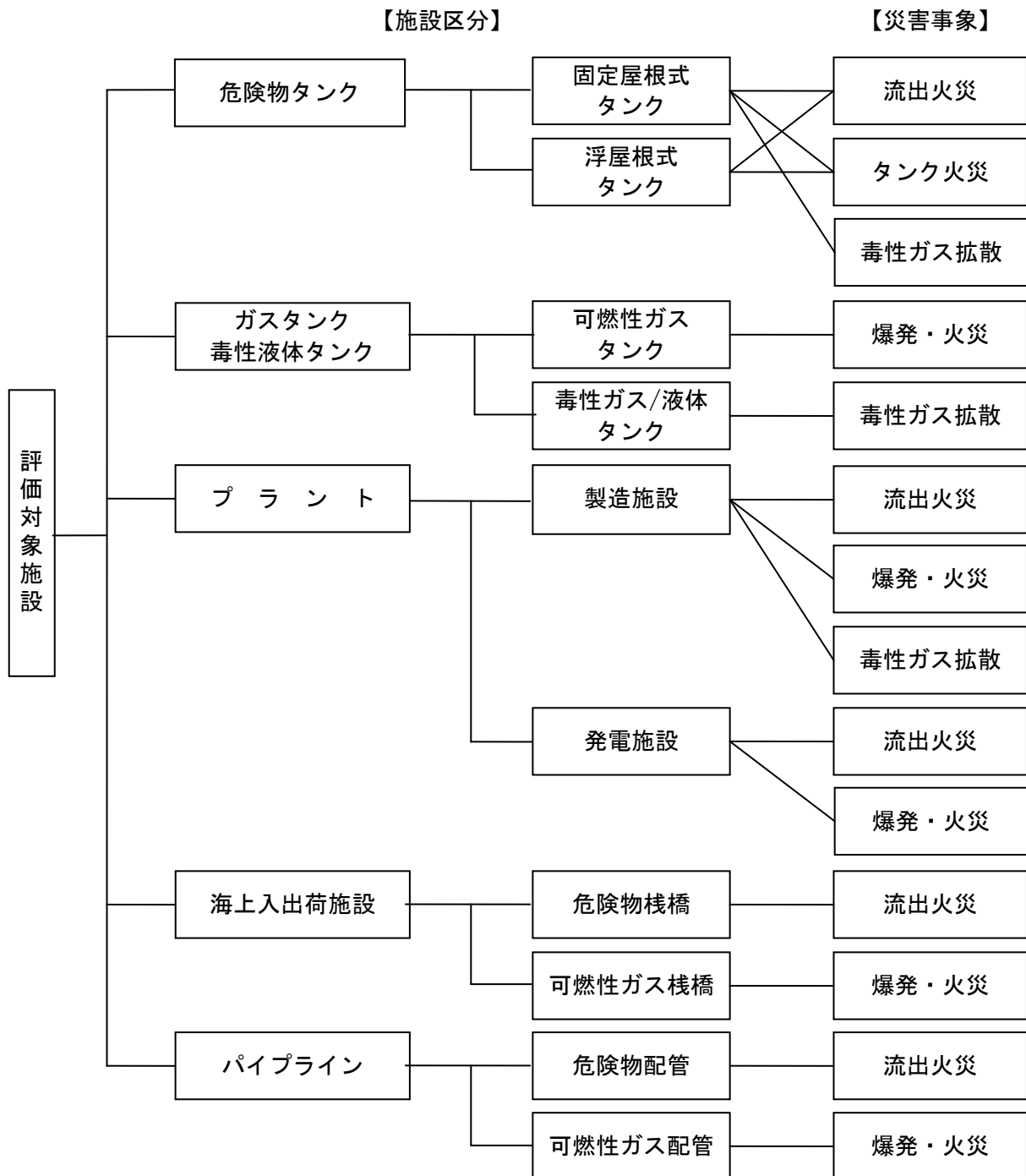


図 2.1.1 評価対象施設の区分と災害事象

注) 毒性液体タンクは、毒性ガスタンクに含めて評価を行う。

2.2 災害拡大シナリオの想定

平常時（通常操業時）において、対象施設で考えられる初期事象及び事象分岐を設定し、イベントツリー（ET）を展開して起こり得る災害事象を抽出する。初期事象は、原則として災害のきっかけとなる危険物タンクやガスタンクの内容物の流出、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。事象の分岐は、事故が発生したときの防災設備の成否や流出物の着火の有無などによる。タンク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。このような考え方による各施設（区分）の災害拡大シナリオは以下ようになる。

2.2.1 危険物タンクの災害拡大シナリオ

ア. 初期事象

内容物の流出、タンク火災の発生、浮き屋根の損傷・沈降（浮き屋根式タンク）を初期事象とする。

流出は発生箇所や規模によって拡大様相が異なるため、発生箇所については配管とタンク本体（直近の緊急遮断弁までの配管を含む）、流出規模については小破と大破に分けて設定する。ただし、小破と大破は実際には明確に区分されるものではない。

タンク火災は浮き屋根式タンクと固定屋根式・内部浮き蓋式タンクとに分けて、屋根部での火災を設定する。また、浮き屋根の損傷・沈降は最終的にタンク全面火災に至ることから、タンク火災に含めて考える。

流出	IE1	配管の小破による流出
	IE2	タンク本体の小破による流出
	IE3	配管の大破による流出
	IE4	タンク本体の大破による流出
タンク火災	IE5	浮き屋根シール部の損傷・漏洩による火災(浮き屋根式タンク)
	IE6	タンク屋根板の損傷による火災(固定屋根式タンク・内部浮き蓋式タンク)
タンク火災	IE7	浮き屋根の損傷・沈降(浮き屋根式タンク)

注) 内部浮き蓋式タンクとは、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）。

イ. 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。ただし、流出の発生箇所によっては機能しないものもある。例えば、タンク本体から流出した場合には、遮断設備やバルブ手動閉止によって流出を止めることはできない。また、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が、ボイルオーバーの発生の有無は、油種や火災の状況により異なることから、確率的評価においては対象外とする。

注) 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。

流出	B1	緊急遮断の失敗
	B2	バルブ手動閉止の失敗
	B3	一時的な流出停止・拡大防止措置の失敗
	B4	内容物の緊急移送の失敗
	B5	仕切堤による拡大防止の失敗
	B6	防油堤による拡大防止の失敗
	B7	流出油への着火 拡散防止失敗(毒性危険物)
タンク火災	B8	消火設備による消火の失敗
	B9	浮き屋根の沈降(浮き屋根式タンク)
	B10	ボイルオーバー

ウ. 災害事象

a. 流出火災・毒性ガス拡散

危険物タンクの配管またはタンク本体から危険物が流出したときのシナリオを ET 図 1-1～1-4 に示す。この ET から危険物タンクで起こり得る災害事象を抽出すると次のようになる。

流出火災	DE1	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。
	DE2	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。
	DE3	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。
	DE4	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)。
	DE5	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。
毒性ガス拡散	DE6	少量流出・毒性ガス拡散	毒性液体が流出しタンク周辺で蒸発して毒性ガスが大気中に拡散する。緊急遮断により流出は短時間で停止する。
	DE7	中量流出・毒性ガス拡散	毒性液体が流出しタンク周辺で蒸発して毒性ガスが大気中に拡散する。緊急遮断に失敗し流出はしばらく継続して停止する。
	DE8	仕切堤内流出・毒性ガス拡散	毒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、仕切堤内で蒸発して毒性ガスが大気中に拡散する。
	DE9	防油堤内流出・毒性ガス拡散	流出した毒性液体が仕切堤を超えて拡大し防油堤内で蒸発して毒性ガスが大気中に拡散する(仕切堤がない場合も含む)。
	DE10	防油堤外流出・毒性ガス拡散	流出した毒性液体が防油堤外に流れ、蒸発して毒性ガスが大気中に拡散する。

注 1) 可燃性かつ毒性の物質については、流出火災及びタンク火災と毒性ガス拡散の双方について評価を行う。

b. タンク火災

タンク屋根で出火した時のシナリオを、浮き屋根式タンクについては ET 図 1-5 に、固定屋根式タンク及び内部浮き蓋式タンクについては ET 図 1-6 に示す。また、浮き屋根の沈降のシナリオを ET 図 1-7 に示す。この ET から危険物タンクで起こり得る災害事象を抽出すると次のようになる。

DE11	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。
DE12	タンク小火災(固定屋根式・内部浮き蓋式タンク)	屋根板の損傷箇所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。
DE13	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。
DE14	タンク全面火災	火災がタンクのほぼ全面に拡大する。
DE15	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) 固定屋根式タンクの場合、屋根の損傷状態によって小火災と全面火災の中間的な事象も起こり得るが、ここではこのような火災(部分火災)も全面火災として評価する。

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

2.2.2 ガスタンクの災害拡大シナリオ

ア. 初期事象

ガスタンクについては流出事象のみとし、発生箇所は配管とタンク本体(直近の緊急遮断弁までの配管を含む)、流出規模は小破と大破に分けて設定する。

IE1	配管の小破による流出
IE2	タンク本体の小破による流出
IE3	配管の大破による流出
IE4	タンク本体の大破による流出

イ. 事象分岐

事象の分岐は以下のように設定する。タンク内容物が可燃性ガスの場合、着火しなければ災害に至ることなく終息するが、毒性ガスの場合には拡散により周囲に被害を及ぼす。

B1	緊急遮断の失敗
B2	バルブ手動閉止の失敗
B3	一時的な流出拡大防止措置の失敗
B4	内容物の緊急移送の失敗
B5	着火・爆発火災(可燃性ガス)
B6	拡散防止の失敗(毒性ガス)

ウ. 災害事象

可燃性または毒性ガスが、配管またはタンク本体から流出したときのシナリオを ET 図 2-1～2-4 に示す。この ET からガスタンクで起こり得る災害事象を抽出すると次のようになる。

可燃性ガス	DE1	小量流出・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。
	DE2	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。
	DE3	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。
	DE4	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	DE5	小量流出・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。
	DE6	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。
	DE7	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。
	DE8	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 1) 可燃性ガスの場合、流出前の状態(プロセス条件)や流出したガスに着火するタイミングによって、ジェット火災、爆発、フラッシュ火災といった様々な燃焼形態をとるが、ET ではこれらを区別せず爆発・火災として評価する(以下同様)。

注 2) 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。

2.2.3 プラントの災害拡大シナリオ

プラントについては、製造施設と発電施設に分けて評価を行う。

(1) 製造施設

ア. 初期事象

製造施設では、装置(塔槽類及び接続配管)の破損による流出、あるいは圧力容器の破裂等による事故が考えられる。圧力容器の破裂等による事故の発生危険性は、プラントの取扱物質やプロセス条件によって大きく異なることから、ここでは装置の破損による流出を初期事象として取り上げる。流出規模は、小破と大破に分けて設定する。

IE1	装置の小破による流出
IE2	装置の大破による流出

イ. 事象分岐

製造施設は多種多様で事故発生時の措置も様々であるが、ここでは代表的な石油精製プラントを想定し、以下のような事象分岐を設定する。取扱物質が危険物や可燃性ガスの場合、着火しな

ければ災害に至ることなく終息するが、毒性ガスの場合には拡散により周囲に被害を及ぼす。

B1	緊急停止・遮断の失敗
B2	内容物の緊急移送の失敗
B3	着火・爆発火災(危険物・可燃性ガス)
B4	拡散防止の失敗(毒性ガス)

ウ. 災害事象

取扱物質が装置から流出したときのシナリオを ET 図 3-1～3-2 に示す。この ET から製造施設で起こり得る災害事象を抽出すると次のようになる。

可燃性物質	DE1	少量流出・爆発火災	少量(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。
	DE2	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。
	DE3	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	DE4	少量流出・毒性拡散	少量(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。
	DE5	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。
	DE6	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)プラントにおいて取扱われる物質が可燃性ガスの場合、流出前の状態(プロセス条件)や流出したガスに着火するタイミングによって、ジェット火災、爆発、フラッシュ火災といった様々な燃焼形態をとるが、ETではこれらを区別せず爆発・火災とする。

(2) 発電施設

ア. 初期事象

発電施設については、装置破損による可燃性液体(燃料や潤滑油)の流出を初期事象として取り上げる。

IE1	装置の破損による流出
-----	------------

イ. 事象分岐

事象分岐は以下のように設定する。流出した燃料や潤滑油に着火すると流出火災となる。

B1	緊急停止・遮断の失敗
B2	バルブ手動閉止の失敗
B3	着火・火災

ウ. 災害事象

燃料配管等から可燃性物質が流出したときのシナリオを ET 図 3-3 に示す。この ET 図から発電施設で起こり得る災害事象を抽出すると次のようになる。

DE1	小量流出・爆発火災	可燃性物質(燃料・潤滑油)が流出し、プラントの周辺で爆発または火災となる。緊急遮断により流出は短時間で停止する。
DE2	中量流出・爆発火災	可燃性物質が流出し、プラントの周辺で爆発または火災となる。緊急遮断に失敗し流出はしばらく継続して停止する。
DE3	大量流出・爆発火災	可燃性物質が流出し、プラントの周辺で爆発または火災となる。流出を停止できず火災は長時間継続する。

2.2.4 海上入出荷施設の災害拡大シナリオ

海上入出荷施設については、タンカーの着岸・入出荷中における、配管等（配管、ローディングアーム、バルブ等）の破損による可燃性物質の流出を初期事象として取り上げる。なお、タンカー航行中の座礁や衝突などによる海上流出事故は対象外とする。

IE1	配管等の破損による流出
-----	-------------

イ. 事象分岐

事象分岐は以下のように設定する。タンカーからの入出荷中に流出が発生した場合、タンカー側のポンプ緊急停止、バルブ閉止といった緊急停止措置が取られる。流出した可燃性物質に着火すると火災または爆発となる。

B1	緊急停止・遮断の失敗
B2	着火・火災爆発

ウ. ET の展開と起こり得る災害事象

海上入出荷施設の配管等から可燃性物質が流出したときのシナリオを ET 図 4 に示す。この ET 図から海上入出荷施設で起こり得る災害事象を抽出すると次のようになる。

DE1	小量流出・爆発火災	可燃性物質が流出し、海上入出荷施設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。
DE2	大量流出・爆発火災	可燃性物質が流出し、海上入出荷施設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。

2.2.5 パイプラインの災害拡大シナリオ

ア. 初期事象

パイプラインの破損による流出を初期事象として取り上げる。

IE1	配管等の破損による流出
-----	-------------

イ. 事象分岐

事象分岐は以下のように設定する。パイプラインからの流出が発生した場合は、栈橋と同様に移送ポンプの停止と緊急遮断弁の閉止が行われる。流出した危険物や可燃性ガスに着火すると火災または爆発となる。

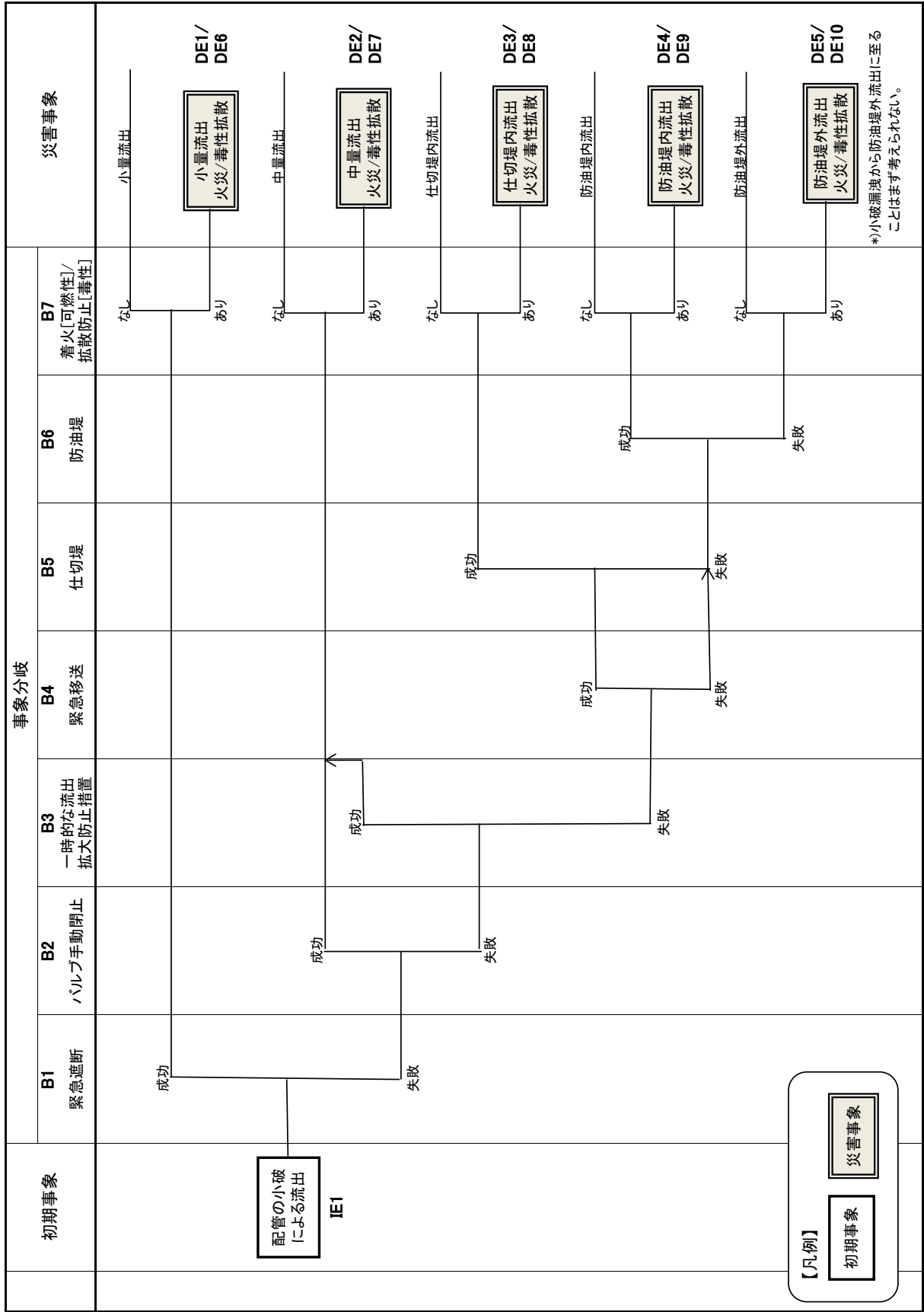
B1	緊急停止・遮断の失敗
B2	着火・火災爆発

ウ. ET の展開と起こり得る災害事象

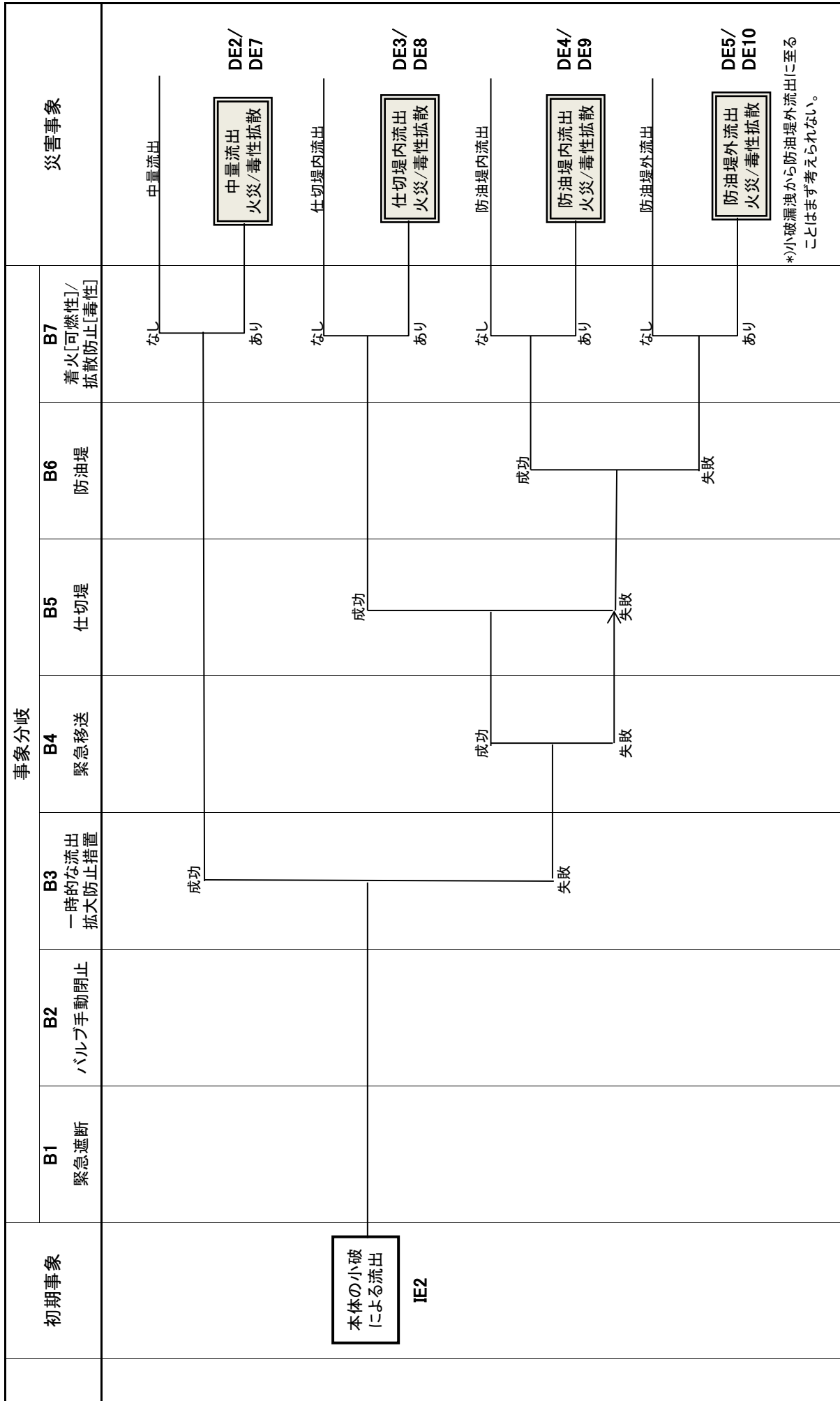
パイプラインから流出が発生したときのシナリオを ET 図 5 に示す。この ET 図からパイプラインで起こり得る災害事象を抽出すると次のようになる。

DE1	少量流出・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。
DE2	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。

ET図1-1 配管の小破による流出(危険物タンク)



ET図1-2 タンク本体の小破による流出(危険物タンク)



ET図1-3 配管の大破による流出(危険物タンク)

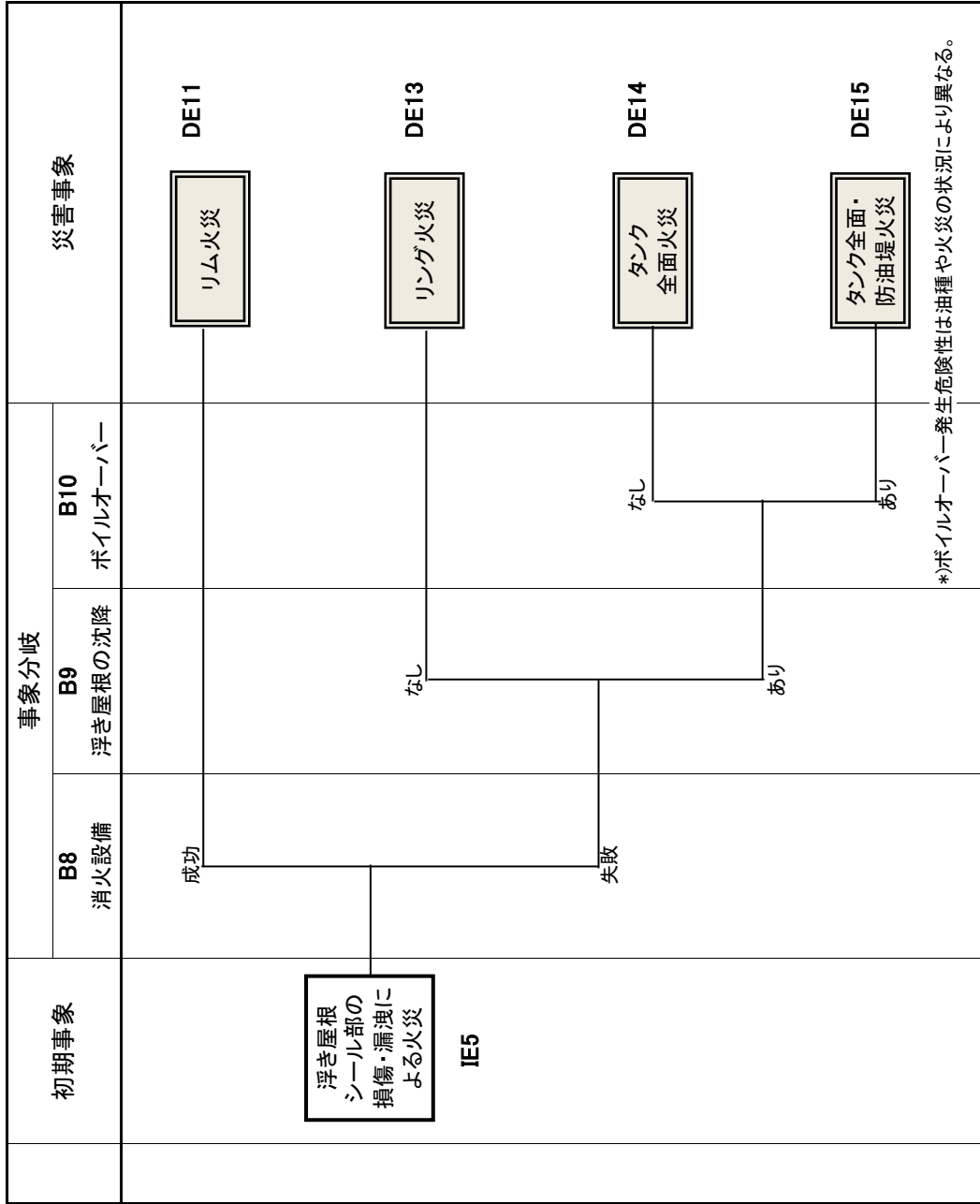
初期事象	事象分岐							災害事象
	B1 緊急遮断	B2 バルブ手動閉止	B3 一時的な流出 拡大防止措置	B4 緊急移送	B5 仕切堤	B6 防油堤	B7 着火[可燃性]/ 拡散防止[毒性]	
配管の大破 による流出 IE3	成功				成功		なし	仕切堤内流出
	成功				成功		あり	仕切堤内流出 火災/毒性拡散 DE3/ DE8
					失敗 (仕切堤なし)		なし	防油堤内流出
	成功				成功	成功	なし	防油堤内流出
					失敗	失敗	あり	防油堤内流出 火災/毒性拡散 DE4/ DE9
	失敗				成功		なし	防油堤内流出
					失敗		あり	防油堤外流出 火災/毒性拡散 DE5/ DE10
	失敗				成功	成功	なし	防油堤内流出
					失敗	失敗	あり	防油堤内流出 火災/毒性拡散 DE4/ DE9
	失敗				成功		なし	防油堤外流出
失敗						あり	防油堤外流出 火災/毒性拡散 DE5/ DE10	

*)緊急遮断に成功した場合には、防油堤外流出に至ることは考えられない。

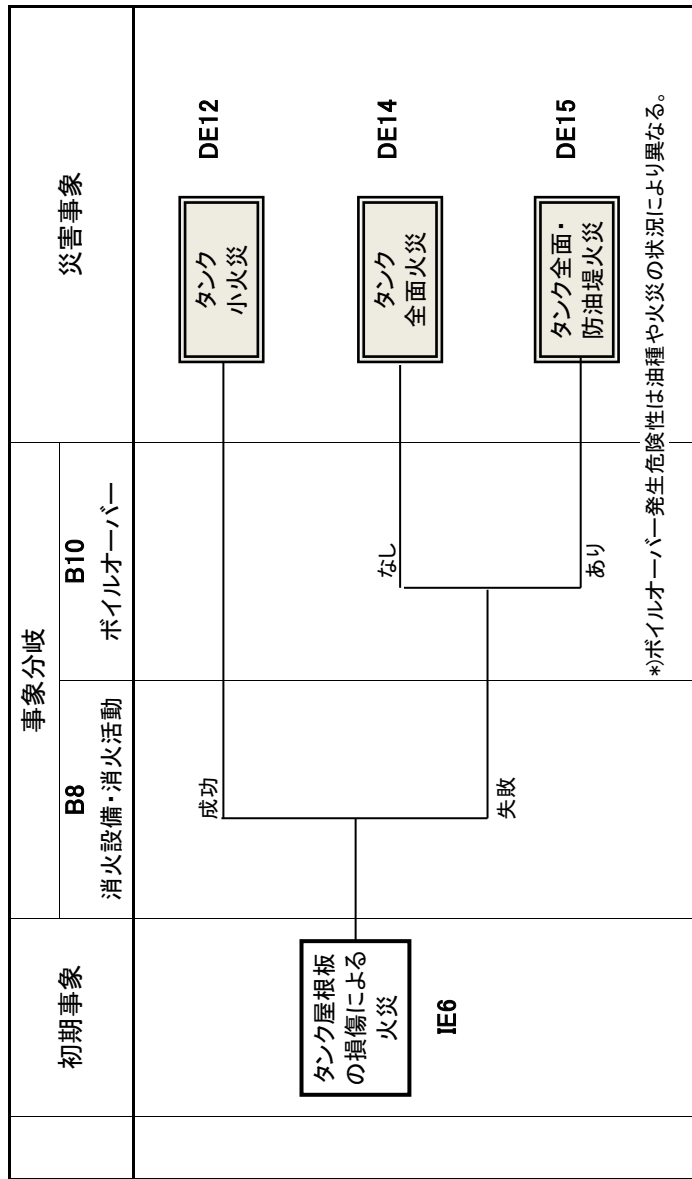
ET図1-4 タンク本体の大破による流出(危険物タンク)

初期事象	事象分岐							災害事象
	B1 緊急遮断	B2 バルブ手動閉止	B3 一時的な流出 拡大防止措置	B4 緊急移送	B5 仕切堤	B6 防油堤	B7 着火[可燃性]/ 拡散防止[毒性]	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 本体の大破 による流出 IE4 </div>						成功	なし	防油堤内流出(大量)
						失敗	あり	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 防油堤内流出 火災/毒性拡散 DE4/ DE9 </div>
							なし	防油堤外流出(大量)
							あり	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 防油堤外流出 火災/毒性拡散 DE5/ DE10 </div>

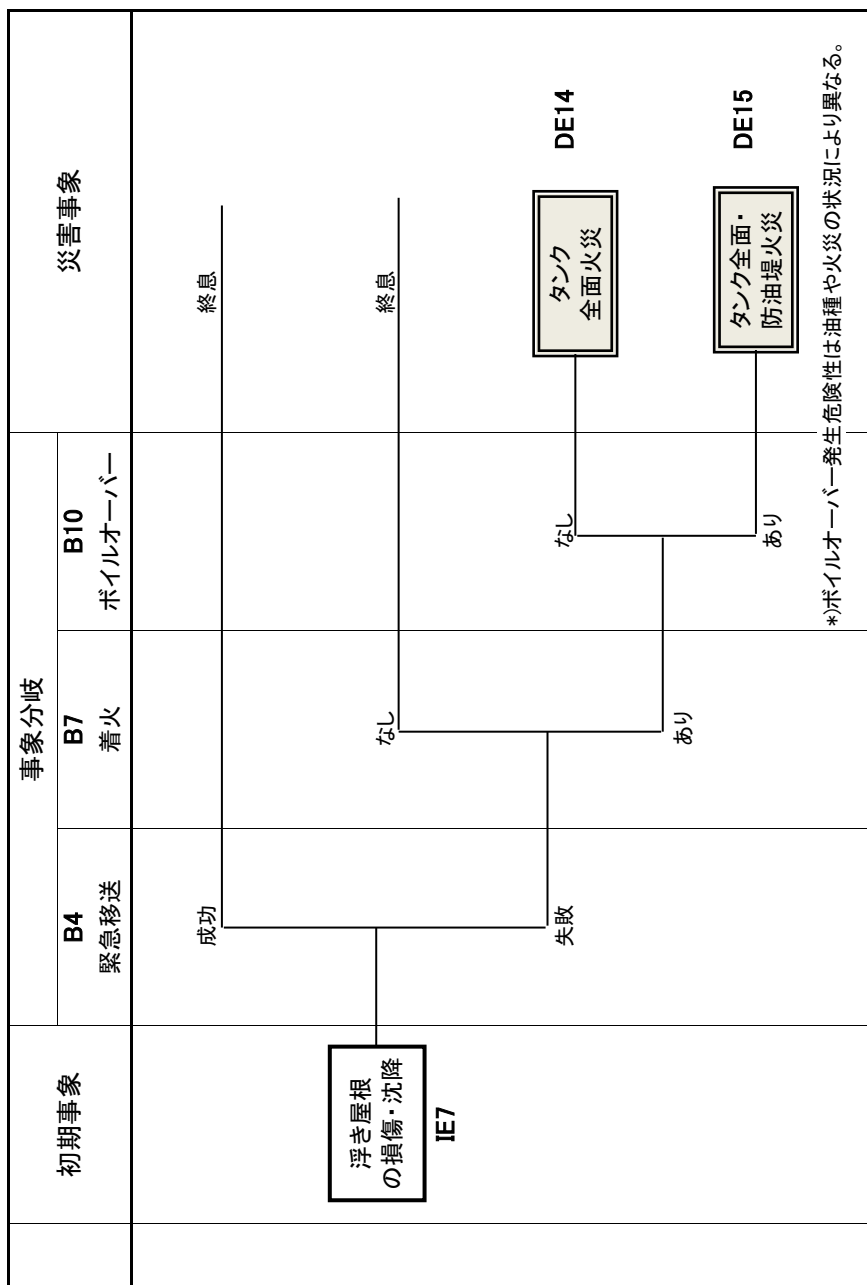
ET図1-5 浮き屋根の損傷・漏洩による火災(浮き屋根式危険物タンク)



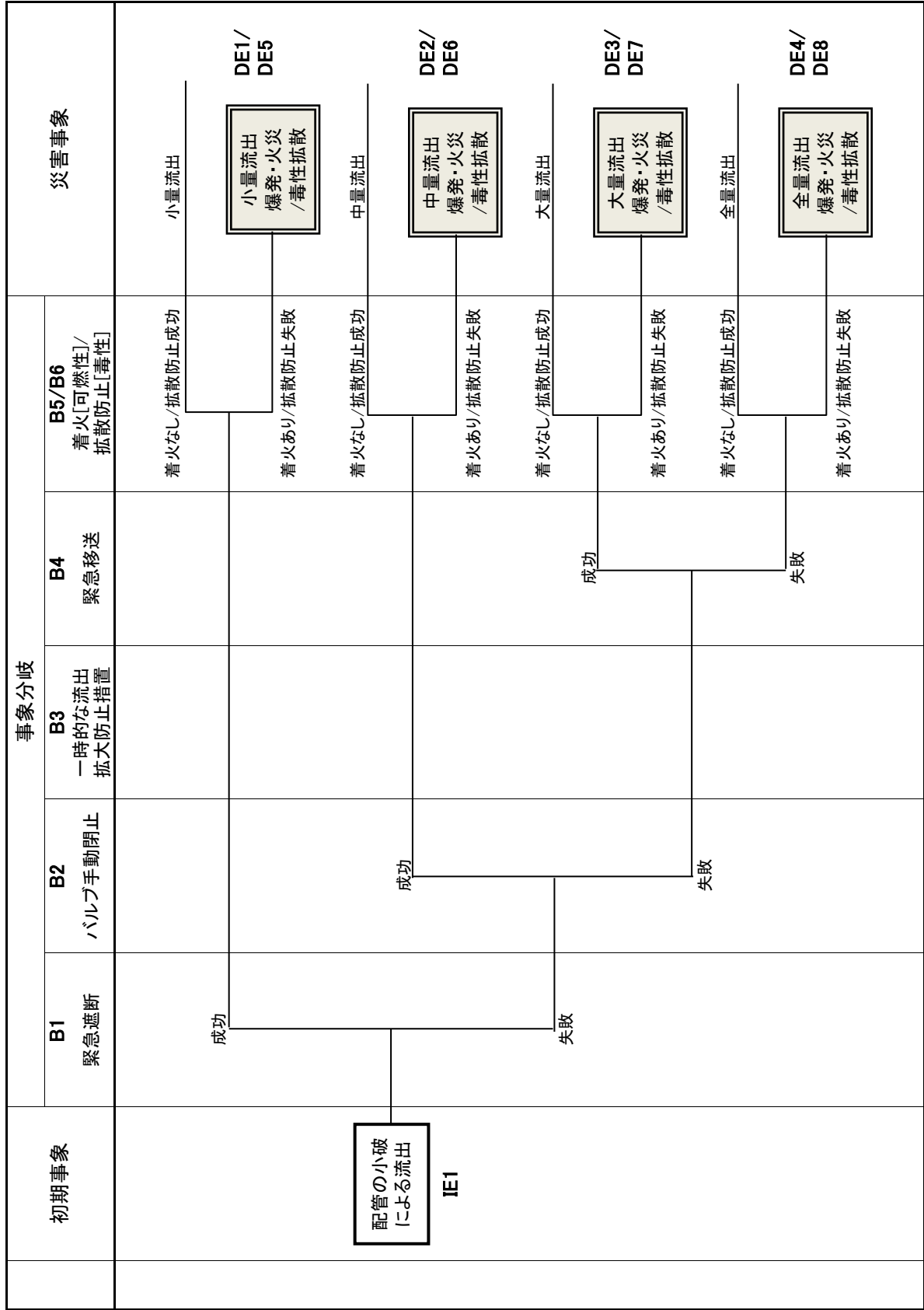
ET図1-6 タンク屋根板の損傷による火災(固定屋根式及び内部浮き蓋式危険物タンク)



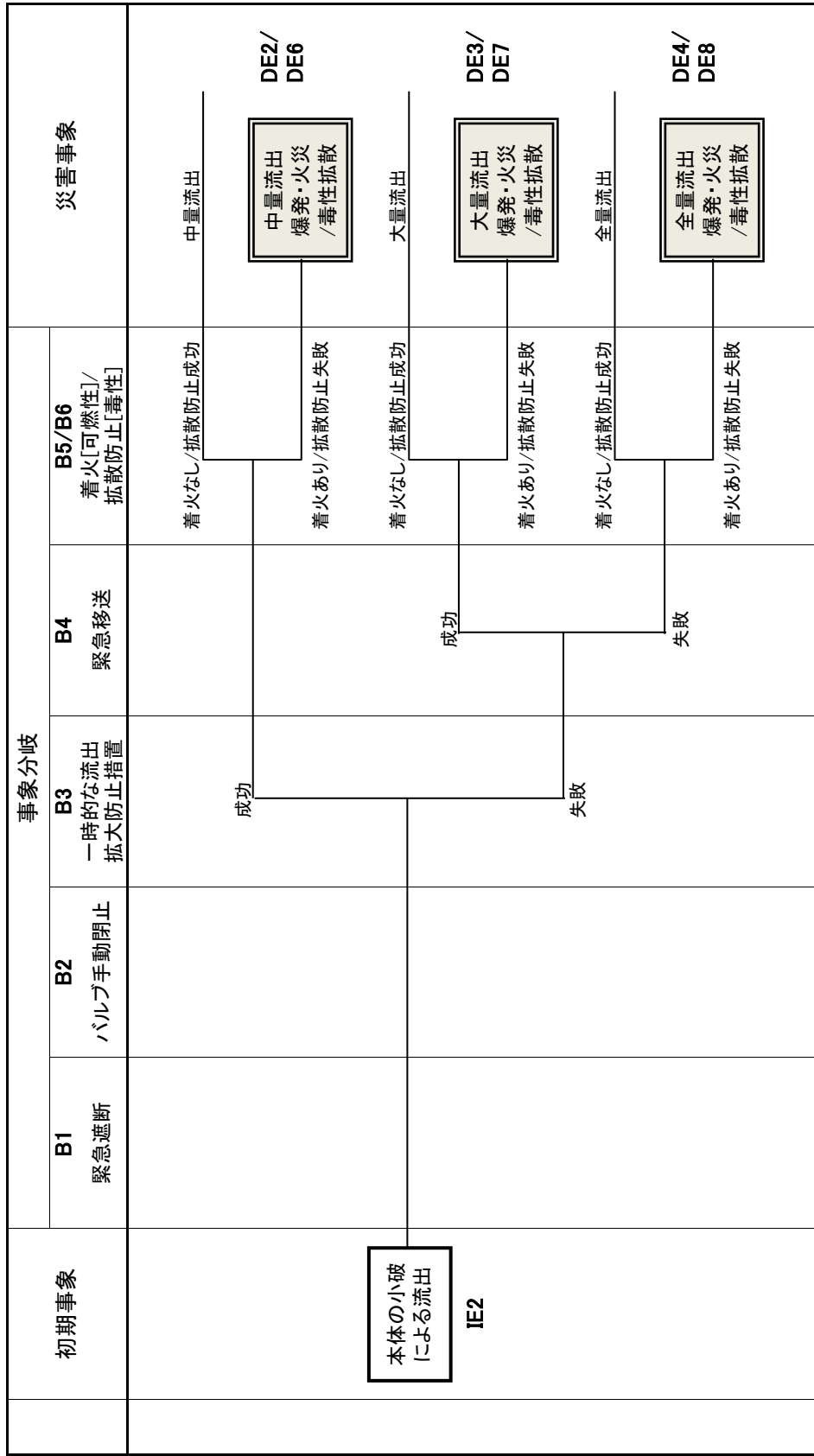
ET図1-7 浮き屋根の損傷による沈降(浮き屋根式危険物タンク)



ET図2-1 配管の小破による流出(ガスタンク)



ET図2-2 タンク本体の小破による流出(ガスタンク)



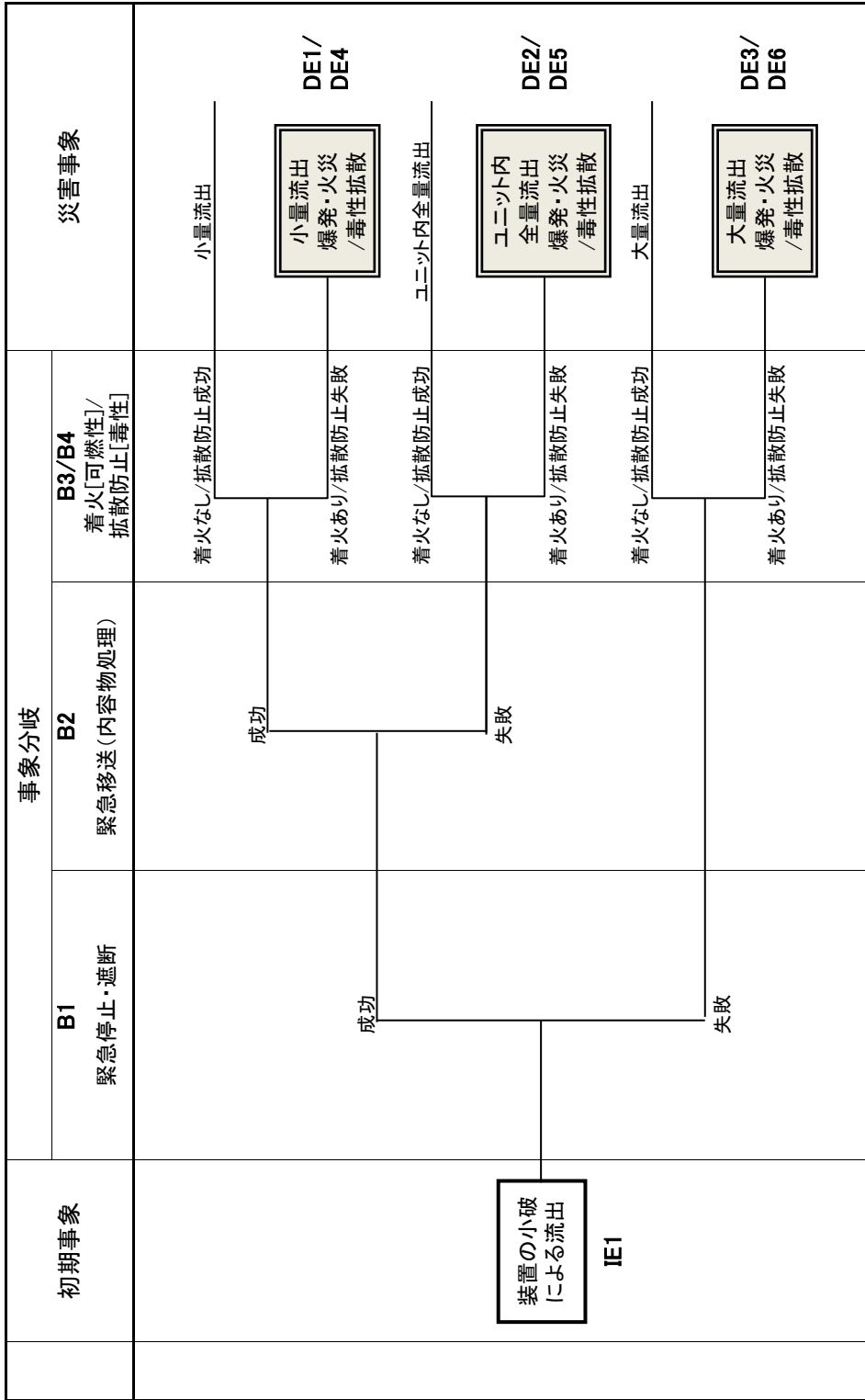
ET図2-3 配管の大破による流出(ガスタンク)

初期事象	事象分岐						災害事象
	B1 緊急遮断	B2 バルブ手動閉止	B3 一時的な流出 拡大防止措置	B4 緊急移送	B5/B6 着火[可燃性]/ 拡散防止[毒性]		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 配管の大破 による流出 IE3 </div>	成功				着火なし/拡散防止成功	大量流出	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 大量流出 爆発・火災 /毒性拡散 DE3/ DE7 </div>
	失敗				着火あり/拡散防止失敗	全量流出	

ET図2-4 タンク本体の大破による流出(ガスタンク)

初期事象	事象分岐						災害事象
	B1 緊急遮断	B2 バルブ手動閉止	B3 一時的な流出 拡大防止措置	B4 緊急移送	B5/B6 着火[可燃性]/ 拡散防止[毒性]		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 本体の大破 による流出 IE4 </div>						着火なし/拡散防止成功	全量流出
						着火あり/拡散防止失敗	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 全量流出 爆発・火災 /毒性拡散 </div> DE4/ DE8

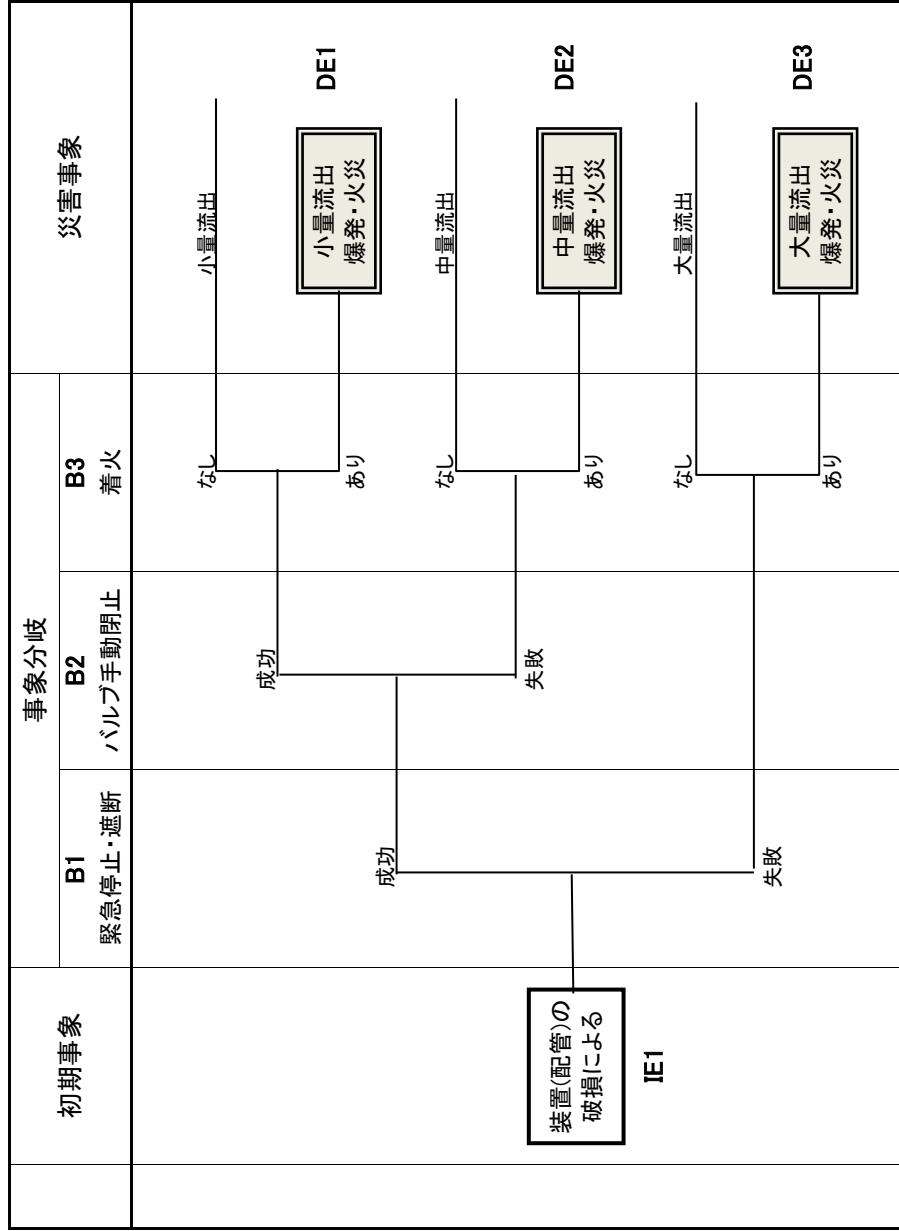
ET図3-1 装置の小破による漏洩(プラント・製造設備)



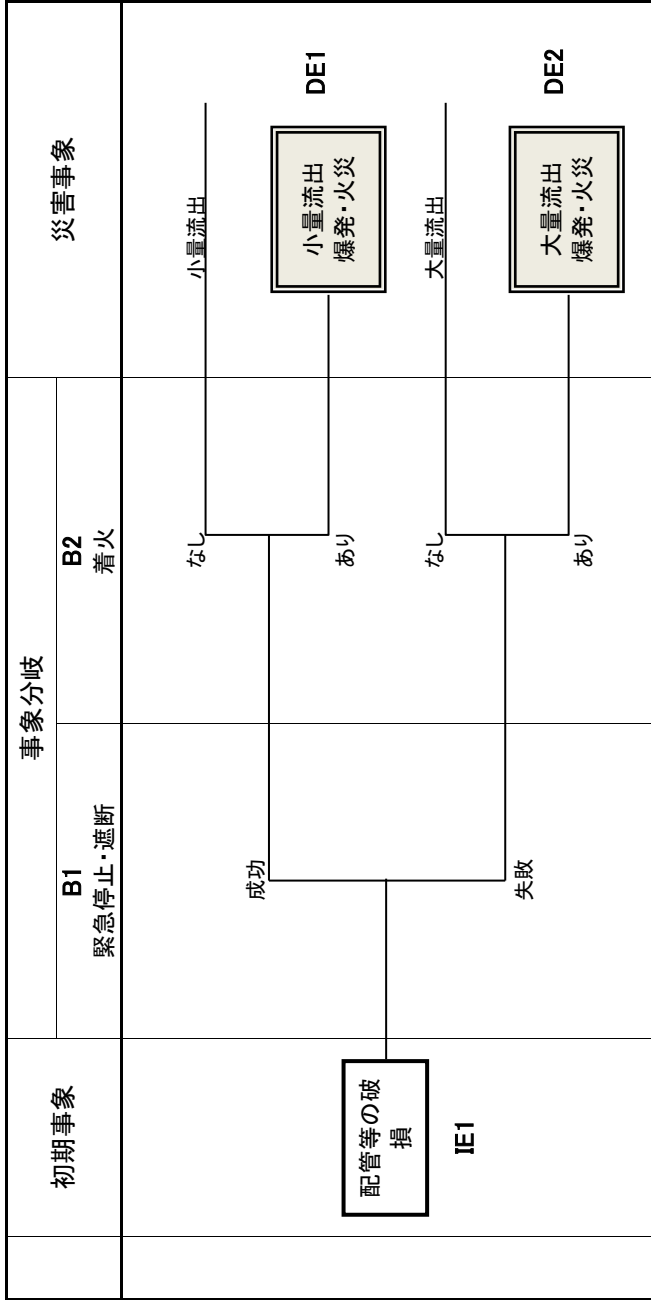
ET図3-2 装置の大破による漏洩(プラント・製造設備)

初期事象	事象分岐		災害事象	
	B1 緊急停止・遮断	B2 緊急移送(内容物処理)		B3/B4 着火[可燃性]/ 拡散防止[毒性]
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">装置の大破 による流出</div> IE2	成功		ユニット内全量流出	
			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">ユニット内 全量流出 爆発・火災 /毒性拡散</div> 大量流出	
	失敗		着火あり/拡散防止失敗	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">大量流出 爆発・火災 /毒性拡散</div> 大量流出
			着火なし/拡散防止成功	

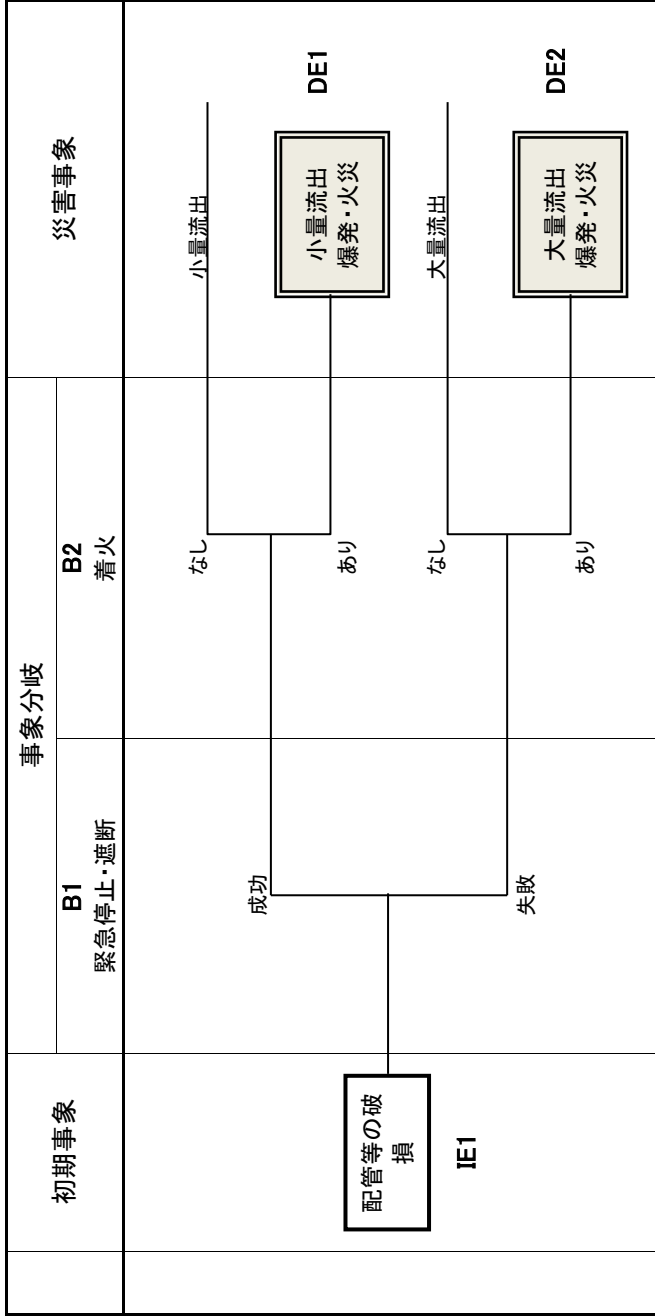
ET図3-3 装置(配管)の破損による漏洩(プラント・発電設備)



ET図4 配管等の破損による流出(海上入出荷施設)



ET図5 配管等の破損による流出(パイプライン)



2.3 災害の発生危険度の推定

展開したイベント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り、各災害事象の発生頻度を推定する。原則として、初期事象の発生頻度は過去の事故事例（該当事故の発生件数）により、事象の分岐確率は信頼性データに基づくフォールトツリー解析（FTA）により推定する。しかしながら、頻度推定には多くの不確定要素が伴い、このような算定により得られた数値は絶対的な発生頻度としてではなく、災害の起こりやすさを表す相対的な指標として捉えるべきである。そこで、算定された災害の発生頻度（/年）を次のようにランク付けすることにより発生危険度とし、これをもとに評価を行う。

- 危険度 A： 10^{-4} /年程度以上（ 5×10^{-5} /年以上）
ただし、プラント類に関しては、危険度 A の上に危険度 AA を追加する。
- 危険度 AA： 10^{-3} /年程度以上（ 5×10^{-4} /年以上）
- 危険度 A： 10^{-4} /年程度（ 5×10^{-5} /年以上 5×10^{-4} /年未満）
- 危険度 B： 10^{-5} /年程度（ 5×10^{-6} /年以上 5×10^{-5} /年未満）
- 危険度 C： 10^{-6} /年程度（ 5×10^{-7} /年以上 5×10^{-6} /年未満）
- 危険度 D： 10^{-7} /年程度（ 5×10^{-8} /年以上 5×10^{-7} /年未満）
- 危険度 E： 10^{-8} /年程度以下（ 5×10^{-8} /年未満）

ここで、危険度 A は 1 基あたりで見れば 10,000 年に 1 度、10,000 施設あれば 1 年に 1 度起こるような災害であることを意味する。

2.3.1 危険物タンクの災害発生危険度

(1) 初期事象の発生頻度

危険物タンクの初期事象の発生頻度は表 2.3.1 のように設定する。これらの設定根拠は以下に示すとおりである。

表 2.3.1 危険物タンクの初期事象の発生頻度

IE1	配管の小破による流出		4.5×10^{-4} /年	
IE2	タンク本体の小破による流出	○準特定 ○特定外	2.6×10^{-4} /年	
		○新法 ○旧法・新基準	2.6×10^{-5} /年	
IE3	配管の大破による流出	○準特定 ○特定外	3.1×10^{-6} /年	
		○新法 ○旧法・新基準	3.1×10^{-7} /年	
IE4	タンク本体の大破による流出	○準特定 ○特定外	1.5×10^{-6} /年	
		○新法 ○旧法・新基準	1.5×10^{-7} /年	
IE5	浮き屋根シール部の損傷・漏洩による火災（浮き屋根式タンク）	○準特定 ○特定外	1石・アルコール	2.2×10^{-5} /年
2・3・4石			2.2×10^{-6} /年	
IE6	タンク屋根板の損傷による火災（固定屋根式タンク・内部浮き蓋式タンク）	○新法 ○旧法・新基準	1石・アルコール	2.2×10^{-6} /年
			2・3・4石	2.2×10^{-7} /年
IE7	浮き屋根の損傷・沈降（浮き屋根式タンク）		2.6×10^{-5} /年	

注 1) 容量が 1,000kl 以上のタンクを特定タンク、500kl 以上 1,000kl 未満のタンクを準特定タンク、500kl 未満のタンクを特定外タンクという。

注 2) 新法タンクは昭和 52 年改正の危険物の規制に関する政令施行後に設置許可申請された特定タンク、旧法タ

ンクはそれ以前に設置許可申請された特定タンクである。旧法タンクについては、平成6年に基準が強化されており、これに適合するものをここでは旧法・新基準タンクと呼んでいる。なお、500kl以上1,000kl未満のタンクについては、平成7年の兵庫県南部地震で被害が多く見られたことから、平成11年に準特定タンクとして耐震基準の改正が行われた。

【屋外タンク貯蔵所の事故発生状況】

2004～2013年の10年間に、全国及び特定事業所の危険物タンク（屋外タンク貯蔵所）で発生した事故の発生状況は表2.3.2の通りである。

表 2.3.2 危険物タンクの事故発生状況(2004～2013年) i, ii, iii

	施設数 (基)	流出事故		火災事故		計	
		件数 (件/10年)	発生頻度 (年・基)	件数 (件/10年)	発生頻度 (年・基)	件数 (件/10年)	発生頻度 (年・基)
特定事業所	20,512	280	(1.4×10^{-3})	20	(9.8×10^{-5})	300	(1.5×10^{-3})
全国	65,035	625	9.0×10^{-4}	31	4.5×10^{-5}	656	(1.0×10^{-3})

注1)施設数は2013.3.31現在の完成検査済証交付施設数である。

注2)特定事業所及び全国の事故件数は、過去10年間の流出事故及び火災事故(爆発を含む)件数の合計を表す。
なお、流出から火災に至る場合は火災に含まれる。

注3)2011年以降の事故件数は、特定事業所の件数は一般事故として計上された件数のみとし、全国の件数は震度6弱以上の地震により発生した事故を除外した件数とした。

注4)全国の流出事故及び火災事故の発生頻度は、各年の発生頻度の平均値である。その他の発生頻度(括弧内の数値)は、10年間の事故件数の合計と最新の統計による施設数から算出した推定値である。

【流出事故の発生箇所】

流出事故については、危険物保安技術協会が1989～2002年の14年間の事故データをもとに、流出の発生箇所を整理している(資料1)。これによると、流出事故は14年間で448件発生しており、そのうち配管からの流出が258件(非埋設管144件、埋設管114件)、タンク本体からが144件(屋根部61件、屋根以外83件)、その他46件となっている(地震によるものを含む)。これらのうち配管及びタンク本体における流出事故の発生状況をまとめたものが表2.3.3である。

表 2.3.3 屋外タンク貯蔵所の発生場所別流出事故発生状況(1989～2002年)iv, v

配管				タンク本体			
区分	件数	比率	発生頻度 (年・基)	区分	件数	比率	発生頻度 (年・基)
非埋設管	144	32.1%	4.5×10^{-4}	屋根以外	83	18.5%	2.6×10^{-4}
埋設管	114	25.4%	3.6×10^{-4}	屋根	61	13.6%	1.9×10^{-4}
計	258	57.6%	8.1×10^{-4}	計	144	32.1%	4.5×10^{-4}

注1)事故件数は、全国の屋外タンク貯蔵所において14年間(1989～2002年)に発生した事故のうち、配管及びタンク本体における事故の合計である(地震によるものを含む)。

注2)比率は、14年間の全流出事故(448件)を母数とした場合の発生箇所の比率である。

i 危険物に係る事故事例(各年)、消防庁。

ii 石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所における事故概要(各年)、消防庁特殊災害室。

iii 石油コンビナート等実態調査「特定事業所における危険物製造所等調」、2012。

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

v 危険物に係る事故事例(各年)、消防庁。

注 3)発生頻度は、特定事業所における最近 10 年間の流出事故発生頻度(1.4×10^{-3})に、発生箇所の比率を掛け合わせた推定値である。

【小破流出の発生頻度の推定】

表 2.3.3 より、埋設配管からの流出については火災危険性が少ないことを考慮し、非埋設管の発生頻度をもとに、配管の小破による流出の発生頻度を 4.5×10^{-4} (/年)とする。タンク本体の小破による流出については、屋根からの流出のほとんどは地震時のスロッシングによるものであることから、タンク本体の小破流出の発生頻度を、表 2.3.3 による屋根以外の流出事故の発生頻度をもとに 2.6×10^{-4} (/年)とする。

【大破流出の発生頻度の推定】

配管の大破による流出については、配管からの流出事故の規模は特定できないものの、全国で 5 年に 1 件程度発生するものと考え、 3.1×10^{-6} /年とする。タンク本体の大破による流出に関しては、近年ほとんど発生していないことから、全国で 10 年に 1 件程度発生するものと考え、 1.5×10^{-6} /年とする。

注) 近年の危険物タンクの事故において、大破流出といえるものとしては 1992 年の千葉県袖ヶ浦市の流出事故がある。これは近隣のプラントでの爆発の影響でタンクが破損し、486kl が流出して防油堤内で火災となったものであるⁱ。

【タンク火災の発生頻度の推定】

火災事故については、危険物保安技術協会ⁱⁱによると、危険物タンクでは 1979～2002 年の 24 年間で 68 件の火災事故が発生しており、このうちタンク本体におけるものは 46 件である。この 46 件中貯蔵中または残油のある状態で、工事修理またはこれに伴う作業のなかったものは 16 件であり、さらに地震時の 1 件を除くと 15 件(約 22%)となる。

従って、危険物貯蔵中の屋根部またはタンク本体における出火の発生頻度は、火災事故全体の 22%とすると、表 2.3.2 の特定事業所における最近 10 年間の火災事故発生頻度(9.8×10^{-5})から、 2.2×10^{-5} (/年)となる。

注) 主なタンク火災の事例としては、2002 年に横浜市で発生した内部浮き蓋式のガソリンタンクの火災がある。これは、受入れ作業中に爆発して火災に至ったもので、タンク側板と屋根板との接合部が破断しておりほぼ全面火災になったが、小規模なタンク(直径 15m)であったため約 25kl を消失して約 5 時間後に鎮火したⁱⁱⁱ。2003 年以降では、2006 年に川崎市でアスファルトタンク(直径 26m)の屋根の破損による火災が発生している。

【油種別のタンク火災発生頻度の推定】

貯蔵油種による発生頻度の差に関しては、最近 5 年間の出火原因別の火災発生状^{iv}によると、危険物タンクにおける第 4 類危険物の火災事故のうち、第 4 類第 1 石油類・アルコール類と、その他の第 4 類で同程度の発生件数となっている。第 4 類危険物を貯蔵する危険物タンクのうち、

ⁱ 危険物に係る事故事例(各年)、消防庁。

ⁱⁱ 屋外タンク貯蔵所における火災事故の状況, Safety & Tomorrow, 危険物保安技術協会, No.98, 2004

ⁱⁱⁱ 西晴樹、山田實：屋外タンク貯蔵所の火災に係る調査の概要について、消防研究所報告、No.96、2003。

^{iv} 平成 24 年中の危険物に係る事故の概要の公表、消防庁、2013。

約 1 割が 1 石・アルコール類、約 9 割がその他の第 4 類を貯蔵していると考えられることから、1 石・アルコール類の火災の発生頻度は、その他の第 4 類の 10 倍程度と推定できる。

従って、前述のタンク本体における出火の発生頻度に基づき、1 石・アルコール類を貯蔵するタンクについては 2.0×10^{-5} (/年)、1 石・アルコール類以外の第 4 類石油類を貯蔵するタンクについてはその 1/10 の 2.0×10^{-6} (/年)とする。

【タンク技術基準別の発生頻度の推定】

特定タンク（新法、旧法・新基準）は非特定タンク（準特定、特定外）よりも強度が高いことを踏まえ、特定タンクの事故発生頻度は非特定タンクの 1/10 と仮定する（タンク火災についても同様とする）。

【浮き屋根の損傷・沈降の発生頻度の推定】

浮き屋根式タンクにおける浮き屋根の損傷・沈降事故は、2005 年に大分市の製油所で、2012 年に沖縄県うるま市の油槽所で、計 2 件が発生している。いずれもシングルデッキタイプの浮き屋根であり、油種は第 1 石油類であったが、タンク火災には至っていない。

危険物タンクのうち浮き屋根式のものは全体の 12%であることからⁱ、全国では約 7800 基程度（全国の危険物タンク数約 65000 基の 12%）と推定できる。従って、浮き屋根の損傷・沈降事故の発生を 10 年間に 2 件と考え、発生頻度は 2.6×10^{-5} (/年)とする。

注) 大分市の事故は、浮き屋根上にタンク内のスロップ油が漏洩し、泡消火剤によるシール活動中に浮き屋根が沈降したものである。浮き屋根に腐食開口があったことや、ルーフドレン配管の閉塞があったことなどが漏洩や沈降の発生要因であり、維持管理の問題が指摘されているⁱⁱ。うるま市の事故は、台風や大雨の影響により浮き屋根が沈降し、ルーフドレンから防油堤内に原油約 4.5kl が漏洩したものである。過去の台風の影響により浮き屋根が損傷していたところに、大雨による浮き屋根上への滞水があり浮き屋根が沈下したⁱⁱⁱ。

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 2.3.4 のように設定する。これらの設定根拠を以下に示す。

ⁱ 石油コンビナート等防災体制の現況、消防庁、2013。

ⁱⁱ 浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の保安対策の徹底について（通知）、消防危第 227 号、2005。

ⁱⁱⁱ 浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の保安対策の徹底及び応急措置体制の整備について（通知）、消防危第 141 号・消防特第 154 号、2013。

表 2.3.4 危険物タンクの事象の分岐確率

B1	緊急遮断の失敗		10^{-2}
B2	バルブ手動閉止の失敗	1石・アルコール	10^{-2}
		2・3・4石	10^{-3}
B3	一時的な流出拡大防止措置の失敗		10^{-1}
B4	内容物の緊急移送の失敗		1.9×10^{-2}
B5	仕切堤による拡大防止の失敗		10^{-2}
B6	防油堤による拡大防止の失敗		10^{-3}
B7	流出油の着火	1石・アルコール	10^{-1}
		2・3・4石	10^{-2}
	拡散防止失敗(毒性危険物)		10^{-1}
B8	消火設備による消火の失敗		10^{-1}
B9	浮き屋根の沈降(浮き屋根式タンク)		10^{-1}

a. 緊急遮断の失敗

緊急遮断設備には電気駆動とエア駆動があり、これらの設備の作動失敗を想定した FTA を図 2.3.1 及び図 2.3.2 に示す。図より、機械的な要因による緊急遮断の失敗確率は 5×10^{-3} 程度であるが、人為的なミスも考えられることから、これよりもやや大きい 10^{-2} とする。なお、遮断設備が付いていないタンクでは、緊急遮断の失敗確率を 1.0 とする。

ここで、FT に現れる末端事象の故障確率は米国で刊行されている以下の文献による(以下同様)。

WASH-1400 : U.S.Nuclear Regulatory Commission, "Reactor Safety Study, An Assessment of Accident in U.S.Commercial Nuclear Power Plants", 1975

CCPS : Center for Chemical Process Safety of the American Institute Chemical Engineers, "Guideline for Process Equipment Reliability Data with Data Table", 1989

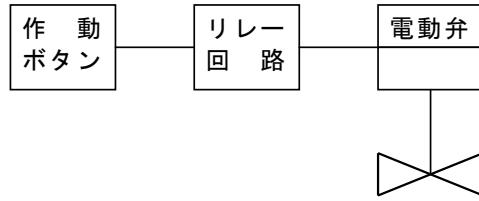
b. バルブ手動閉止の失敗

緊急遮断に失敗した場合、流出発生箇所付近の現場操作によりバルブを手動閉止し、漏洩停止を試みる。CCPS によると、手動バルブの閉止失敗確率(VALVES-Manual)は 3×10^{-4} であるが、油種によっては着火危険性が高く、現場でのバルブ閉止操作ができない場合も考えられる。したがって、バルブ手動閉止に失敗する確率は、油種に応じて次のように設定する。

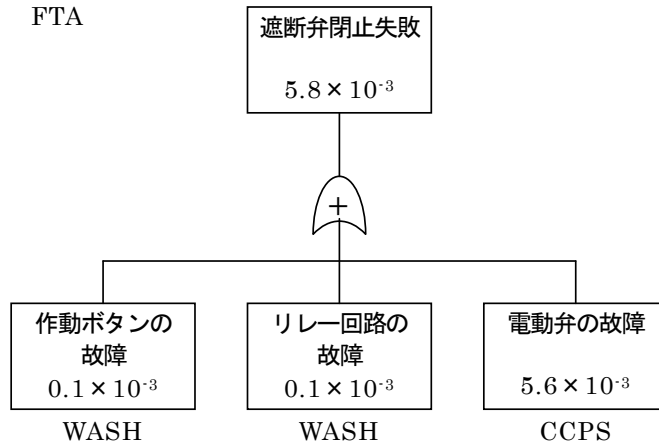
○第 1 石油類・アルコール類 : 10^{-2}

○その他 : 10^{-3}

設備構成



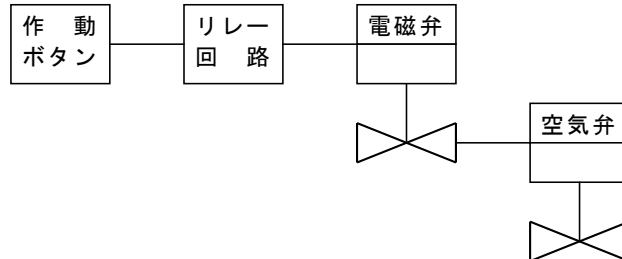
FTA



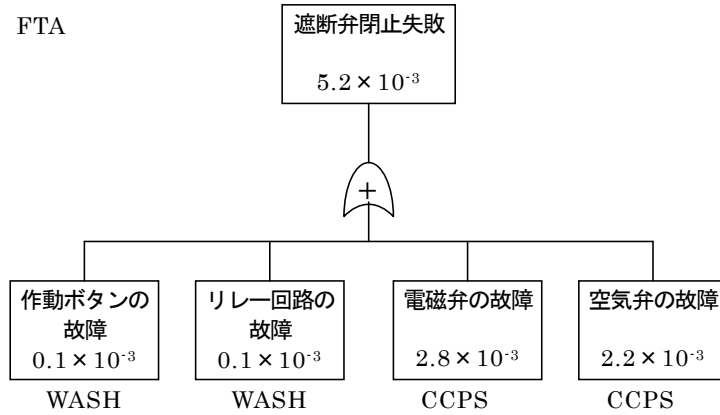
FTA : フォールトツリー解析

図 2.3.1 遮断設備(電気駆動)の作動失敗に関する FTA(平常時)

設備構成



FTA



FTA : フォールトツリー解析

図 2.3.2 遮断設備(エア駆動)の作動失敗に関する FTA(平常時)

c. 一時的な流出拡大防止の失敗

配管やタンク本体から流出した場合、小破流出であれば破口を塞いだり土のうで囲んで漏油を回収するなどの一時的な措置により拡大を防止することが可能な場合がある。このような措置に失敗して、漏油が仕切堤(あるいは防油堤)全面に拡大する確率は 10^{-1} とする。

d. 内容物の緊急移送の失敗

内容物の緊急移送は、バルブの開閉により損傷タンクと移送先タンクを連結して移送ポンプを起動することにより行なわれる。バルブ開閉の失敗確率(電動及び手動の開閉がともに失敗する確率)は無視できるため、移送ポンプ(電動ポンプ)の起動失敗として捉え、CCPS(PUMPS-MOTOR-DRIVEN)をもとに 1.9×10^{-2} とする(移送設備がない場合は 1.0)。

e. 仕切堤・防油堤による拡大防止の失敗

仕切堤または防油堤内に危険物が流出した場合、危険物が堤外に流出する危険性は、次のように考えられる。流出量が多い場合は、危険物が仕切堤や防油堤を超えて溢流する危険性がある。ただし、防油堤の容量は、堤内の最大タンク容量の 110%以上を確保することが義務付けられているため、複数タンクからの大量流出がなければ溢流することはない。また、仕切堤や防油堤に損傷が生じた場合には、隙間から堤外に流出する可能性があるが、平常時には危険性は低いと考えられる。その他、流出時に雨水排水口を閉止できない場合には、排水口から側溝へ流出する危険性がある。

以上を踏まえ、平常時において仕切堤・防油堤による拡大防止に失敗する危険性は低いと考え、次のように設定する。

○仕切堤： 10^{-2} (仕切堤がない場合は 1.0)

○防油堤： 10^{-3}

f. 流出油への着火

1992～1996年に発生した危険物タンクの事故事例によると、流出から火災に至ったものは第1石油類で全事故の20%弱(11件中2件)、第2・3・4石油類ではその1/10以下(91件中1件)となっている。近年では、流出した油に着火して火災となった事例は殆どないが、これを参考に次のように設定する。

○第1石油類・アルコール類： 10^{-1}

○その他： 10^{-2}

g. 拡散防止の失敗

毒性危険物が流出して周辺または防油堤内に溜まった場合、泡シール等の応急措置がとられる。このような措置に失敗して毒性危険物が蒸発し、毒性ガスの拡散に至る確率は、 10^{-1} とする。

h. 消火設備による消火の失敗

標準的な消火設備は、消火薬剤タンク、薬剤送出ポンプ、送水ポンプ、泡放出口(及びこれらを結ぶ配管にある数個のバルブ、遠隔操作のためのボタンやリレー回路)等から構成される。ここで、

ポンプ(電動)の故障率が他の要素に比べて 1 桁以上大きいため、ポンプ以外の要素の故障率を 1 まとめて 10^{-2} 程度と考えると、消火設備の作動に失敗する確率は図 2.3.3 の FTA により 4.8×10^{-2} となる(エンジンポンプの場合はポンプ故障率が 2.6×10^{-2} であるため消火設備の作動失敗は 6.2×10^{-2} となるが大差はない)。ただし、消火設備が作動しても消火できないこともあり、ここでは消防活動による初期消火も含めて考え、これに失敗する確率を上記の 2 倍程度の 10^{-1} とする(消火設備がない施設は 1.0 とする)。

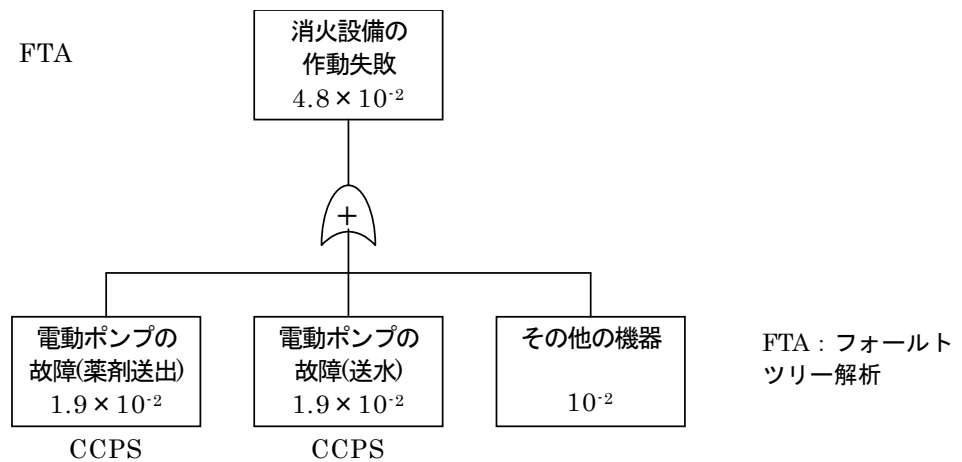


図 2.3.3 消火設備の作動失敗に関する FTA の例(平常時)

i. 浮き屋根の沈降

浮き屋根が損傷を受け、ポンツーン内に油が流入することなどにより、浮力よりも荷重が大きくなると、浮き屋根が傾斜・沈降に至る。浮き屋根式タンクにおいてタンク火災が発生した場合に、浮き屋根が沈降に至る確率は 10^{-1} とする。

(3) 災害の発生危険度

以上の初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を ET に与えることにより、すべての評価対象タンクについて、起こりうる各災害事象の発生頻度(1年)の推定を行う。個々のタンクの災害発生頻度は、それぞれの貯蔵物質(類別)、構造基準、防災設備の有無などによって異なってくる。例えば、仕切堤がないタンクでは仕切堤内流出火災は該当せず、固定屋根式タンクや内部浮き蓋式タンクではリング火災は該当しない。

推定した災害発生頻度を A~E の 5 段階に区分し、災害事象ごとの危険度分布を示すと表 2.3.5 及び表 2.3.6 のようになる。

表 2.3.5 危険物タンクの災害（火災）発生危険度分布（施設数）

<京葉臨海北部地区>

レベル	流出火災					タンク火災		
	小量流出・火災	中量流出・火災	仕切堤内流出・火災	防油堤内流出・火災	防油堤外流出・火災	タンク小火災/リム火災	リング火災	タンク全面火災
A	0	27	0	0	0	0	0	0
B	13	45	0	0	0	33	0	0
C	18	17	0	33	0	55	0	33
D	0	9	0	55	0	10	0	55
E	0	0	4	10	98	0	0	10
対象外	67	0	94	0	0	0	98	0
合計	98	98	98	98	98	98	98	98

<京葉臨海中部地区>

レベル	流出火災					タンク火災		
	小量流出・火災	中量流出・火災	仕切堤内流出・火災	防油堤内流出・火災	防油堤外流出・火災	タンク小火災/リム火災	リング火災	タンク全面火災
A	0	46	0	0	0	0	0	0
B	352	243	0	0	0	96	0	2
C	360	476	13	85	0	542	2	153
D	0	309	196	374	0	434	253	494
E	0	0	339	615	1074	0	22	425
対象外	362	0	526	0	0	2	797	0
合計	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074

<京葉臨海南部地区>

レベル	流出火災					タンク火災		
	小量流出・火災	中量流出・火災	仕切堤内流出・火災	防油堤内流出・火災	防油堤外流出・火災	タンク小火災/リム火災	リング火災	タンク全面火災
A	0	0	0	0	0	0	0	0
B	2	0	0	0	0	0	0	0
C	6	2	0	0	0	2	0	0
D	0	6	0	2	0	6	0	2
E	0	0	0	6	8	0	0	6
対象外	0	0	8	0	0	0	8	0
合計	8	8	8	8	8	8	8	8

- *) 対象外のタンクは以下の通りである。
 小量流出・火災：遮断設備がないタンク。
 仕切堤内流出・火災：仕切堤がないタンク、遮断設備及び移送設備がないタンク。
 タンク小火災/リム火災：固定式泡消火設備がないタンク。
 リング火災：固定屋根式または内部浮き蓋式タンク。
- *) 災害発生危険度のレベル
 A：10⁻⁴/年程度以上、B：10⁻⁵/年程度、C：10⁻⁶/年程度、D：10⁻⁷/年程度、E：10⁻⁸/年程度以下

表 2.3.6 危険物タンクの災害（毒性ガス拡散）発生危険度分布（施設数）

〈京葉臨海中部地区〉

レベル	小量流出・拡散	中量流出・拡散	仕切堤内 流出・拡散	防油堤内 流出・拡散	防油堤外 流出・拡散
A	0	1	0	0	0
B	6	6	0	0	0
C	0	1	0	6	0
D	0	0	0	2	0
E	0	0	1	0	8
対象外	2	0	7	0	0
合計	8	8	8	8	8

＊) 対象外のタンクは以下の通りである。

小量流出・火災：遮断設備がないタンク。

仕切堤内流出・火災：仕切堤がないタンク、遮断設備及び移送設備がないタンク。

＊) 災害発生危険度のレベル

A：10⁻⁴/年程度以上、B：10⁻⁵/年程度、C：10⁻⁶/年程度、D：10⁻⁷/年程度、E：10⁻⁸/年程度以下

2.3.2 ガスタンクの災害発生危険度

(1) 初期事象の発生頻度

ガスタンクの初期事象の発生頻度は表 2.3.7 のように設定する。これらの設定根拠は以下に示すとおりである。

表 2.3.7 ガスタンクの初期事象の発生頻度

IE1	配管の小破による流出	2.1×10 ⁻⁴ /年
IE2	タンク本体の小破による流出(低温液化ガス貯槽を除く)	1.2×10 ⁻⁵ /年
IE3	配管の大破による流出(低温液化ガス貯槽を除く)	1.5×10 ⁻⁷ /年
IE4	タンク本体の大破による流出(低温液化ガス貯槽を除く)	—

【高圧ガス貯槽の事故発生状況】

2004～2013年の10年間において、石油コンビナートの高圧ガス貯槽では、表 2.3.8 に示すように流出事故が5件発生しており（地震によるものを除く）、1施設あたりの発生頻度は同表に示すとおりである。5件の流出事故の概要は次のとおりで、すべて2004年以降に発生したものである。なお、2003年以前では1987～2003年の17年間で高圧ガス貯槽及びその付属配管における事故は発生していない。

注) 地震時では、1995年兵庫県南部地震によるLPG貯蔵設備の配管フランジ部からのLPG流出、2011年東日本大震災によるLPGタンクの爆発火災が発生している。

- 2004.3(岡山県)：低温エチレン貯槽の配管フランジ部においてクリープ損傷によりエチレンが流出したものの。
- 2005.7(神奈川県)：液化石油ガス貯槽配管の外表面腐食により液化石油ガスが流出したものの。
- 2006.4(岡山県)：水封式ガスホルダからプロピレン貯槽へ圧送する際、劣化した逆止弁からプロピレンが逆流し、ガスホルダの水封が途切れて流出したものの。
- 2008.8(大分県)：プロピレンタンクの液面計ノズルに外表面腐食によるピンホールが生じ、

流出が発生したもの。

○2012.4（福岡県）：液化天然ガス貯槽の安全弁作動用ガス配管の溶接部から、微少のガス漏えいが発生したもの。

表 2.3.8 高圧ガス貯槽の事故発生状況(2004～2013 年)^{i, ii}

施設数 (基)	流出事故		火災事故		計	
	件数 (件/10 年)	発生頻度 (年・基)	件数 (件/10 年)	発生頻度 (年・基)	件数 (件/10 年)	発生頻度 (年・基)
2,421	5	(2.1×10^{-4})	0	0	5	(2.1×10^{-4})

注 1) 事故件数は、高圧ガス事故事例検索システム(高圧ガス保安協会)により検索した結果であり、コンビナートの製造事業所における高圧ガス貯槽及びその付属配管の事故を表す。

注 2) 施設数は 2013.4.1 現在の統計による特定事業所の高圧ガス貯槽の数(石炭法に係るもの)であり、製造事業所に限ったものではない。従って、発生頻度は参考値である。

【小破流出の発生頻度の推定】

ガスタンクにおける配管の小破による流出の発生頻度は、表 2.3.8 のデータに基づき 2.1×10^{-4} (年)とする。タンク本体の小破による流出については危険物タンク（新法）との類推により、危険物タンクと比較して腐食の危険性が低いと考えられることから、危険物タンク（新法）のタンク本体の小破による流出の発生頻度 (2.4×10^{-5} /年) の 1/2 とした。

【大破流出の発生頻度の推定】

配管の大破による流出については、危険物タンク（新法）の配管の大破による流出の発生頻度 (3.1×10^{-7} /年) の 1/2 とした。タンク本体の大破による流出については過去に事故事例が殆んどなく、また一般的に、ガスタンクは強度が高く平常時において大破流出は考えにくい。従って、平常時においては評価対象外とする。

注 1) 評価対象施設には高圧ガスに該当しないガスホルダーや常圧の毒性液体タンクも含まれるが、発生頻度は同じ値を適用する。

注 2) 低温液化ガス（LNG）貯槽については、貯槽本体の破損による流出や配管の大破による流出は発生していないことから、平常時においては配管の小破による流出のみを想定する。

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 2.3.9 のように設定する。これらの設定根拠を以下に示す。

ⁱ 石油コンビナート等実態調査、消防庁、2006。

ⁱⁱ 事故事例データベース検索システム、高圧ガス保安協会、2012。

表 2.3.9 ガスタンクの事象の分岐確率

B1	緊急遮断の失敗		10^{-2}
B2	バルブ手動閉止の失敗		10^{-2}
B3	一時的な流出拡大防止措置の失敗		5.0×10^{-1}
B4	内容物の緊急移送の失敗		1.9×10^{-2}
B5	着火(可燃性ガスタンク)	低温液化ガス以外	10^{-1}
		低温液化ガス	10^{-2}
B6	拡散防止の失敗(毒性ガスタンク)	屋外	10^{-1}
		屋内	1.9×10^{-2}

a. 緊急遮断の失敗

緊急遮断設備には電気駆動とエア駆動があり、当該地区では全てエア駆動である。図 2.3.2 の FTA により、機械的な要因による緊急遮断の失敗確率は 5.2×10^{-3} であるが、人為的なミスも考えられることから、これよりもやや大きい 10^{-2} とする。

b. バルブ手動閉止の失敗

緊急遮断に失敗した場合、流出発生箇所付近の現場操作によりバルブを手動閉止し、漏洩停止を試みる。CCPS によると、手動バルブの閉止失敗確率(VALVES-Manual)は 3×10^{-4} であるが、ガスが漏洩した場合には現場でのバルブ閉止操作ができない場合も考えられる。したがって、バルブ手動閉止に失敗する確率は、第 1 石油類及びアルコールを取り扱う危険物タンクと同様に考え、 10^{-2} とする。

c. 一時的な流出拡大防止の失敗

ガスタンクにおいても、流出箇所によっては一時的に破口を塞ぐなどの措置が可能であるが、危険物(可燃性液体)に比べて困難と考えられることから、失敗して流出が長時間継続する確率を 0.5 とする(危険物タンクでは 10^{-1})。

d. 内容物の緊急移送の失敗

緊急移送の失敗を移送ポンプ(電動ポンプ)の作動失敗として捉え、危険物タンクと同様に CCPS (PUMPS-MOTOR-DRIVEN)をもとに 1.9×10^{-2} とする。

e. 流出ガスへの着火

流出した可燃性ガスに着火して爆発・火災が発生する確率は、第 1 石油類・アルコール類と同程度と考え 10^{-1} とする。ただし、低温液化ガス(LNG)タンクには水幕設備(火災による放射熱低減と共に、流出した液化ガスの上方への拡散を促進して風下方向のガス濃度を低減する)が設置されているものもあることから、着火確率を 10^{-2} とする。

f. 拡散防止の失敗

毒性ガスタンクには、流出ガスの拡散を防止するための吸引設備や散水設備などの除害設備が設置されている。これらの設備の不作動確率は移送設備(1.9×10^{-2})と同程度と考えられる。ただ

し、屋外に設置されたタンクについては、流出箇所によっては正常に作動しても必ず拡散を防止できるとは限らないため、これよりも大きい 10^{-1} とする。

(3) 災害の発生危険度

以上の初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を ET に与えることにより、評価対象としたすべてのガスタンクについて、起こりうる各災害事象の発生頻度(/年)の推定を行う。得られた災害発生頻度を危険物タンクと同様に A~E の 5 段階に区分し、災害事象ごとの危険度分布を示すと表 2.3.10 及び 3.11 のようになる。

表 2.3.10 可燃性ガスタンクの災害発生危険度分布（施設数）

<京葉臨海北部地区>

レベル	小量流出・ 爆発火災	中量流出・ 爆発火災	大量流出・ 爆発火災	全量流出・ 爆発火災
A	0	0	0	0
B	3	0	0	0
C	0	3	0	3
D	0	0	0	0
E	0	0	3	0
対象外	0	0	0	0
合計	3	3	3	3

<京葉臨海中部地区>

レベル	小量流出・ 爆発火災	中量流出・ 爆発火災	大量流出・ 爆発火災	全量流出・ 爆発火災
A	0	0	0	0
B	288	12	0	0
C	53	270	188	94
D	0	53	15	20
E	0	18	138	239
対象外	12	0	12	0
合計	353	353	353	353

<京葉臨海南部地区>

レベル	小量流出・ 爆発火災	中量流出・ 爆発火災	大量流出・ 爆発火災	全量流出・ 爆発火災
A	0	0	0	0
B	17	0	0	0
C	4	17	0	17
D	0	4	0	4
E	0	0	21	0
対象外	0	0	0	0
合計	21	21	21	21

*）対象外のタンクは以下の通りである。

小量流出：遮断設備がないタンク。大量流出：遮断設備及び移送設備がないタンク。

*）災害発生危険度のレベル

A： 10^{-4} /年程度以上、B： 10^{-5} /年程度、C： 10^{-6} /年程度、D： 10^{-7} /年程度、E： 10^{-8} /年程度以下

表 2.3.11 毒性ガスタンクの災害発生危険度分布（施設数）

<京葉臨海中部地区>

レベル	小量流出・ 毒性拡散	中量流出・ 毒性拡散	大量流出・ 毒性拡散	全量流出・ 毒性拡散
A	0	0	0	0
B	35	3	0	0
C	11	35	18	20
D	0	11	7	4
E	0	0	23	25
対象外	3	0	1	0
合計	49	49	49	49

<京葉臨海南部地区>

レベル	小量流出・ 毒性拡散	中量流出・ 毒性拡散	大量流出・ 毒性拡散	全量流出・ 毒性拡散
A	0	0	0	0
B	6	0	0	0
C	2	6	0	6
D	0	2	0	2
E	0	0	8	0
対象外	0	0	0	0
合計	8	8	8	8

*）対象外のタンクは以下の通りである。

小量流出：遮断設備がないタンク。大量流出：遮断設備及び移送設備がないタンク。

*）災害発生危険度のレベル

A：10⁻⁴/年程度以上、B：10⁻⁵/年程度、C：10⁻⁶/年程度、D：10⁻⁷/年程度、E：10⁻⁸/年程度以下

*）アンモニアを取扱う施設は、爆発火災と毒性ガス拡散の両方に計上している。

2.3.3 プラントの災害発生危険度

(1) 製造施設

①初期事象の発生頻度

プラント・製造施設（危険物製造所・高圧ガス製造設備）の初期事象の発生頻度は表 2.3.12 のように設定する。これらの設定根拠は以下に示すとおりである。

表 2.3.12 プラント・製造施設の初期事象の発生頻度

IE1	装置の小破による流出	可燃性物質を取扱う製造施設	1.5×10 ⁻² /年
		毒性物質を取扱う製造施設	2.1×10 ⁻⁴ /年
IE2	装置の大破による流出	可燃性物質を取扱う製造施設	1.5×10 ⁻³ /年
		毒性物質を取扱う製造施設	2.1×10 ⁻⁵ /年

【危険物製造所及び一般取扱所の事故発生状況】

2004～2013 年の 10 年間に、危険物製造所において発生した流出及び火災事故の状況は、表 2.3.13 のとおりである。

表 2.3.13 危険物製造所の事故発生状況(2004~2013年)^{i, ii, iii}

	施設数 [基]	流出事故		火災事故		計	
		件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)	件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)	件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)
特定事業所	1,498	191	(1.3×10^{-2})	134	(8.9×10^{-3})	325	(2.2×10^{-2})
全国	5,103	188	3.7×10^{-3}	304	6.0×10^{-3}	492	(9.6×10^{-3})

注 1)施設数は 2013.3.31 現在の完成検査済証交付施設数である。

注 2)特定事業所及び全国の事故件数は、過去 10 年間の流出事故及び火災事故(爆発を含む)件数の合計を表す。なお、流出から火災に至る場合は火災に含まれる。

注 3)全国の流出事故及び火災事故の発生頻度は、各年の発生頻度の平均値である。その他の発生頻度(括弧内の数値)は、10 年間の事故件数の合計と最新の統計による施設数から算出した推定値である。

【小破流出の発生頻度の推定】

表 2.3.13 より、危険物製造所(特定事業所)における流出事故の発生頻度は 1.3×10^{-2} (/年)であるが、流出から火災に至る場合は火災事故に含まれる。製造所では、危険物を高温高压で取り扱うことが多く、流出から火災に至るような場合が多いと考えられることから、流出事故の発生頻度はこれよりもやや高いと考え、 1.5×10^{-2} (/年)とする。

高压ガス製造設備については、流出事故の発生頻度は危険物製造所よりも低いものと推測されるが、対象としている高压ガス製造設備では可燃性ガスを高温高压で取扱うような設備も含まれることから、危険物製造所と同じとする。

また、毒性物質を取扱う製造施設については、一般的に可燃性物質を扱う施設と比べて種々の流出・拡散防止策が講じられていることから、ガスタンクの配管からの小破による流出の発生頻度と同程度と考え、 2.1×10^{-4} (/年)とする。

【大破流出の発生頻度の推定】

装置の大破による流出については、近年、大規模な流出を伴う事故が何件か発生していることから、装置の小破による流出の 1/10 程度の発生頻度と考える。

注)例えば、2011 年山口県周南市の塩化ビニルモノマー製造施設(高危混在施設)における爆発・火災事故、2012 年山口県岩国・大竹地区のレゾルシン製造装置及びサイメン製造装置(高危混在施設)における爆発・火災事故、2012 年兵庫県姫路市のアクリル酸製造施設(危険物製造所)における爆発・火災事故が発生している。

②事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 2.3.14 のように設定する。これらの設定根拠を以下に示す。

ⁱ 危険物に係る事故事例(各年)、消防庁。

ⁱⁱ 石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所における事故概要(各年)、消防庁特殊災害室。

ⁱⁱⁱ 石油コンビナート等実態調査「特定事業所における危険物製造所等調」、2012。

表 2.3.14 プラント・製造施設の事象の分岐確率

B1	緊急停止・遮断の失敗		10^{-2}
B2	内容物の緊急移送の失敗		10^{-1}
B3	着火・爆発火災	可燃性液体を取り扱う施設	5.0×10^{-1}
		可燃性ガスを取り扱う施設	2.0×10^{-1}
B4	蒸発・拡散防止の失敗 (毒性物質を取り扱う施設)	屋外	10^{-1}
		屋内	1.9×10^{-2}

a. 緊急遮断の失敗

機械的な要因による緊急遮断の失敗確率は 5×10^{-3} 程度であるが(図 2.3.2)、人為的なミスも考えられることから、これよりもやや大きい 10^{-2} とする。

b. 内容物の緊急移送の失敗

安全弁の開放など設備自体は高い確率で動作すると考えられるが、特に製造施設ではユニット内で高圧で処理されている場合が多く、短時間で内容物が流出することを考慮して 10^{-1} とする。

c. 流出物への着火

可燃性液体を取り扱う施設については、表 2.3.12 の特定事業所における事故全体に対する火災事故の比率(134/325)に基づき 5.0×10^{-1} とする。

可燃性ガスを取り扱う施設については、製造事業所(コンビ則適用)において漏洩後に爆発、火災に至る事象の割合は全事故の16%(漏洩事故の17%)であるとの報告があり(注参照)、これに基づき 2.0×10^{-1} とする。

注) 製造事業所(コンビ則適用)における最近4年間(2008~2011年)の事故の統計・解析結果によると、4年間の事故件数は140件であり(事故件数には東日本大震災におけるものを含む)、そのうち漏洩131件(93%)、爆発・火災(漏洩の先行なし)7件(5%)、破裂・破損1件(1%)、不明1件(1%)であった。漏洩131件のうち、爆発・火災に至った事象は22件(16%)であった。ⁱ

d. 蒸発・拡散防止の失敗

毒性物質を取り扱う製造施設には、散水設備や吸引設備など、毒性ガスの蒸発や拡散を防止するための設備が設置されている場合がある。さらに流出時には、放水や中和処理などの除害措置が実施される。

これらの設備や措置による拡散防止に失敗する確率は、毒性ガスタンクと同様に屋外に設置されたプラント設備については 10^{-1} 、屋内に設置されたプラント設備については、拡散防止効果が大きいと考えられることから、 1.9×10^{-2} (CCPSによる移送ポンプの不作動確率)とする。

③災害の発生危険度

以上の初期事象の発生頻度と事象の分岐確率をETに与えることにより、評価対象としたすべての製造施設について、起こりうる各災害事象の発生頻度(1年)を推定する。得られた災害発生頻

ⁱ 赤塚広隆、小林英男、上田洋平、山田敏弘、笠井尚哉、澁谷忠弘：高圧ガス事故の統計と解析③コンビナート等保安規則適用製造事業所、高圧ガス、Vol.50、No.9、pp.24-29、2013。

度を AA～E の 6 段階に区分し、災害事象ごとの危険度分布を示すと表 2.3.15 のようになる。製造施設には、可燃性液体(石油類)、可燃性ガス、毒性ガスのいずれか、あるいはすべてを扱っているものがあり、表 2.3.15 はそれぞれ該当する施設についての災害発生危険度の分布を表している。

表 2.3.15 プラント・製造施設の災害発生危険度分布（施設数）

〈京葉臨海北部地区〉

レベル	流出火災			爆発・火災		
	小量流出 流出火災	ユニット全量流出 流出火災	大量流出 流出火災	小量流出 爆発・火災	ユニット全量流出 爆発・火災	大量流出 爆発・火災
AA	6	6	0	1	1	0
A	0	0	6	0	0	0
B	0	0	0	0	0	1
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0
合計	6	6	6	1	1	1

〈京葉臨海中部地区〉

レベル	流出火災			爆発・火災			毒性拡散		
	小量流出 流出火災	ユニット全量 流出 流出火災	大量流出 流出火災	小量流出 爆発・火災	ユニット全量 流出 爆発・火災	大量流出 爆発・火災	小量流出 毒性拡散	ユニット全量 流出 毒性拡散	大量流出 毒性拡散
AA	249	249	0	163	163	0	0	0	0
A	0	0	249	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	163	16	0	0
C	0	0	0	0	0	0	4	20	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	16
E	0	0	0	0	0	0	0	0	4
合計	249	249	249	163	163	163	20	20	20

〈京葉臨海南部地区〉

レベル	流出火災		
	小量流出 流出火災	ユニット全量流出 流出火災	大量流出 流出火災
AA	6	6	0
A	0	0	6
B	0	0	0
C	0	0	0
D	0	0	0
E	0	0	0
合計	6	6	6

*) 災害発生危険度のレベル

AA : 10-3/年程度以上、A : 10-4/年程度、B : 10-5/年程度、C : 10-6/年程度、D : 10-7/年程度、E : 10-8/年程度以下

*) アンモニアを取扱う施設は、爆発火災と毒性ガス拡散の両方に計上している。

(2) 発電施設

①初期事象の発生頻度

プラント・発電施設の初期事象の発生頻度は表 2.3.16 のように設定する。設定根拠は以下に示すとおりである。

表 2.3.16 プラント・発電施設の初期事象の発生頻度

IE1	装置(配管)の破損による流出	可燃性液体を取り扱う施設	3.5×10^{-2} /年
		可燃性ガスを取り扱う施設	1.8×10^{-2} /年

【火力発電所の事故発生状況】

2003～2012年の10年間に、全国の火力発電所において発生した流出及び火災事故の状況を表 2.3.17 に示す。また、発電施設は危険物一般取扱所に該当するが、一般取扱所全体における最近10年間の事故の発生状況を表 2.3.18 に示す。

表 2.3.17 火力発電所の事故発生状況(2003～2012年)^{i, ii}

施設数	流出事故		火災事故		計	
	件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)	件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)	件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)
351	111	(3.2×10^{-2})	39(13)	(1.1×10^{-2})	150	(4.3×10^{-2})

注 1) 施設数は 2013.3.31 現在の火力発電所数を表す。

注 2) 事故件数は、過去 10 年間の流出事故及び火災事故件数の合計を表す。なお、火災事故のうち、括弧内は流出から火災に至った場合であり、内数である。

注 3) 流出事故及び火災事故の発生頻度(括弧内の数値)は、10 年間の事故件数の合計と最新の統計による施設数から算出した推定値である。

表 2.3.18 危険物一般取扱所の事故発生状況(2004～2013年)^{i, ii, iii}

	施設数	流出事故		火災事故		計	
		件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)	件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)	件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)
特定事業所	5,718	245	(4.3×10^{-3})	211	(3.7×10^{-3})	456	(8.0×10^{-3})
全国	64,475	891	1.3×10^{-3}	1,155	1.7×10^{-3}	2,046	(3.2×10^{-3})

注 1) 施設数は 2013.3.31 現在の完成検査済証交付施設数である。

注 2) 特定事業所及び全国の事故件数は、過去 10 年間の流出事故及び火災事故(爆発を含む)件数の合計を表す。なお、流出から火災に至る場合は火災に含まれる。

注 3) 全国の流出事故及び火災事故の発生頻度は、各年の発生頻度の平均値である。その他の発生頻度(括弧内の数値)は、10 年間の事故件数の合計と最新の統計による施設数から算出した推定値である。

【装置の破損による流出の発生頻度の推定】

表 2.3.17 及び 2.3.18 より、火力発電所における事故の発生頻度は、一般取扱所全体と比較して約 10 倍大きくなっている。表 2.3.17 の火災事故には流出から火災に至る場合も含まれ、これを流出に含めて発生頻度を求めると 3.5×10^{-2} /年となる。従って、発電施設(可燃性液体を取り扱う施設)の装置破損による流出の発生頻度は、 3.5×10^{-2} /年と設定する。

また、発電施設(可燃性ガスを取り扱う施設)については、可燃性液体(危険物)と比較して可燃性ガス(LNG)の腐食危険性が小さいと考えられることから、装置破損による流出の発生頻度は、可燃性液体を取り扱う施設の 1/2 とする。

ⁱ 危険物に係る事故事例(各年)、消防庁。

ⁱⁱ 経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部編：平成 25 年版電源開発の概要 その計画と基礎資料、2013。

②事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 2.3.19 のように設定する。これらの設定根拠を以下に示す。

表 2.3.19 プラント・発電施設の事象の分岐確率

B1	緊急停止・遮断の失敗		10^{-2}
B2	バルブ手動閉止の失敗	1石・アルコール・可燃性ガス	10^{-2}
		2・3・4石	10^{-3}
B3	着火・爆発火災		10^{-1}

a. 緊急遮断の失敗

機械的な要因による緊急遮断の失敗確率は 5×10^{-3} 程度であるが (図 2.3.2)、人為的なミスも考えられることから、これよりもやや大きい 10^{-2} とする。

b. バルブ手動閉止の失敗

CCPS による手動バルブ (VALVES-Manual) の閉止失敗確率は 3.0×10^{-4} であるが、漏油に着火する可能性が高ければ、タンクに近づいてバルブの閉止ができない可能性がある。こうした漏油から火災が発生する可能性を物質毎に考え、バルブ手動閉止に失敗する確率を次のように設定する。

○第1石油類・アルコール類・可燃性ガス： 10^{-2}

○その他： 10^{-3}

c. 流出物への着火

表 2.3.17 より、流出事故が火災に至る比率 ($13/(111+13)$) をもとに 10^{-1} とする。

③災害の発生危険度

以上の初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を ET に与えることにより、評価対象としたすべての発電施設について、起こりうる各災害事象の発生頻度 (年) を推定する。得られた災害発生頻度を AA~E の 6 段階に区分し、災害事象ごとの危険度分布を示すと表 2.3.20 のようになる。

表 2.3.20 プラント・発電施設の災害発生危険度分布 (施設数)

<京葉臨海中部地区>

レベル	流出火災			爆発・火災		
	小量流出・火災	中量流出・火災	大量流出・火災	小量流出・爆発火災	中量流出・爆発火災	大量流出・爆発火災
AA	34	0	0	7	0	0
A	0	0	0	0	0	0
B	0	34	0	0	7	0
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	7
E	0	0	34	0	0	0
合計	34	34	34	7	7	7

〈京葉臨海南部地区〉

レベル	流出火災		
	小量流出・火災	中量流出・火災	大量流出・火災
AA	4	0	0
A	0	0	0
B	0	4	0
C	0	0	0
D	0	0	0
E	0	0	4
合計	4	4	4

*) 災害発生危険度のレベル

AA : 10-3/年程度以上、A : 10-4/年程度、B : 10-5/年程度、C : 10-6/年程度、D : 10-7/年程度、E : 10-8/年程度以下

2.3.4 海上入出荷施設の災害発生危険度

本調査で評価対象とする海上入出荷施設（タンカー・栈橋）の施設数と年間の平均稼働率を表 2.3.21 に示す。

表 2.3.21 海上入出荷施設の施設数と稼働率

取扱物質	施設数	年間平均稼働率	備考
石油類	72	8%	年間利用状況不明の施設を除く。
可燃性ガス（LPG、LNG）	17	12%	
計	85	8%	

注 1) 石油類と可燃性ガスの両方を取り扱う施設があり、施設数合計は重複を除いた数である。

(1) 初期事象の発生頻度

海上入出荷施設の初期事象の発生頻度は表 2.3.22 のように設定する。これらの設定根拠は以下に示すとおりである。

表 2.3.22 海上入出荷施設初期事象の発生頻度

IE1	配管等の破損による流出	石油類を取り扱う栈橋(移送取扱所、一般取扱所)	$5.0 \times 10^{-3}/\text{年}$
		可燃性ガス（LPG、LNG）を取り扱う栈橋	$2.5 \times 10^{-3}/\text{年}$

【危険物移送取扱所・一般取扱所の事故発生状況】

石油のタンカー・栈橋は、危険物施設の移送取扱所または一般取扱所に該当する。2004～2013年の10年間に、移送取扱所において発生した流出及び火災事故の状況は表 2.3.23 のとおりであり、一般取扱所については表 2.3.18 に示したとおりである。ただし、移送取扱所には配管等、栈橋以外の施設も含まれ、一般取扱所も同様に栈橋以外の多様な施設が含まれる。

表 2.3.23 危険物移送取扱所の事故発生状況(2004~2013年)^{i, ii, iii}

	施設数	流出事故		火災事故		計	
		件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)	件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)	件数 (件/10年)	発生頻度 (件/年・施設)
特定事業所	958	66	6.9×10^{-3}	1	1.0×10^{-4}	67	7.0×10^{-3}
全国	1,147	93	7.8×10^{-3}	2	1.7×10^{-4}	95	8.3×10^{-3}

注 1)施設数は 2013.3.31 現在の完成検査済証交付施設数である。

注 2)特定事業所及び全国の事故件数は、過去 10 年間の流出事故及び火災事故(爆発を含む)件数の合計を表す。なお、流出から火災に至る場合は火災に含まれる。

注 3)全国の流出事故及び火災事故の発生頻度は、各年の発生頻度の平均値である。その他の発生頻度(括弧内の数値)は、10 年間の事故件数の合計と最新の統計による施設数から算出した推定値である。

①石油タンカー棧橋(移送取扱所)

前述のように、移送取扱所には地上配管、地下配管などの棧橋以外の施設も含まれることから、ここで評価対象としている棧橋での事故は移送取扱所全体の事故件数よりも少なくなる。

危険物等事故防止技術センターによる、1974~2002年までの 29 年間における、移送取扱所の流出事故発生状況の分析結果によると^{iv}、移送取扱所における流出事故 161 件のうち、事故発生場所が「棧橋」であるものは 62 件(全体の 38.5%)であった。

棧橋における流出事故の発生場所と発生原因の分類(資料 1)によると、62 件中 29 件が配管から、13 件がローディングアームからの流出である。配管からの流出の原因は大半が腐食によるものであり、ローディングアームからの流出の原因は、地震等災害によるものを除くと、監視不十分や確認不十分といった人的要因によるものが多い。また、油種別の事故発生状況からは、重油の事故件数が多く、事故発生率も高いことが指摘されている。

【配管等の破損による流出の発生頻度の推定】

初期事象(配管等の破損による流出)の発生頻度は、次のように推定する。

移送取扱所のうち棧橋を有する施設数：

「移送取扱所の点検・補修状況調査」(2004年に消防庁が実施したアンケート調査)によると、調査への回答があった移送取扱所 1,179 施設中、棧橋を有するものは 744 施設であったⁱ。従って、移送取扱所のうち棧橋を有する施設の割合を 744/1179(63.1%)とし、2012年 3 月 31 日現在の施設数(1,147)から、724 施設と推定する。

移送取扱所の流出事故のうち棧橋における流出事故の件数：

前述の事故発生状況から、移送取扱所における流出事故のうち事故発生場所が「棧橋」である割合を 62/161(38.5%)とし、2003~2012年の全国の移送取扱所における流出事故件数(93件)から、36 件と推定する。

ⁱ 危険物に係る事故事例(各年)、消防庁。

ⁱⁱ 石油コンビナート等特別防災区域の特定事業所における事故概要(各年)、消防庁特殊災害室。

ⁱⁱⁱ 石油コンビナート等実態調査「特定事業所における危険物製造所等調」、2012。

^{iv} 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.2-11, 2004。

棧橋における流出事故の発生頻度：

上記より、石油タンカー棧橋（移送取扱所）における石油類の流出事故の発生頻度を、 $36/724/10 = 5.0 \times 10^{-3}$ (年) とする。ここで、当該地区における棧橋の平均稼働率は全国平均と同程度と仮定している。

②石油タンカー棧橋（一般取扱所）

一般取扱所に該当する石油タンカー棧橋については、施設数や事故件数に関するデータが整理されておらず、移送取扱所のような推測も困難である。一般取扱所は移送取扱所と比較して構造上の違い（ローディングアームが設置されていない等）のある場合もあるが、初期事象の発生頻度は移送取扱所と同程度と考え、 5.0×10^{-3} (年) とする。

③可燃性ガスのタンカー棧橋

LPG や LNG については石油類と比べ取扱い施設が少なく、流出事故も全国的に発生していない。これらの棧橋での流出事故の発生危険性を石油類の棧橋（移送取扱所）と比較・類推すると、ローディングアームからの流出（人的要因によるものが多い）は同程度、配管からの流出（腐食によるものが多い）については、LNG や LPG は腐食性がないため、危険物配管よりも腐食危険性（内面）は低いと考えられる。発生件数としては、配管からの流出の方が多いことから、これらの棧橋における初期事象発生頻度は石油類の棧橋（移送取扱所）の $1/2$ (2.5×10^{-3} (年)) とする。

注) 高圧ガス保安法に係る事故事例ⁱⁱ⁾によると、近年の棧橋での事故は、2012年に荷役準備中の誤操作によるブタジエンの流出、2008年に棧橋下部のブタン入出荷配管の腐食開口による微量流出が発生している。

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 2.3.24 のように設定する。これらの設定根拠を以下に示す。

表 2.3.24 海上入出荷施設の事象の分岐確率

B1	緊急停止・遮断の失敗	緊急遮断弁有り	10^{-2}
		緊急遮断弁無し	10^{-1}
B2	着火・爆発火災(可燃性液体、可燃性ガス)		10^{-2}

a. 緊急停止・遮断の失敗

入出荷中は、常に計器や人による監視が行われており、異常があった場合には直ちに送出側のポンプ停止や緊急遮断（遮断設備の作動やバルブ閉止）が行われる。この緊急停止操作自体の失敗確率は図 2.3.1 の遮断設備の作動失敗確率 (5.8×10^{-3}) や CCPS の手動バルブの閉止失敗確率 (3.0×10^{-4}) と同様と考えられるが、監視不十分による停止失敗も考えられることから、やや大きい 10^{-2} とする。ただし、遠隔操作による緊急遮断弁のない設備については、さらに失敗確率が大きくなるものと考え 10^{-1} とする。

ⁱ⁾ 高圧ガス保安協会：保安検査方法見直し検討委員会報告書，2004

ⁱⁱ⁾ 高圧ガス保安協会：事故事例データベース検索システム，2013

b. 流出物の着火

表 2.3.23 に示したように、危険物の移送取扱所では流出は多く発生しているが、火災はほとんど発生していない。油種別に見ると、第 1 石油類は第 2、3 石油類に比べて火災になりやすいのは明らかであり、危険物タンクのように第 1 石油類は 10^{-1} 、第 2、3 石油類は 10^{-2} 程度と考えられる。ただし、栈橋の周辺では火気の取り扱いがないものと考え、可燃性液体を取り扱う栈橋、可燃性ガスを取り扱う栈橋ともに、着火確率を 10^{-2} とする。

(3) 災害の発生危険度

以上の初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を ET に与えることにより、評価対象としたすべての海上入出荷施設について、起こりうる各災害事象の発生頻度(/年)を推定する。得られた災害発生頻度を A~E の 5 段階に区分し、災害事象ごとの危険度分布を示すと表 2.3.25 のようになる。

表 2.3.25 海上入出荷施設の災害発生危険度分布（施設数）

<京葉臨海北部地区>

レベル	流出火災		爆発火災	
	小量流出 流出火災	大量流出 流出火災	小量流出 爆発・火災	大量流出 爆発・火災
A	1	0	0	0
B	3	3	1	0
C	0	1	0	0
D	0	0	0	1
E	0	0	0	0
合計	4	4	1	1

<京葉臨海中部地区>

レベル	流出火災		爆発火災	
	小量流出 流出火災	大量流出 流出火災	小量流出 爆発・火災	大量流出 爆発・火災
A	54	0	0	0
B	13	13	15	0
C	0	54	0	0
D	0	0	0	15
E	0	0	0	0
合計	67	67	15	15

<京葉臨海南部地区>

レベル	流出火災	
	小量流出 流出火災	大量流出 流出火災
A	1	0
B	0	0
C	0	1
D	0	0
E	0	0
合計	1	1

*) 災害発生危険度のレベル

A : 10・4/年程度以上、B : 10・5/年程度、C : 10・6/年程度、D : 10・7/年程度、E : 10・8/年程度以下

*) アンモニアを取扱う施設は、爆発火災と毒性ガス拡散の両方に計上している。

2.3.5 パイプラインの災害発生危険度

本調査で評価対象とするパイプラインの施設数と総延長を表 2.3.26 に示す。

パイプラインの災害の発生頻度はタンクやプラントとは異なり、施設の延長距離に比例する。しかし、延長距離に対応した事故データは整備されておらず、発生頻度の推定が困難なため、本調査では他の施設と同様に 1 施設に対する発生頻度を用いることとする。従って、ここで示す災害の発生頻度は、1 つの施設（パイプライン延長）のどこかで災害が発生する頻度を表す。

表 2.3.26 パイプラインの施設数と配管総延長

種別	施設数	総延長
危険物配管	91	約 26 万 m
高圧ガス導管	87	約 57 万 m
計	178	約 84 万 m

(1) 初期事象の発生頻度

パイプラインの初期事象の発生頻度は表 2.3.27 のように設定する。これらの設定根拠は以下に示すとおりである。

表 2.3.27 パイプラインの初期事象の発生頻度

IE1	配管等の破損による流出	石油類のパイプライン	7.8×10^{-3} /年
		可燃性ガスのパイプライン	3.9×10^{-3} /年

【パイプラインにおける事故発生状況】

パイプラインのうち、石油配管は危険物施設の移送取扱所に該当する。最近 10 年間における危険物移送取扱所の事故発生状況は表 2.3.23 に示した通りである。

海上入出荷施設の評価において参照した、危険物等事故防止技術センターによる移送取扱所の流出事故の分析結果によると、昭和 49 年から平成 14 年(1974~2002 年)までの 29 年間の流出事故 161 件中、地上配管における事故は 33 件(約 20%)、地下配管における事故は 42 件(約 25%)であった(資料 1)。

流出事故の発生原因は、地上、地下いずれの場合も腐食によるものが 70%近くを占めている。中でも重油配管は事故件数が多く、発生率も高くなっている。その理由として、重油配管は一般に断熱材により保温施工されていることから、雨水等による腐食危険性が高いことが指摘されている。

また、高圧ガスのパイプラインにおける事故は、最近 10 年間で腐食や認知確認ミスによる漏洩事故が 6 件発生しており、うち 3 件はアンモニアの漏洩事故である。ⁱ

ⁱ 事件事例データベース検索システム、高圧ガス保安協会、2013。

【配管等の破損による流出の発生頻度の推定】

初期事象（配管等の破損による流出）の発生頻度は、次のように推定する。

石油配管での事故発生状況は前述のとおりであるが、施設数が不明であることからこれをもとに初期事象の発生頻度を推定することはできない。パイプラインでは、栈橋に比べて人的作業が少なく発生頻度は低いと考えられる一方で、1施設あたりの総延長が相当に長く、どこかで流出が発生する頻度として捉えると発生頻度は高くなるとも考えられる。このようなことから、初期事象の発生頻度は、全国の移送取扱所における流出事故の発生頻度を適用し、表 2.3.23 の 7.8×10^{-3} (/年)とする。

また、高圧ガス導管については事故発生頻度を求めるための統計データが十分ではないが、石油類と比べて腐食危険性が低いと考えられることから、海上入出荷施設と同様に石油配管の 1/2 とする。

(2) 事象の分岐確率

事象の分岐確率は表 2.3.28 のように設定する。これらの設定根拠を以下に示す。

表 2.3.28 パイプラインの事象の分岐確率

B1	緊急停止・遮断の失敗	10^{-2}
B2	着火・爆発火災(可燃性液体、可燃性ガス)	10^{-2}

a. 緊急停止・遮断の失敗

流出が発生、検知されると、制御室や現場において直ちに移送ポンプの停止、緊急遮断の操作が行われる。この緊急停止操作自体の失敗確率は、図 2.3.1 の遮断設備の作動失敗確率 (5.8×10^{-3}) や CCPS の手動バルブの閉止失敗確率 (3.0×10^{-4}) と同様と考えられるが、監視不十分による停止失敗も考えられることから、やや大きい 10^{-2} とする。

b. 流出物の着火

油種別に見ると、第 1 石油類は第 2、3 石油類に比べて火災になりやすいのは明らかであり、危険物タンクのように第 1 石油類は 10^{-1} 、第 2、3 石油類は 10^{-2} 程度と考えられる。ただし、表 2.3.23 に示したように、危険物の移送取扱所では流出は多く発生しているが、火災はほとんど発生していないことから、海上入出荷施設と同様に火災危険性は低いと考え、可燃性液体、可燃性ガスともに、着火確率を 10^{-2} とする。

(3) 災害の発生危険度

以上の初期事象の発生頻度と事象の分岐確率を ET に与えることにより、評価対象としたすべてのパイプラインについて、起こりうる各災害事象の発生頻度(/年)を推定する。得られた災害発生頻度を AA~E の 6 段階に区分し、災害事象ごとの危険度分布を示すと表 2.3.29 のようになる。

表 2.3.29 パイプラインの災害発生危険度分布（施設数）

<京葉臨海北部地区>

レベル	流出火災	
	小量流出 流出火災	大量流出 流出火災
A	1	0
B	0	0
C	0	1
D	0	0
E	0	0
合計	1	1

<京葉臨海中部地区>

レベル	流出火災		爆発火災	
	小量流出 流出火災	大量流出 流出火災	小量流出 爆発・火災	大量流出 爆発・火災
A	88	0	0	0
B	0	0	87	0
C	0	88	0	0
D	0	0	0	87
E	0	0	0	0
合計	88	88	87	87

<京葉臨海南部地区>

レベル	流出火災	
	小量流出 流出火災	大量流出 流出火災
A	2	0
B	0	0
C	0	2
D	0	0
E	0	0
合計	2	2

*）災害発生危険度のレベル

A：10⁻⁴/年程度以上、B：10⁻⁵/年程度、C：10⁻⁶/年程度、D：10⁻⁷/年程度、E：10⁻⁸/年程度以下

2.4 災害の影響度の推定

イベントツリー解析(ETA)により抽出された各災害事象について、発生したときの影響範囲(距離)を算定し、次のようにランク付けすることにより災害の影響度とする。

- 影響度Ⅰ：200m 以上
- 影響度Ⅱ：100m 以上 200m 未満
- 影響度Ⅲ：50m 以上 100m 未満
- 影響度Ⅳ：20m 以上 50m 未満
- 影響度Ⅴ：20m 未満

ここで、災害の影響範囲は、消防庁「石油コンビナートの防災アセスメント指針」に示された手法(資料2)を適用して算定する。なお、ETのなかに現れる災害の規模には、影響範囲の大小だけでなく災害の継続時間といった要素もある。ここでは、時間的な要素は考慮していないため、災害の規模が大きくなっても影響度が変わらない場合もある。

2.4.1 影響度の算定条件

(1) 気象条件

ガス拡散の算定にあたっては、風速や大気安定度といった気象条件を設定する必要がある。本アセスメントでは、過去の気象観測データに基づき、次のように設定する(資料3)。なお、気象条件は確定的に扱い、出現頻度までは考慮しない。

ア. 風速

コンビナート近隣の観測所における過去10年間(2004～2013)の平均風速(10m高さ換算値)を用いる。

- 京葉臨海北部地区：1.9m/s (測定局：船橋若松)
- 京葉臨海中部地区：1.9m/s (測定局：千葉港)
- 京葉臨海南部地区：1.8m/s (測定局：君津坂田)

イ. 大気安定度

大気安定度については、市原岩崎西のデータに基づき「中立」とする。

(2) 影響度の基準値(しきい値)

影響のしきい値は消防庁指針に基づき以下のように設定する。

- 液面火災の放射熱：2.3kW/m² (2.3kJ/m²s)

ただし、この値は太陽光による放射熱の影響を考慮したものではない。

- 爆風圧：2.1kPa

Clancey (1972)ⁱ により安全限界（この値以下では 95%の確率で大きな被害はない）とされる圧力

○可燃性ガス拡散(フラッシュ火災)：爆発下限濃度の 1/2

評価対象地域において取扱いのある主な可燃性ガスの基準値は以下のとおりである。

- ・LPG (プロパン) : 1.1%
- ・LNG (メタン) : 2.5%
- ・プロピレン : 1.0%
- ・ブタン : 0.8%

○毒性ガス拡散 : IDLH(Immediate Dangerous to Life and Health)

IDLH は米国国立労働安全衛生研究所 (National Institute for Occupational Safety and Health : NIOSH) が提唱する限界値で、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とされる。評価対象地域において取扱いのある毒性物質の基準値は以下のとおりである。

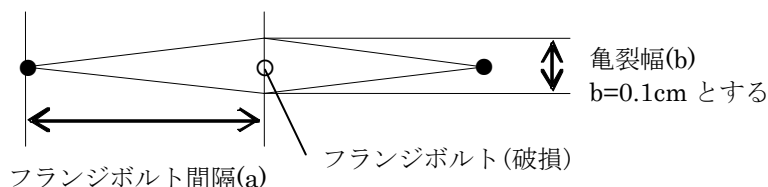
- ・アクリロニトリル : 85ppm
- ・フッ化水素 : 30ppm
- ・アンモニア : 300ppm
- ・塩素 : 10ppm
- ・エチレンクロロヒドリン : 7ppm

(3) 流出口の想定

流出量を算定するときの破口（流出口）については、施設の種類の、災害の規模（小量・中量・大量流出）によって表 2.4.1 のように設定する。

表 2.4.1 流出口の想定

災害の規模	流出口の想定	例外
小量流出	配管のフランジボルト 1 本が緩んで幅 0.1cm の隙間が開くことを想定する(図2.4.1)。	・流出口の下限を 0.75cm ² 、上限を直径 40cm の配管の 1/100 相当の 12.6cm ² とする。
中量流出 (またはユニット内流出)	配管からの流出とタンク本体からの流出が考えられるが、配管とタンク本体との接続部に配管断面積の 1/100 の面積の隙間が開くことを想定する。	・溶接配管の場合、長さ 1cm、幅 0.1cm(面積 0.1cm ²)の亀裂を想定する。 ・毒性の高圧ガス (危険物に該当しない毒性液体を含む) については、溶接配管あるいは二重配管を用いるなど安全対策が施されているものが多いことから、長さ 1cm、幅 0.1cm(面積 0.1cm ²)の亀裂を想定する。
大量・全量流出(長時間)	同上	



流出口面積 = フランジボルト間隔(a) × 亀裂幅(b)

図 2.4.1 フランジボルトの緩みによる流出口の概念図

ⁱ V.J.Clancey : Diagnostic Feature of Explosion Damage, Sixth International Meeting of Forestic Science, Edinburgh, 1972

2.4.2 危険物タンクの災害影響度

(1) 影響算定手順

危険物タンクで起こりうる流出火災、タンク火災の各災害事象の影響算定手順は、表 2.4.2 に示すとおりである。

表 2.4.2 危険物タンクの災害の影響算定手順

災害事象		影響算定手順
流出火災	少量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②火炎の想定 流出直後に着火するとして、石油類の流出速度と燃焼速度から火炎面積を算定し、これと同面積の底面の円筒形火炎を想定する。火炎の高さは火炎直径(d)の1.5倍とする。 ③影響の算定 火炎中央の高さにおいて、放射熱がしきい値以上となる火炎中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図 2.4.2)。なお、影響範囲を図示する場合には、火炎の位置が特定できないため、タンク側面から $d/2+L$ の距離にある範囲として示す。
	中量流出	少量流出と同じ(流出口が大きくなることにより火炎は大きくなる)。
	仕切堤内流出	①火炎の想定 仕切堤全面で炎上するとして、仕切堤(タンク部分を含む)と同面積の底面の円筒形火炎を想定する。火炎の高さは底面直径の1.5倍とする。ただし、仕切堤が設置してあるタンクに限る。 ②影響の算定 火炎中央の高さにおいて、放射熱がしきい値以上となる火炎中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図 2.4.3)。
	防油堤内流出	①火炎の想定 防油堤全面で炎上するとして、防油堤(タンク部分を含む)と同面積の底面の円筒形火炎を想定する。火炎の高さは底面直径の1.5倍とする。ただし、多くの仕切堤で区切られた広大な防油堤の場合は、仕切堤2つ分の火炎面積とする。 ②影響の算定 火炎中央の高さにおいて、放射熱がしきい値以上となる火炎中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図 2.4.4)。
	防油堤外流出	算定困難であるとともに、発生頻度が極めて小さいため、算定は行わずにすべての施設について最大レベル(影響度 I)とする。
タンク火災	タンク小火災 / リム火災	①火炎の想定 タンク上部にタンク直径の1/10の直径をもった円筒形の火炎を想定する。火炎の高さは底面直径の1.5倍とする。 ②影響の算定 火炎中央の高さにおいて、放射熱がしきい値以上となる火炎中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図 2.4.5)。なお、影響範囲を図示する場合は、火炎の位置が特定できないため、タンク側面から $L-d/2$ (d:火炎直径)の距離にある範囲として示す。

	リング火災	<p>①火炎の想定 火炎幅をタンク直径の1/10とし、底面がタンク面積、高さが火炎幅の1.5倍の火炎を想定する。ただし、浮屋根式タンクに限る。 *)リング火災の火炎幅は、実際は甲板からフォームダムの間隔(1.2m)程度と考えられるが、ここでは火災の規模を表す相対的指標として設定している。</p> <p>②影響の算定 火炎中央の高さにおいて、放射熱がしきい値以上となる火炎中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図2.4.6)。</p>
	全面火災	<p>①火炎の想定 底面がタンク面積、高さが底面直径の1.5倍の火炎を想定する。</p> <p>②影響の算定 火炎中央の高さにおいて、放射熱がしきい値以上となる火炎中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図2.4.7)。</p>
毒性ガス拡散	小量流出	<p>①流出量(流出速度)の算定 ②蒸発・拡散量の想定 小量流出火災で想定した火炎底面と同じ液面から毒性ガスが蒸発・拡散すると考える。 ③影響の算定 拡散濃度が基準値(IDLH)以上となる風下方向のタンク中心からの距離(L)を影響範囲として算定する。なお、影響範囲を図示する場合には、風向を特定せずに半径Lの円で表す。</p>
	中量流出	小量流出と同じ(中量流出火災で想定した火炎底液面と同じ液面から毒性ガスが蒸発・拡散すると考える)。
	仕切堤内流出	<p>①蒸発・拡散量の想定 仕切堤全面に流出して毒性ガスが蒸発・拡散すると考える。ただし、仕切堤が設置してあるタンクに限る。 ②影響の算定 拡散濃度が基準値(IDLH)以上となる風下方向のタンク中心からの距離(L)を影響範囲として算定する。なお、影響範囲を図示する場合には、風向を特定せずに半径Lの円で表す。</p>
	防油堤内流出	防油堤全面に流出して毒性ガスが蒸発・拡散すると考え、仕切堤内流出火災と同様に影響を算定する。
	防油堤外流出	算定困難であるが、防油堤外に流出した場合の毒性ガス拡散の影響範囲は広範囲に及ぶと考えられるため、算定は行わずにすべての施設について最大レベル(影響度I)とする。

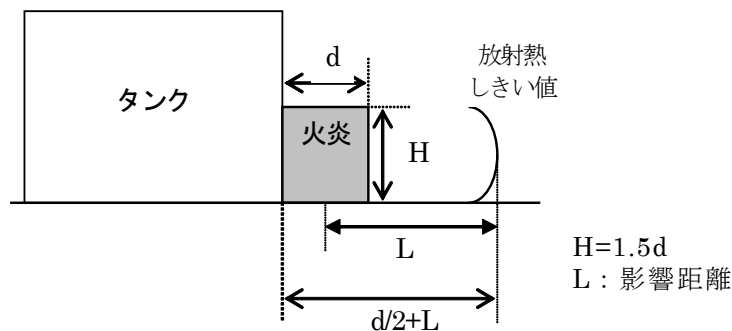


図 2.4.2 流出火災の影響算定の概念図(危険物タンク)

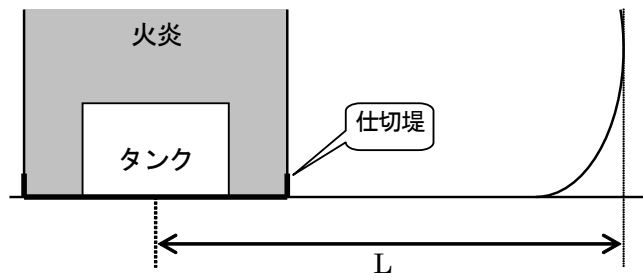


図 2.4.3 仕切堤内流出火災の影響算定の概念図(危険物タンク)

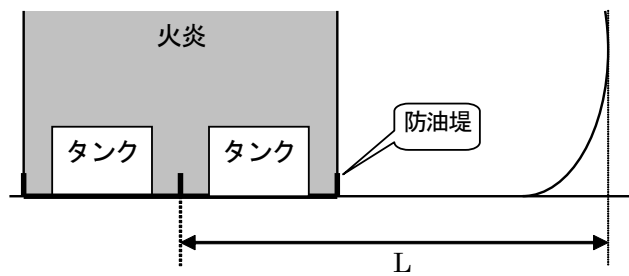


図 2.4.4 防油堤内流出火災の影響算定の概念図(危険物タンク)

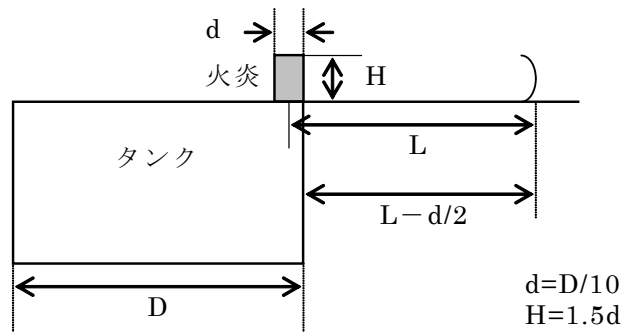


図 2.4.5 タンク小火災/リム火災の影響算定の概念図(危険物タンク)

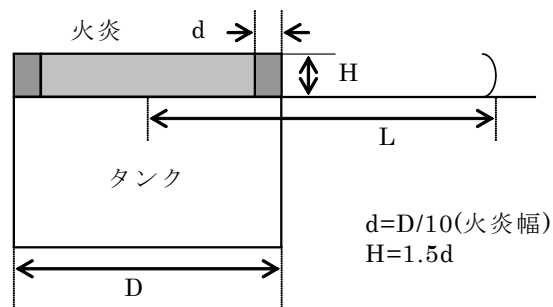


図 2.4.6 リング火災の影響算定の概念図(危険物タンク)

*)リング火災の火炎幅は、実際には側板からフォームダムの間隔(1.2m)程度と考えられる。

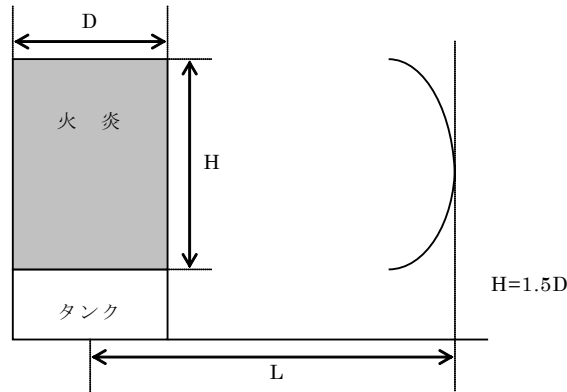


図 2.4.7 タンク全面火災の影響算定の概念図(危険物タンク)

(2) 災害の影響度

評価対象としたすべての危険物タンクについて、表 2.4.2 の手順により各災害事象の放射熱による影響範囲を算定し、I～Vの5段階にランク付けして影響度を求める。各地区における影響度の分布は表 2.4.3、2.4.4 に示すとおりである。

表 2.4.3 危険物タンクの災害（火災）影響度分布（施設数）

<京葉臨海北部地区>

レベル	流出火災					タンク火災		
	小量流出・火災	中量流出・火災	仕切堤内流出・火災	防油堤内流出・火災	防油堤外流出・火災	タンク小火災/リム火災	リング火災	タンク全面火災
I	0	0	0	0	98	0	0	0
II	0	0	0	46	0	0	0	0
III	0	0	4	41	0	0	0	5
IV	0	17	0	4	0	0	0	68
V	31	81	0	7	0	98	0	25
対象外	67	0	94	0	0	0	98	0
合計	98	98	98	98	98	98	98	98

<京葉臨海中部地区>

レベル	流出火災					タンク火災		
	小量流出・火災	中量流出・火災	仕切堤内流出・火災	防油堤内流出・火災	防油堤外流出・火災	タンク小火災/リム火災	リング火災	タンク全面火災
I	0	0	0	121	1074	0	0	0
II	0	0	199	436	0	0	0	100
III	0	0	257	366	0	0	127	222
IV	0	637	92	151	0	13	133	646
V	712	437	0	0	0	1059	17	106
対象外	362	0	526	0	0	2	797	0
合計	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074	1074

<京葉臨海南部地区>

レベル	流出火災					タンク火災		
	小量流出・火災	中量流出・火災	仕切堤内流出・火災	防油堤内流出・火災	防油堤外流出・火災	タンク小火災/リム火災	リング火災	タンク全面火災
I	0	0	0	0	8	0	0	0
II	0	0	0	3	0	0	0	0
III	0	0	0	3	0	0	0	0
IV	0	0	0	2	0	0	0	8
V	8	8	0	0	0	8	0	0
対象外	0	0	8	0	0	0	8	0
合計	8	8	8	8	8	8	8	8

- *) 対象外のタンクは以下の通りである。
 小量流出・火災：遮断設備がないタンク。
 仕切堤内流出・火災：仕切堤がないタンク、遮断設備及び移送設備がないタンク。
 タンク小火災/リム火災：固定式泡消火設備がないタンク。
 リング火災：固定屋根式または内部浮き蓋式タンク。
- *) 災害影響度のレベル
 影響度 I：200m～、II：100～200m、III：50～100m、IV：20～50m、V：0～20m

表 2.4.4 危険物タンクの災害（毒性ガス拡散）影響度分布（施設数）

<京葉臨海中部地区>

レベル	小量流出・毒性ガス拡散	中量流出・毒性ガス拡散	仕切堤内流出・毒性ガス拡散	防油堤内流出・毒性ガス拡散	防油堤外流出・毒性ガス拡散
I	0	0	1	7	8
II	0	0	0	1	0
III	3	5	0	0	0
IV	3	3	0	0	0
V	0	0	0	0	0
対象外	2	0	7	0	0
合計	8	8	8	8	8

- *) 対象外のタンクは以下の通りである。
 小量流出・火災：遮断設備がないタンク。
 仕切堤内流出・火災：仕切堤がないタンク、遮断設備及び移送設備がないタンク。
- *) 災害影響度のレベル
 影響度 I：200m～、II：100～200m、III：50～100m、IV：20～50m、V：0～20m

2.4.3 ガスタンクの災害影響度

(1) 影響算定手順

ガスタンクで起こりうる爆発・火災、毒性ガス拡散の各災害事象の影響算定手順は、表 2.4.5 に示すとおりである。

なお、イベントツリー（ET 図 2-1～2-4）より、配管またはタンク本体からの小破流出の場合は小さな流出口から長時間にわたって流出するような場合、大破流出の場合は大きな流出口から内容物が短時間に流出するような場合となるが、短時間流出に伴う災害事象は発生頻度が極めて低いため、確率的評価においては長時間流出を想定して災害影響度の算定を行う（短時間流出に伴う災害事象は大規模災害の評価として別途検討を行う）。

表 2.4.5 ガスタンクの災害の影響算定手順

災害事象		影響算定手順
ガス爆発	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②爆発ガス量の想定 短時間で遮断設備が作動して流出が停止することを前提に、5分間に流出したガスが全量気化して爆発すると考える。 ③影響の算定 爆風圧がしきい値以上となるタンク中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図2.4.8)。
	中量流出	小量流出と同じ(流出口が大きくなることにより爆発ガス量は大きくなる)。
	大量流出(長時間)	10分間に流出したガス量が全量気化して爆発すると考える(ただし、流出は長時間継続するため爆発した後も火災となって燃え続けることもある)。
	全量流出(長時間)	大量流出(長時間)と同じ。
フラッシュ火災	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②拡散ガス量の想定 流出したガスは全量気化・拡散し、流出が停止するまで継続すると考える。 ③影響の算定 拡散濃度がしきい値(爆発下限界(LEL)の1/2)以上となる風下方向のタンク中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図2.4.9)。なお、影響範囲を図示する場合には、風向を特定せずに半径Lの円で表す。
	中量流出	小量流出と同じ(流出口が大きくなることにより拡散ガス量は大きくなる)。
	大量流出(長時間)	中量流出と同じ(ただし、影響範囲は長時間継続する。また着火した後は長時間燃え続けることもある)。
	全量流出(長時間)	大量流出(長時間)と同じ。

毒性ガス拡散 (加圧タンク)	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②拡散ガス量の想定 流出したガスは全量気化・拡散し、流出が停止するまで継続すると考える。 ③影響の算定 拡散濃度がしきい値(IDLH)以上となる風下方向のタンク中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図2.4.10)。なお、影響範囲を図示する場合には、風向を特定せずに半径Lの円で表す。
	中量流出	小量流出と同じ(災害規模に応じて継続時間が長くなる)。
	大量流出 (長時間)	小量流出と同じ(災害規模に応じて継続時間が長くなる)。
	全量流出 (長時間)	小量流出と同じ(災害規模に応じて継続時間が長くなる)。
毒性ガス拡散 (常圧タンク)	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②蒸発・拡散量の想定 5分間に流出した毒性液体が厚さ1mmの液面を形成するものとして液面の面積を想定し、液面から毒性液体が蒸発・拡散する。 ③影響の算定 拡散濃度がしきい値(IDLH)以上となる風下方向のタンク中心からの距離(L)を影響範囲として算定する。なお、影響範囲を図示する場合には、風向を特定せずに半径Lの円で表す。
	中量流出	小量流出と同じ(災害規模に応じて継続時間が長くなる)。
	大量流出 (長時間)	小量流出と同じ(災害規模に応じて継続時間が長くなる)。
	全量流出 (長時間)	小量流出と同じ(災害規模に応じて継続時間が長くなる)。

注) ガスタンクには、高圧ガスに該当しないガスホルダー(加圧)や毒性液体タンク(常圧)を含む。

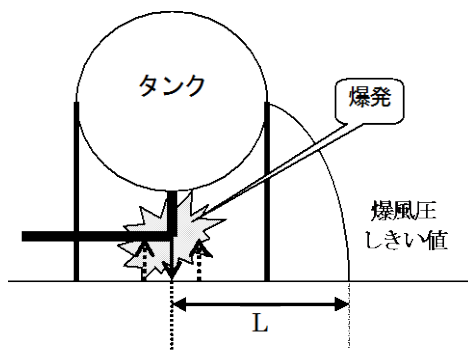


図 2.4.8 ガス爆発の影響算定の概念図
(ガスタンク)

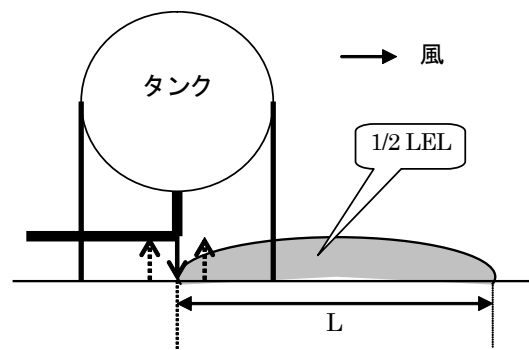


図 2.4.9 フラッシュ火災の影響算定の概念図
(ガスタンク)

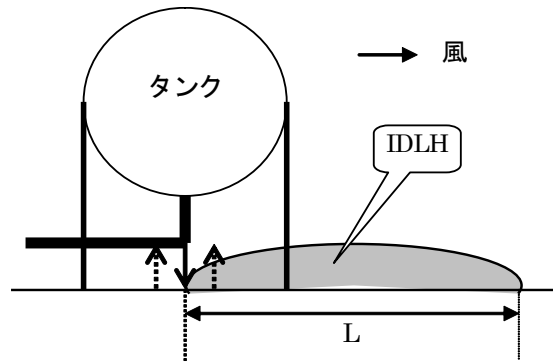


図 2.4.10 毒性ガス拡散の影響算定の概念図(ガスタンク)

(2) 災害の影響度

表 2.4.5 の手順により各災害事象の影響範囲を算定し、I～Vの5段階にランク付けして影響度を求める。ただし、可燃性ガスタンクの爆発及びフラッシュ火災の影響（着火のタイミングによって異なる燃焼形態をとる）については、ガス爆発のほうが概ね大きくなることから、ガス爆発で代表する。表 2.4.6、2.4.7 に、各地区における影響度の分布を示す。

表 2.4.6 可燃性ガスタンクの災害影響度分布（施設数）

<京葉臨海北部地区>

レベル	小量流出・ 爆発火災	中量流出・ 爆発火災	大量流出・ 爆発火災	全量流出・ 爆発火災
I	0	0	2	2
II	0	2	0	0
III	3	1	1	1
IV	0	0	0	0
V	0	0	0	0
対象外	0	0	0	0
合計	3	3	3	3

<京葉臨海中部地区>

レベル	小量流出・ 爆発火災	中量流出・ 爆発火災	大量流出・ 爆発火災	全量流出・ 爆発火災
I	0	21	63	64
II	43	162	155	158
III	194	113	83	90
IV	91	49	38	39
V	13	8	2	2
対象外	12	0	12	0
合計	353	353	353	353

<京葉臨海南部地区>

レベル	小量流出・ 爆発火災	中量流出・ 爆発火災	大量流出・ 爆発火災	全量流出・ 爆発火災
I	0	0	0	0
II	0	0	6	6
III	6	6	2	2
IV	6	12	13	13
V	9	3	0	0
対象外	0	0	0	0
合計	21	21	21	21

- *）対象外のタンクは以下の通りである。
小量流出：遮断設備がないタンク。大量流出：遮断設備及び移送設備がないタンク。
- *）災害影響度のレベル
影響度 I：200m～、II：100～200m、III：50～100m、IV：20～50m、V：0～20m
- *）アンモニアを取扱う施設は、爆発火災と毒性ガス拡散の両方に計上している。

表 2.4.7 毒性ガスタンクの災害影響度分布（施設数）

<京葉臨海中部地区>

レベル	小量流出・ 毒性拡散	中量流出・ 毒性拡散	大量流出・ 毒性拡散	全量流出・ 毒性拡散
I	44	45	44	45
II	2	4	4	4
III	0	0	0	0
IV	0	0	0	0
V	0	0	0	0
対象外	3	0	1	0
合計	49	49	49	49

<京葉臨海南部地区>

レベル	小量流出・ 毒性拡散	中量流出・ 毒性拡散	大量流出・ 毒性拡散	全量流出・ 毒性拡散
I	8	8	8	8
II	0	0	0	0
III	0	0	0	0
IV	0	0	0	0
V	0	0	0	0
対象外	0	0	0	0
合計	8	8	8	8

- *）対象外のタンクは以下の通りである。
小量流出：遮断設備がないタンク。大量流出：遮断設備及び移送設備がないタンク。
- *）災害影響度のレベル
影響度 I：200m～、II：100～200m、III：50～100m、IV：20～50m、V：0～20m
- *）アンモニアを取扱う施設は、爆発火災と毒性ガス拡散の両方に計上している。

2.4.4 プラントの災害影響度

(1) 製造施設

①影響算定手順

製造施設で起こりうる災害として、取り扱う物質ごとに以下の災害を想定する。

- 可燃性液体（石油類）：流出火災

○可燃性ガス : 爆発（爆発、フラッシュ火災が考えられるが、爆発で代表する）

○毒性ガス : 毒性ガス拡散

各災害事象の影響算定手順は表 2.4.8 に示すとおりである。

表 2.4.8 製造施設の災害の影響算定手順

災害事象		影響算定手順
流出火災	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②火炎の想定 流出直後に着火するとして、石油類の流出速度と燃焼速度から火炎面積を算定し、これと同面積の底面の円筒形火炎を想定する。火炎の高さは火炎直径(d)の1.5倍とする。 ③影響の算定 火炎中央の高さにおいて、放射熱がしきい値以上となる火炎中心からの距離(L)を影響範囲として算定する(図2.4.11)。
	ユニット内流出	小量流出と同じ(流出口が大きくなることにより火炎は大きくなる)。
	大量流出	ユニット内流出と同じ(火災は長時間継続し爆発を繰り返す可能性がある)。
ガス爆発	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②爆発ガス量の想定 短時間で遮断設備が作動して流出が停止することを前提に、5分間に流出したガスが全量気化して爆発すると考える(5分間の流出量がユニット滞留量を上回る場合にはユニット滞留量を爆発ガス量とする)。 ③影響の算定 爆風圧がしきい値以上となるユニットからの距離(L)を影響範囲として算定する(図2.4.12)。
	ユニット内流出	①爆発ガス量の想定 ユニット滞留量が流出して爆発すると考える。 ②影響の算定 爆風圧がしきい値以上となるユニットからの距離(L)を影響範囲として算定する(図2.4.12)。
	大量流出	爆発ガス量を10分間流出量とユニット滞留量の大きい方として同様で算定する(火災は長時間継続し爆発を繰り返す可能性がある)。
毒性ガス拡散	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②拡散ガス量の想定 流出したガスは全量気化・拡散し、流出が停止するまで継続すると考える。 ③影響の算定 拡散濃度がしきい値(IDLH)以上となる風下方向のユニットからの距離(L)を影響範囲として算定する(図2.4.13)。なお、影響範囲を図示する場合には、風向を特定せずに半径Lの円で表す。
	ユニット内流出	小量流出と同じ(災害規模に応じて継続時間が長くなる)。
	大量流出	小量流出と同じ(災害規模に応じて継続時間が長くなる)。

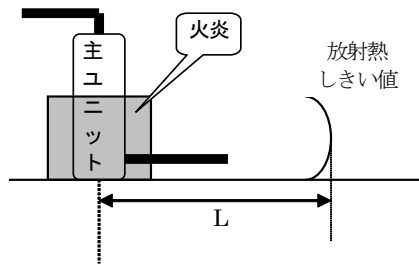


図 2.4.11 流出火災の影響算定の概念図(製造施設)

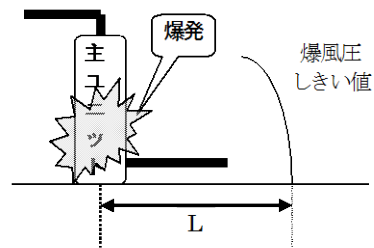


図 2.4.12 ガス爆発の影響算定の概念図(製造施設)

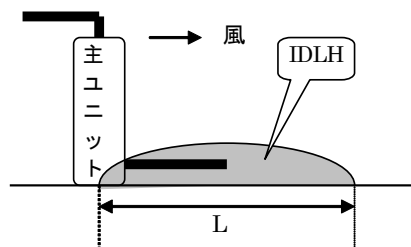


図 2.4.13 毒性ガス拡散の影響算定の概念図(製造施設)

②災害の影響度

表 2.4.8 の手順により各災害事象の影響範囲を算定し、I～Vの5段階にランク付けして影響度を求める。影響度の分布は表 2.4.9 に示すとおりである。

表 2.4.9 製造施設の災害影響度分布(施設数)

〈京葉臨海北部地区〉

レベル	流出火災			爆発火災		
	小量流出 流出火災	ユニット全量 流出 流出火災	大量流出 流出火災	小量流出 爆発・火災	ユニット全量 流出 爆発・火災	大量流出 爆発・火災
I	0	0	0	0	0	1
II	0	0	0	1	1	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	3	3	0	0	0
V	6	3	3	0	0	0
合計	6	6	6	1	1	1

〈京葉臨海中部地区〉

レベル	流出火災			爆発火災			毒性拡散		
	小量流出 流出火災	ユニット全量 流出 流出火災	大量流出 流出火災	小量流出 爆発・火災	ユニット全量 流出 爆発・火災	大量流出 爆発・火災	小量流出 毒性拡散	ユニット全量 流出 毒性拡散	大量流出 毒性拡散
I	0	0	0	0	101	102	10	10	10
II	0	0	0	44	25	35	6	6	6
III	0	6	6	75	19	19	1	1	1
IV	10	75	75	30	12	7	3	3	3
V	239	168	168	14	6	0	0	0	0
合計	249	249	249	163	163	163	20	20	20

〈京葉臨海南部地区〉

レベル	流出火災		
	小量流出 流出火災	ユニット全量 流出 流出火災	大量流出 流出火災
I	0	0	0
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	0	0	0
V	6	6	6
合計	6	6	6

*) 災害影響度のレベル

影響度 I : 200m～、II : 100～200m、III : 50～100m、IV : 20～50m、V : 0～20m

*) アンモニアを取扱う施設は、爆発火災と毒性ガス拡散の両方に計上している。

(2) 発電施設

① 影響算定手順

発電施設で起こりうる流出火災の影響算定手順は、表 2.4.10 に示すとおりである。

表 2.4.10 発電施設の災害の影響算定手順

災害事象		影響算定手順
流出火災 危険物	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②火災の想定 流出直後に着火するとして、石油類の流出速度と燃焼速度から火災面積を算定し、これと同面積の底面の円筒形火災を想定する。火災の高さは火災直径(d)の1.5倍とする。 ③影響の算定 火災中央の高さにおいて、放射熱がしきい値以上となる火災中心からの距離(L)を影響範囲として算定する。
	中量流出	小量流出と同じ(流出口が大きくなることにより火災は大きくなる)。
	大量流出	中量流出と同じ(火災は長時間継続する)。
爆発火災 可燃性ガス	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②爆発ガス量の想定 短時間で遮断設備が作動して流出が停止することを前提に、5分間に流出したガスが全量気化して爆発すると考える。 ③影響の算定 爆風圧が目安の値以上となるユニットからの距離を影響範囲として算定する。
	中量流出	①爆発ガス量の想定 10分間に流出したガスが全量気化して爆発すると考える。 ②影響の算定 爆風圧が目安の値以上となるユニットからの距離を影響範囲として算定する。
	大量流出	中量流出と同じ(火災は長時間継続する)。

②災害の影響度

表 2.4.10 の手順により各災害事象の影響範囲を算定し、I～Vの5段階にランク付けして影響度を求める。影響度の分布は表 2.4.11 に示すとおりである。

表 2.4.11 発電施設の災害影響度分布（施設数）

〈京葉臨海中部地区〉

レベル	流出火災			爆発火災		
	小量流出 流出火災	ユニット全量 流出 流出火災	大量流出 流出火災	小量流出 爆発・火災	ユニット全量 流出 爆発・火災	大量流出 爆発・火災
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	1	1	0	4	4
IV	4	6	6	5	1	1
V	30	27	27	2	2	2
合計	34	34	34	7	7	7

〈京葉臨海南部地区〉

レベル	流出火災		
	小量流出 流出火災	ユニット全量 流出 流出火災	大量流出 流出火災
I	0	0	0
II	0	0	0
III	0	0	0
IV	0	3	3
V	4	1	1
合計	4	4	4

*) 災害影響度のレベル

影響度 I : 200m～、II : 100～200m、III : 50～100m、IV : 20～50m、V : 0～20m

2.4.5 海上入出荷施設の災害影響度

海上入出荷施設については、個々の施設の災害影響度の評価は行わず、定性的な検討にとどめることとした。

石油栈橋における小量流出に伴う火災では、炎上範囲は栈橋付近の陸上あるいは海上にとどまり、放射熱の影響がコンテナ外に及ぶことはまず考えられない。LPG・LNG 栈橋で少量のガスが流出したときの影響についても同様である。石油、LPG、LNG の大量流出に関しては、タンカーからの入出荷中に起こり得るのは、瞬時に大量の石油やガスが流出するのではなく、少しずつ長時間にわたって流出するような事象である。したがって、このような場合にも、火災や爆発の影響がコンテナ区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。また、石油の海上流出についても、入出荷中はタンカーの周りをオイルフェンスで囲んでいることが多く、流出油が広範囲に広がることは考えにくい（海上に大量の石油が流出・拡大するような事象は、栈橋での入出荷中の事故ではなく、地震などにより護岸近くのタンクが大きく損傷したときに起こり得ると考えられる）。

注) 1996年7月以降に建造された原油タンカーは、MARPOL条約(船舶による海洋汚染防止に関する国際条約)によってダブルハル化(船底及び船側外板を二重にすること)が義務付けられている。ダブルハルタンカーは衝突や座礁時に外板が損傷した場合、積荷の原油の流出量を少なくすることができるが、一方で、タンクに火災が発生した場合、ボイルオーバー(一種の水蒸気爆発)を起こし火災が激化する現象を引き起こす可能性があるⁱ。本調査ではタンカー事故については評価対象としていないが、このようなタンカー火災が発生した場合には留意する必要がある。

2.4.6 パイプラインの災害影響度

(1) 影響算定手順

パイプラインで起こりうる災害として、取り扱う物質ごとに以下の災害を想定する。

○石油(第1、2、3、4石油類): 流出火災

○高圧ガス(可燃性): 爆発(爆発、フラッシュ火災が考えられるが、爆発で代表する)

各災害事象の影響算定手順は表2.4.12に示すとおりである。

表 2.4.12 パイプラインの災害の影響算定手順

災害事象		影響算定手順
流出火災	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②火災の想定 流出直後に着火するとして、石油類の流出速度と燃焼速度から火災面積を算定し、これと同面積の底面の円筒形火災を想定する。火災の高さは火災直径(d)の1.5倍とする。 ③影響の算定 火災中央の高さにおいて、放射熱がしきい値以上となる火災中心からの距離(L)を影響範囲として算定する。
	大量流出	小量流出と同じ(流出口が大きくなることにより火災は大きくなる)。
ガス爆発	小量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②爆発ガス量の想定 短時間で遮断設備が作動して流出が停止することを前提に、5分間に流出したガスが全量気化して爆発すると考える。 ③影響の算定 爆風圧がしきい値以上となる導配管からの距離(L)を影響範囲として算定する。
	大量流出	①流出量(流出速度)の算定 ②爆発ガス量の想定 10分間に流出したガスが全量気化して爆発すると考える(ただし、流出は長時間継続するため、爆発した後も火災となって燃え続けることもある)。 ③影響の算定 爆風圧がしきい値以上となる導配管からの距離(L)を影響範囲として算定する。

ⁱ 海上災害防止センターHPより

(2) 災害の影響度(推定結果)

表 2.4.12 の手順により各災害事象の影響範囲を算定し、I～Vの5段階にランク付けして影響度を求める。影響度の分布は表 2.4.13 に示すとおりである。

表 2.4.13 パイプラインの災害影響度分布(施設数)

<京葉臨海北部地区>

レベル	流出火災	
	小量流出 流出火災	大量流出 流出火災
I	0	0
II	0	0
III	0	0
IV	1	1
V	0	0
合計	1	1

<京葉臨海南部地区>

レベル	流出火災	
	小量流出 流出火災	大量流出 流出火災
I	0	0
II	0	0
III	0	0
IV	0	2
V	2	0
合計	2	2

<京葉臨海中部地区>

レベル	流出火災		爆発火災	
	小量流出 流出火災	大量流出 流出火災	小量流出 爆発・火災	大量流出 爆発・火災
I	0	0	0	7
II	0	0	14	48
III	0	1	69	31
IV	1	48	4	1
V	87	39	0	0
合計	88	88	87	87

*) 災害影響度のレベル

影響度 I : 200m～、II : 100～200m、III : 50～100m、IV : 20～50m、V : 0～20m

2.5 総合的な災害危険性の評価

2.5.1 個々の施設の災害危険性

各施設で起こり得る災害事象（ETA で抽出された災害）について、推定した発生危険度と影響度をもとにリスクマトリックス（図 2.5.1）を作成する。

リスクマトリックスは横（列）に発生危険度（AA～E）、縦（行）に影響度（I～V）をとったものであり、各セルの数值はそれぞれの発生危険度と影響度に該当する施設の数を表す。発生危険度と影響度に応じた色分けは図に示すとおりである。

	E	D	C	B	A	AA	合計
I							
II							
III							
IV							
V							
合計							

図 2.5.1 リスクマトリックス（平常時）

*）災害発生危険度のレベル

AA：10⁻³/年程度以上、A：10⁻⁴/年程度、B：10⁻⁵/年程度、C：10⁻⁶/年程度、D：10⁻⁷/年程度、E：10⁻⁸/年程度以下

*）災害影響度のレベル

影響度 I：200m～、II：100～200m、III：50～100m、IV：20～50m、V：0～20m

*）プラント類及びパイプライン以外は、危険度 A～E とする。

作成したリスクマトリックスに基づき、石油コンビナート等防災計画において想定すべき災害の検討を行う。

想定災害の抽出基準について、消防庁指針では井上(1980)による 10⁻⁶/年という安全水準ⁱを参照し、災害発生危険度を 2 段階で捉えて次のように例示している。

○第 1 段階の想定災害：災害の発生危険度が B レベル以上(10⁻⁵/年以上)の災害

→ 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(I、II レベル)ものは対策上の優先度が高い

○第 2 段階の想定災害：災害の発生危険度が C レベル(10⁻⁶/年)の災害

→ 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(I、II レベル)ものは要注意

本調査ではこれを踏襲し、災害の発生危険度が C レベル以上となる災害を防災計画上の想定災害として抽出する。また、想定災害に対する対策の検討にあたっては、災害の発生危険度が B レベル以上、影響度が II レベル以上となる災害について優先的に検討するものとする。

評価上の発生危険度が極めて小さい、あるいは確率的評価が困難な災害事象であっても、発生したときの影響が甚大な災害については、確率には言及せずに大規模災害として取り上げ、可能

ⁱ 井上威恭：社会的に許容される安全水準、高圧ガス、Vol.17、No.5、1980。

なものについては影響評価を行う。

以降では、施設種別・災害事象毎のリスクマトリックスを示す。

注 1) 災害の影響度は物理的作用が基準値を超える距離をもとに設定しており、時間的な要素は反映されていない。特に、毒性ガスの少量流出（緊急遮断設備が作動するような短時間の流出）によるガス拡散の場合、算定上の影響度は大きくなるが、影響度算定の基準値としている IDLH は「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」を表すことから、実質的な影響は小さいと考えられる。

注 2) ここで示した災害の発生危険度や影響度は、推定のプロセスにおける不確定要素が大きいことから、絶対的な指標ではなく、相対的な指標として捉えるべきである。特に災害の影響度は、一定の条件のもとでの算定結果に基づくものであり、実際にはここで想定している条件以外での災害が起こり得ることに留意する必要がある。

(1) 京葉臨海北部地区

危険物タンク・流出火災、タンク火災

<小量流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	18	13	0	31
合計	0	0	18	13	0	31

<タンク小火災/リム火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	10	55	33	0	98
合計	0	10	55	33	0	98

<中量流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	9	8	0	0	17
V	0	0	9	45	27	81
合計	0	9	17	45	27	98

<リング火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

<仕切堤内流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	4	0	0	0	0	4
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	4	0	0	0	0	4

<タンク全面火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	3	2	0	0	0	5
IV	7	33	28	0	0	68
V	0	20	5	0	0	25
合計	10	55	33	0	0	98

<防油堤内流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	4	21	21	0	0	46
III	6	24	11	0	0	41
IV	0	10	1	0	0	11
V	0	0	0	0	0	0
合計	10	55	33	0	0	98

<防油堤外流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	98	0	0	0	0	98
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	98	0	0	0	0	98

ガスタンク・爆発火災

<小量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	3	0	3
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	3	0	3

<大量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	2	0	0	0	0	2
II	0	0	0	0	0	0
III	1	0	0	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	3	0	0	0	0	3

<中量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	2	0	0	2
III	0	0	1	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	3	0	0	3

<全量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	2	0	0	2
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	1	0	0	1
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	3	0	0	3

プラント製造施設・流出火災、爆発火災

<小量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	6	6
合計	0	0	0	0	0	6	6

<小量流出 爆発・火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	1	1
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	1	1

<ユニット全量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	3	3
V	0	0	0	0	0	3	3
合計	0	0	0	0	0	6	6

<ユニット全量流出 爆発・火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	1	1
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	1	1

<大量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	3	0	3
V	0	0	0	0	3	0	3
合計	0	0	0	0	6	0	6

<大量流出 爆発・火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	1	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	1	0	0	1

海上入出荷施設・流出火災、爆発火災

		E	D	C	B	A	合計	災害の影響
流出火災	小量	0	0	0	3	1	4	小量・大量流出共に、石油、LPG、LNGの入出荷中に少しずつ長時間にわたって流出するような事象であり、火災や爆発が発生した場合の影響がコンビナート区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。
	大量	0	0	1	3	0	4	
爆発火災	小量	0	0	0	1	0	1	
	大量	0	1	0	0	0	1	

パイプライン・流出火災

<小量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	1	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	1	1

<大量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	1	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	1	0	0	1

(2) 京葉臨海中部地区

危険物タンク・流出火災、タンク火災

<小量流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	360	352	0	712
合計	0	0	360	352	0	712

<タンク小火災/リム火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	13	0	0	13
V	0	434	529	96	0	1059
合計	0	434	542	96	0	1072

<中量流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	244	322	66	5	637
V	0	65	154	177	41	437
合計	0	309	476	243	46	1074

<リング火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	8	119	0	0	0	127
IV	12	121	0	0	0	133
V	2	13	2	0	0	17
合計	22	253	2	0	0	277

<仕切堤内流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	90	107	2	0	0	199
III	166	82	9	0	0	257
IV	83	7	2	0	0	92
V	0	0	0	0	0	0
合計	339	196	13	0	0	548

<タンク全面火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	5	66	29	0	0	100
III	110	99	13	0	0	222
IV	305	237	104	0	0	646
V	5	92	7	2	0	106
合計	425	494	153	2	0	1074

<防油堤内流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	77	44	0	0	0	121
II	278	137	21	0	0	436
III	200	116	50	0	0	366
IV	60	77	14	0	0	151
V	0	0	0	0	0	0
合計	615	374	85	0	0	1074

<防油堤外流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	1074	0	0	0	0	1074
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1074	0	0	0	0	1074

危険物タンク・毒性ガス拡散

<小量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	3	0	3
IV	0	0	0	3	0	3
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	6	0	6

<防油堤内流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	2	5	0	0	7
II	0	0	1	0	0	1
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	2	6	0	0	8

<中量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	1	3	1	5
IV	0	0	0	3	0	3
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	1	6	1	8

<防油堤外流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	8	0	0	0	0	8
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	8	0	0	0	0	8

<仕切堤内流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	1	0	0	0	0	1
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	0	0	0	1

ガスタンク・爆発火災、毒性ガス拡散

<小量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	8	35	0	43
III	0	0	20	174	0	194
IV	0	0	19	72	0	91
V	0	0	6	7	0	13
合計	0	0	53	288	0	341

<小量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	11	33	0	44
II	0	0	0	2	0	2
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	11	35	0	46

<中量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	1	20	0	0	21
II	3	21	136	2	0	162
III	15	22	71	5	0	113
IV	0	7	37	5	0	49
V	0	2	6	0	0	8
合計	18	53	270	12	0	353

<中量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	11	33	1	0	45
II	0	0	2	2	0	4
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	11	35	3	0	49

<大量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	16	0	47	0	0	63
II	46	8	101	0	0	155
III	53	1	29	0	0	83
IV	21	6	11	0	0	38
V	2	0	0	0	0	2
合計	138	15	188	0	0	341

<大量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	21	7	16	0	0	44
II	2	0	2	0	0	4
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	23	7	18	0	0	48

<全量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	47	10	7	0	0	64
II	119	7	32	0	0	158
III	56	2	32	0	0	90
IV	17	1	21	0	0	39
V	0	0	2	0	0	2
合計	239	20	94	0	0	353

<全量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	23	4	18	0	0	45
II	2	0	2	0	0	4
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	25	4	20	0	0	49

プラント製造施設・流出火災、爆発火災

<小量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	10	10
V	0	0	0	0	0	239	239
合計	0	0	0	0	0	249	249

<小量流出 爆発・火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	44	44
III	0	0	0	0	0	75	75
IV	0	0	0	0	0	30	30
V	0	0	0	0	0	14	14
合計	0	0	0	0	0	163	163

<ユニット全量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	6	6
IV	0	0	0	0	0	75	75
V	0	0	0	0	0	168	168
合計	0	0	0	0	0	249	249

<ユニット全量流出 爆発・火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	101	101
II	0	0	0	0	0	25	25
III	0	0	0	0	0	19	19
IV	0	0	0	0	0	12	12
V	0	0	0	0	0	6	6
合計	0	0	0	0	0	163	163

<大量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	6	0	6
IV	0	0	0	0	75	0	75
V	0	0	0	0	168	0	168
合計	0	0	0	0	249	0	249

<大量流出 爆発・火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	102	0	0	102
II	0	0	0	35	0	0	35
III	0	0	0	19	0	0	19
IV	0	0	0	7	0	0	7
V	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	163	0	0	163

プラント製造施設・毒性ガス拡散

<小量流出 毒性拡散>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	4	6	0	0	10
II	0	0	0	6	0	0	6
III	0	0	0	1	0	0	1
IV	0	0	0	3	0	0	3
V	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	4	16	0	0	20

<ユニット全量流出 毒性拡散>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	10	0	0	0	10
II	0	0	6	0	0	0	6
III	0	0	1	0	0	0	1
IV	0	0	3	0	0	0	3
V	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	20	0	0	0	20

<大量流出 毒性拡散>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	4	6	0	0	0	0	10
II	0	6	0	0	0	0	6
III	0	1	0	0	0	0	1
IV	0	3	0	0	0	0	3
V	0	0	0	0	0	0	0
合計	4	16	0	0	0	0	20

(3) 京葉臨海南部地区

危険物タンク・流出火災、タンク火災

<小量流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	6	2	0	8
合計	0	0	6	2	0	8

<タンク小火災/リム火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	6	2	0	0	8
合計	0	6	2	0	0	8

<中量流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	6	2	0	0	8
合計	0	6	2	0	0	8

<リング火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

<仕切堤内流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0

<タンク全面火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	6	2	0	0	0	8
V	0	0	0	0	0	0
合計	6	2	0	0	0	8

<防油堤内流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	2	1	0	0	0	3
III	2	1	0	0	0	3
IV	2	0	0	0	0	2
V	0	0	0	0	0	0
合計	6	2	0	0	0	8

<防油堤外流出・火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	8	0	0	0	0	8
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	8	0	0	0	0	8

ガスタンク・爆発火災、毒性ガス拡散

<小量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	6	0	6
IV	0	0	4	2	0	6
V	0	0	0	9	0	9
合計	0	0	4	17	0	21

<小量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	2	6	0	8
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	2	6	0	8

<中量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	6	0	0	6
IV	0	4	8	0	0	12
V	0	0	3	0	0	3
合計	0	4	17	0	0	21

<中量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	2	6	0	0	8
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	2	6	0	0	8

<大量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	6	0	0	0	0	6
III	2	0	0	0	0	2
IV	13	0	0	0	0	13
V	0	0	0	0	0	0
合計	21	0	0	0	0	21

<大量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	8	0	0	0	0	8
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	8	0	0	0	0	8

<全量流出・爆発火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	6	0	0	6
III	0	0	2	0	0	2
IV	0	4	9	0	0	13
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	4	17	0	0	21

<全量流出・毒性ガス拡散>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	2	6	0	0	8
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0
合計	0	2	6	0	0	8

プラント製造施設・流出火災、発電施設・流出火災

製造施設

<小量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	6	6
合計	0	0	0	0	0	6	6

発電施設

<小量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	4	4
合計	0	0	0	0	0	4	4

<ユニット全量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	6	6
合計	0	0	0	0	0	6	6

<中量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	3	0	0	3
V	0	0	0	1	0	0	1
合計	0	0	0	4	0	0	4

<大量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	6	0	6
合計	0	0	0	0	6	0	6

<大量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	AA	合計
I	0	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	3	0	0	0	0	0	3
V	1	0	0	0	0	0	1
合計	4	0	0	0	0	0	4

海上入出荷施設・流出火災

		E	D	C	B	A	合計	災害の影響
流出火災	小量	0	0	0	0	1	1	小量・大量流出共に、石油の入出荷中に少ずつ長時間にわたって流出するような事象であり、火災が発生した場合の影響がコンビナート区域外に及ぶ可能性は小さいと考えられる。
	大量	0	0	1	0	0	1	

パイプライン・流出火災

<小量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	2	2
合計	0	0	0	0	2	2

<大量流出 流出火災>

	E	D	C	B	A	合計
I	0	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	0	0	2	0	0	2
合計	0	0	2	0	0	2

2.5.2 地区全体の災害危険性

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。地区全体の災害の起こりやすさは、個々の施設の災害発生頻度を足し合わせるにより得られる。このような地区全体の災害発生頻度を表 2.5.1 に示す。

表 2.5.1 平常時における災害の発生頻度

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}	
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) 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2)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)。

