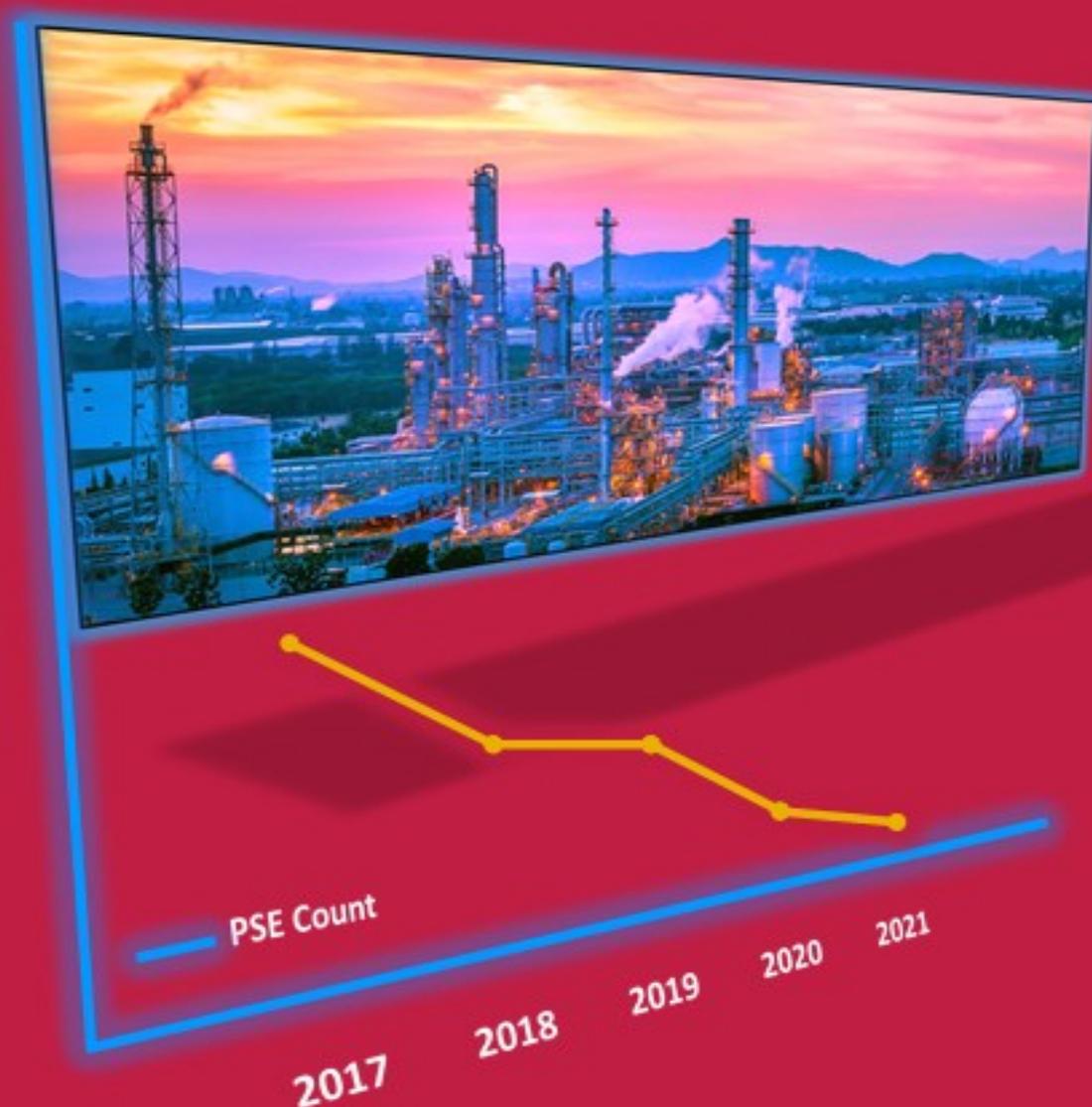




プロセス安全 メトリクス

先行及び遅行指標の選定ガイド



Version 4.1⁴

免責事項：このガイドに記載されている情報が、業界全体のプロセス安全事故の削減とプロセス安全パフォーマンスの向上につながることを心から願っている。ただし、アメリカ化学工学会(AIChE)、そのコンサルタント、プロセス安全化学センター (CCPS) の技術運営委員会および小委員会のメンバー、その雇用主、雇用主の役員および取締役は、このガイドに記載されている情報の内容についての正当性または正確性を保証、表明、または暗示するものではない。(1) AIChE、そのコンサルタント、CCPS 技術運営委員会および小委員会のメンバー、その雇用主、その雇用主の役員および取締役と(2) この文書のユーザーとの間では、ユーザーがその使用または誤用の結果に対する法的責任または責務を受け入れるものとする。

目次

目次.....	2
図のリスト	3
表のリスト	3
付録の図と表のリスト.....	3
頭字語集.....	5
序文.....	7
1. 緒言	9
1.1 プロセス安全事故の定義.....	10
1.2 プロセス安全指標の基準.....	11
1.3 プロセス安全事故確認用フローチャート	15
1.4 適用範囲と適用除外.....	15
2. Tier 1 - プロセス安全事故の指標.....	17
2.1 Tier 1 プロセス安全事故(T-1 PSE)指標の目的.....	17
2.2 Tier 1 プロセス安全事故のしきい値.....	17
2.3 Tier 1 プロセス安全事故の強度レベル	17
3. Tier 2 - プロセス安全事故の指標.....	19
3.1 Tier 2 プロセス安全事故 (T-2 PSE)指標の目的.....	19
3.2 Tier 2 プロセス安全事故のしきい値.....	19
4. プロセス安全事故の報告 Tier 1 と Tier 2 のメトリクス.....	20
5. Tier 3 - ニアミス事故の指標	21
5.1 Tier 3 指標の目的.....	21
5.2 プロセス安全ニアミス事故の定義.....	22
5.3 プロセス安全ニアミス事故の事例.....	22
5.4 管理システムのニアミス事故.....	23
5.5 ニアミス事故報告を最大限に活用する.....	25
6. Tier 4 - 業務規律と安全管理システムの指標	26
6.1 Tier 4 指標の目的.....	26
6.2 事故の因果関係モデル	26
6.3 プロセス安全リスクの低減	27
6.4 防護層によるアプローチ	30

6.5	リスクに基づくプロセス安全によるアプローチ.....	32
6.6	ヒューマンファクター.....	39
	参考文献.....	41
	付録 A Tier 1 と Tier 2 の放出しきい値表.....	44
	付録 B 用語の解説と定義.....	48
	付録 C PSE 分類判定の詳細事例.....	56
	付録 D 多成分物質への放出しきい値分類の適用.....	87
	付録 E PSE Tier 1 と Tier 2 決定のロジックツリー.....	90
	改訂履歴.....	91

図のリスト

図 1-1	プロセス安全の先行および遅行指標と対応する Tier(階層)のレベル.....	11
図 1-2	Tier 1 のプロセス安全事故を決定するためのフローチャート.....	15
図 6-1	事故因果関係のスイスチーズモデル.....	27
図 6-2	事故の因果関係のボウタイ図.....	28
図 6-3	防護層の階層構造例.....	31
図 6-4	CCPS のリスクに基づくプロセス安全 (RBPS) モデル.....	33

表のリスト

表 1-1	Tier 1 レベルと Tier 2 レベルの結果の比較.....	14
表 2-1	Tier 1 のプロセス安全事故(T-1 PSE)における強度の重み付け.....	18
表 6-1	リスクに基づくプロセス安全 (RBPS) アプローチにおけるピラーとエレメント.....	32

付録の図と表のリスト

付録 A

表 A-1	放出量のしきい値 (TIH, U.S. DOT, UNDG).....	44
表 A-2	放出量のしきい値 (GHS).....	46

付録 C

表 C-1	傷害に関する PSE の事例と質問.....	56
表 C-2	火災・爆発に関する PSE の事例と質問.....	59

表 C-3 LOPC(一次封じ込めの失敗)に関する PSE の事例と質問	62
表 C-4 任意の 1 時間以内の放出に関する PSE の例と質問	67
表 C-5 混合物と溶液に関する PSE の 例と質問	70
表 C-6 圧力放出装置と不安全な場所に関する PSE の 例と質問	72
表 C-7 パイプラインと複数の結果に関する PSE の 例と質問	75
表 C-8 海上輸送に関する PSE の 例と質問	75
表 C-9 トラック及び鉄道に関する PSE の 例と質問	76
表 C-10 除害設備に関する PSE の 例と質問	78
表 C-11 バキュームカーの操作に関する PSE の 例と質問	79
表 C-12 直接費に関する PSE の 例と質問	80
表 C-13 公的避難命令とシェルターインプレイスに関する PSE の 例と質問	81
表 C-14 異常時排出に関する PSE の 例と質問	81
表 C-15 付帯設備、荷降ろし待機、アクティブな倉庫に関する PSE の 例と質問	83
表 C-16 責任当事者に関する PSE の 例と質問	84

付録 D

図 D-1 メタン、窒素、および酸素混合物の可燃限界	88
----------------------------------	----

付録 E

図 E-1 PSE の Tier 1 と Tier 2 決定のロジックツリー	90
--	----

「プロセス安全メトリクス」Ver.4.1 の翻訳にあたって

本書は CCPS が 2022 年 6 月に発行した“Process Safety Metrics: Guide for Selecting Leading and Lagging Metrics” Version 4.1 を SCE・Net 安全研究会の有志で訳したもので、著作権は CCPS にあります。

日本の読者に判り易い様にと意識している箇所もありますので、厳密な訳となっていない部分もあります。厳密な内容については、原文をご覧ください。

尚、分かり辛いと思われる部分には青字で訳者註を記載いたしました。

プロセス安全に取り組む日本の皆様に、少しでもお役に立つことが出来れば幸いです。

2022 年 11 月 30 日
安全研究会 幹事 竹内亮

翻訳チーム：今出 善久、上田 健夫、牛山 啓、金原 聖、木村 雄二、塩谷 寛、
竹内 亮、林 和弘、山岡 龍介、山本 一己、頼 昭一郎 (五十音順)

頭字語集

AICHe	American Institute of Chemical Engineers : アメリカ化学工学会
ANSI	American National Standards Institute : 米国国家規格協会
API	American Petroleum Institute : アメリカ石油協会
bbl.	Barrel of crude oil : 原油のバレル
CCPS	Center for Chemical Process Safety : 化学プロセス安全センター
COO	Conduct of Operations : 操業の遂行
DOT	U.S. Department of Transportation : アメリカ合衆国運輸省
EHS	Environmental, Health, and Safety : 環境・衛生・安全
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals : 化学品の分類および表示に関する世界調和システム
ITPM	Inspection, Testing, and Preventive Maintenance Program : 点検・試験・予防保全プログラム
LOPC	Loss of Primary Containment : 一次封じ込めの失敗 (貯蔵容器・配管系からの漏洩)
MOC	Management of Change : 変更管理
OD	Operational Discipline : 運転規律
PRD	Pressure Relief Device : 圧力開放装置(安全弁、ラプチャーディスクなどの総称)
PSE	Process Safety Event : プロセス安全事故
PSI	Process Safety Incident : プロセス安全事故(本書では PSE に統一している)
RBPS	Risk Based Process Safety (CCPS) : リスクに基づくプロセス安全
SDS	Safety Data Sheet : 安全データシート
SIS	Safety Instrumented System : 安全計装システム
SOL	Safe Operating Limit : 安全操作限界
T-1 PSE	Tier 1 Process Safety Event : Tier 1 プロセス安全事故
T-1 PSER	Process Safety Event Rate – Tier 1 Indicator : Tier 1 プロセス安全事故の事故率
T-1 PSESR	Process Safety Event Severity Rate – Tier 1 Indicator : Tier 1 プロセス安全事故の強度率
T-2 PSE	Tier 2 Process Safety Event : Tier 2 プロセス安全事故
T-2 PSER	Process Safety Event Rate – Tier 2 Indicator : Tier 2 プロセス安全事故の事故率
TIH	Toxic Inhalation Hazard : 吸入毒性の危険
TQ	Threshold Quantity : しきい値
TRC	Threshold Release Category : 放出しきい値の分類 (付録 A 参照)
TRQ	Threshold Release Quantity : 放出しきい値 (付録 A 参照)
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe : 国際連合欧州経済委員会
UNDG	United Nations Dangerous Goods : 国際連合危険物(国連危険物)
U.S.	United States : アメリカ合衆国 (米国)

序文

CCPS は、プロセス産業界に対してプロセス事故の予防と緩和、およびプロセスのリスクを効果的に管理する面での支援を行うという明確な目的の下に、1985年にAIChEにより設立された組織である。現在、世界の225を超える会員企業がCCPSの活動を推進している。

本書は、プロセス安全システムにおける傾向を評価する指標を活用して重大なプロセス安全事故の防止に取り組む、プロセス産業界で働く人々のために改訂したものである。安全管理システムにおける傾向を測定および監視し、特定された弱点を改善することは、プロセス安全のリスクを軽減することに役立ち、負傷者や死亡者が発生したり、環境に害を及ぼしたり、会社の資産や財産に損害を与えて事業を中断し、会社の評判に悪影響を及ぼす可能性のある事故の削減に役立つであろう。本書が役立つ可能性のある産業の分野は、石油およびガス（ターミナル、パイプライン、貯蔵、および流通施設を含む）の上流・中流・下流工程や石油化学、化学、製薬などをはるかに超えている。これら以外の産業としては、次のものがあげられる。

- 採鉱
- 製紙
- 食品
- アンモニア冷蔵
- プラスチックや樹脂の製造および成形
- エレクトロニクス
- 水および廃水処理

危険な物質やエネルギーを管理・使用・保管する業界にも役立つであろう。毒性、引火性、爆発性、および腐食性¹⁾の物質以外の危険としては、可燃性粉塵および植物由来の物質も含まれる。

訳者註1：[皮膚腐食性を持つ強酸/強塩基の漏洩による人体に対する危険性を指している。](#)

CCPS と API の双方で共に、メトリクスのガイダンスを見直し、2021年に新しい版を発行した[1] [2]。どちらの版も、放出しきい値の分類(TRC)のため、化学物質の分類および表示の世界調和システム(GHS)を追加している。以前から2021年版まで、国連危険物(UNDG)の分類と類似した米国運輸省(DOT)版が掲載されているが、追加したGHSによる危険物分類のカテゴリーは、そのDOT版と整合するように選定されている。

2021年版の改訂には、酸および塩基腐食性の危険分類カテゴリーの削減が含まれている。これは、最も徹底的に調査および議論された改訂内容の一つである。毒性物質や引火性物質の漏洩事故と比較すると、腐食性物質の漏洩事故は影響が小さい傾向がある。その為、腐食性物質の放出しきい値の分類(TRC)はレベルが一階層引き下げられている。全体としては、強酸と強塩基の屋外放出がTier 1から削除され、Tier 2の最も危険性の低いカテゴリーであるTRC-8に移動されている。中程度の酸と塩基の放出は、Tier 2プロセス安全事故(PSE)として報告されなくなった。これにより、放出された腐食性物質の量が減少するわけではないが、Tier 1レベルおよびTier 2レベルの事故の報告数が減る可能性がある。

改訂版で追加された変更には、一次封じ込めと二次封じ込め、直接費、屋内放出、および安全でない場所の定義の明確化が含まれる。これらの定義の改訂により、プロセス安全事故の報告数も減少する可能性がある。

2021 API RP 754 における重要な変更は、Tier 1 PSE に対して強度の値の報告が義務付けられていることである。強度の値は、Tier 1 PSE の強度の違いを明確にすることにのみ役立つものである。本書を含め、どの CCPS 出版物にも義務付けに関するものはない。

CCPS の本書と 2021 年版の API ガイダンスとは、整合しており、相互に補完するようになっている。これらのメトリクスの開発履歴の詳細は、双方の文書に記載されている。パフォーマンス²⁾のメトリクスが進化し続けることを考慮し、CCPS はプロセス安全メトリクス専用の Web ページを作成し、その他のプロセス安全メトリクスの資料等へのリンクを付けている [3] [4]。

本書に修正等を要する問題を見つけた場合は、CCPS に連絡して頂きたい [5]。

訳者註 2: 本書では “performance” を「パフォーマンス」または「パフォーマンス評価」と訳すことが多い。これらは、何れも安全管理システム遂行の実態を評価するために使用されている。

1. 緒言

CCPS の会員企業は以下により、企業や業界に役立つ共通の定義やしきい値レベルなど、業界全体のプロセス安全メトリクスに関するビジョンを共有している：

- パフォーマンスの継続的改善に活用する為、企業や業界のパフォーマンスの動向を公表する
- 企業間もしくは業界の分野間のベンチマークを実施する
- 望ましくない事故を引起す可能性のあるプロセス安全問題の先行指標として役立つ

これが初めて反映されたのは、10 年以上前の BP 事故調査委員会³⁾と CSB による、2005 年の BP 社テキサスシティ製油所の爆発事故に関する最終報告書に「業界全体のプロセス安全メトリクスの改善」の勧告が含まれたことである[2, 3]。プロセス安全メトリクスは、この報告書で述べられているように、事故のレベルを分け、レベル毎に追跡・評価できる”指標“を使って測定できるようにしている。そのため、企業はこのプロセス安全メトリクスの評価の結果を見て、プロセス安全のパフォーマンスの改善に取り組むことができる。

訳者註 3: 正式には The BP US Refineries Independent Safety Review Panel (通称は "Baker Panel")

上記のように、どのような継続的改善プログラムでもその基本はパフォーマンスデータの測定とその傾向分析にある。従って、企業では、プロセス安全のパフォーマンスの継続的改善の為に先行及び遅行プロセス安全指標を効果的に利用することが重要である。これらのメトリクスには以下のような特徴がある。[2]：

信頼性: 目標値または偏りのない尺度を用いて測定することが可能であること。測定可能であるためには、指標は具体的かつ明確でなければならない。

再現性: 同じ条件下では同じ結果になること。また、同じ事象や同じ測定ポイントを、訓練を受けた別の人が測定しても同じ結果が得られること。

一貫性: 単位と定義は企業全体で一貫していること。このことは企業内のあるエリアと他のエリアを比較するときには特に重要である。

外部影響からの独立性: 指標は正しい結果を導き出すもので、特定の成果を得ようとする外圧からの影響を受けないこと。

関連性: 指標は測定する分野の運転規律や管理システムの結果と関連していること。すなわち、それらには目的があり、望まれる範囲から外れた場合には実行可能な対応に繋がるものであること。

比較可能性: 他の同様な指標と比較可能であること。この比較可能性は時間を越え、企業内、業界内に渡るものである。

有意義であること: 指標には、向上や低下の変化を測定するに足る十分なデータが含まれていること。

読者に対する適応: 報告すべきデータと指標は、読者のニーズによって異なる。上級管理職向けや公開報告書の情報には、通常、集約され、標準化されたデータと傾向が含まれる。この情報は、定期的（例：四半期または年 1 回）に提供される。従業員および従業員代表向けの情報は、通常、より詳細で、より頻繁に報告される。

適時性: 指標の目的や対象者のニーズに基づいて、必要なときに情報を提供すること。

利便性: 測定や入手が困難な指標は、測定されなくなったり、正しく測定されなくなる可能性がある。

監査適応性: 上記の期待に応えるために、指標類は監査に使用可能でなければならない。

本書では、CCPS プロセス安全メトリクス委員会がまとめた企業と業界向けの先行メトリクス及び遅行メトリクスに関する一般推奨事項について解説する。さらなる情報については、プロセス安全メトリクスの選定及び管理について発行された CCPS のガイダンスを参照のこと [6][7]。

メトリクスには以下の3つのタイプがある。

1 遅行メトリクス (Lagging Metrics)

過去の実績を振り返るためのメトリクス。設定された強度(severity)のしきい値に達した事故に基づくもの。

2 ニアミスメトリクス (Near Miss Metrics)

影響がないか、ごく軽微な事故 (すなわち、過去の事象に基づく、遅行メトリクス) もしくはシステムに対する先見的なパフォーマンス評価や観察 (すなわち、予測的、先行メトリクス) によるメトリクス。

3 先行メトリクス (Leading Metrics)

重要な作業プロセス、運転規律、及び潜在的な事故防止対策のパフォーマンスを示すメトリクス。

これら3種類のメトリクスとその測定指標は、図1-1に描かれた階層 (Tier) で表される。この図は、発生した事故 (上部の少数) または発生したかもしれない事故 (下部の多数) の強度(重大性)に基づいて4つのレベルに分割される。これらの階層は API RP 754 [2]で記されている4つのTier (階層) に対応し、最も大きな影響を及ぼす事故がTier1 (階層1) で、先見的なパフォーマンス評価はTier4 (階層4) である。図の上部は遅行メトリクスを、下部は先行メトリクスを表している。ただし、Tier3とTier4の区別は定義されていないので注意が必要である。これは先行か遅行かの区別が不明確であり、企業がニアミスをどのように指定するか、またプロセス安全プログラムの成熟度によって決まるためである [8]。

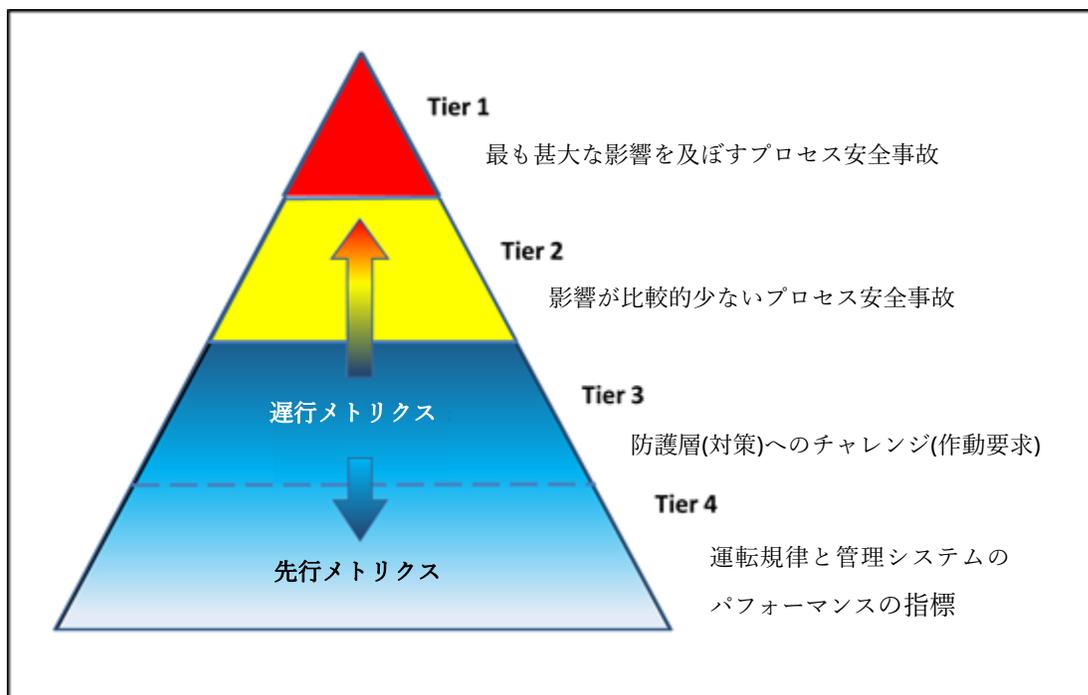
本書では、プロセス安全のパフォーマンスの測定と評価に用いるこれらのTierと指標について、さらに詳細に説明する。すべての企業がプロセス安全のパフォーマンスをモニターできるように、各Tierのメトリクスを選定することを強く推奨する。ベンチマークを通じて得た情報を共有することにより、業界全体におけるプロセス安全のパフォーマンスの継続的な改善を推進することに役立つであろう。メトリクスは例えば「リスクに基づくプロセス安全」(RBPS)の20のエレメント [9] などプロセス安全のエレメントに対しても選定することができる。これらの各Tierにおける推奨メトリクスについては、本書の後半で詳述する。

次にプロセス安全事故や事象を定義する用語の説明について記す (これらの用語は表B-1の用語集を参照)。そして事故を特定する基準に関するガイダンスがその次に続く。これには、どのようなプロセスが関与しているか、報告義務のしきい値、どこで事故は発生したか (その場所)、緊急放出と見なされるものとは何か、が含まれる。この章では、危険な物質の放出の深刻さに基づいて事故の強度を特定するためのフローチャートも提供している。ただし、一部の事故は適用外となり、プロセスの安全性に関連する先行メトリクスと遅行メトリクスを特定することに、適さないことに注意すること。

1.1 プロセス安全事故の定義

プロセス安全リスク管理システムの目標は、プロセスに内在する危険な物質やエネルギーを特定し、これらの危険性に関わるリスクの管理方法を特定し、しっかりしたプロセス安全プログラムを維持することによって、プロセス安全のパフォーマンスを向上させることにある。このプログラムの目標は、危険な物質やエネルギーの封じ込めの失敗といった事象を防ぐた

めに、プロセスを効果的にコントロールし続けることである。そうすることが、壊滅的な事故の防止に役立つ。CCPS の当初の用語 "Process Safety Incident" (PSI) は、2008 年に "壊滅的となりうる事象、すなわち大規模な健康および環境影響をもたらす危険な物質の放出/封じ込めの失敗を伴う事象" と定義された。この用語は、本書の 2 章 でさらに説明する API RP 754 Tier 1 プロセス安全イベント (PSE) の基礎となるものである。API の文書と用語の一貫性を保つため、本書では「プロセス安全イベント (PSE)」を使用している。



注意:

- Tier 3, 防護層(対策)の作動にはニアミス事故(ヒヤリハット)も含まれる
- Tier 4, 運転規律と管理システムの成果のパフォーマンスには、例えば、マネジメント・レビュー[9]、運転規律の調査 [10]、プロセス安全管理システムの監査 [11]、および現場観察 (行動観察など)、先見的評価や継続的改善の取り組みも含まれる。

図 1-1 プロセス安全の先行および遅行指標と対応する Tier(階層)のレベル

1.2 プロセス安全指標の基準

この節では、Tier 1 と Tier 2 のプロセス安全事故 (PSE) の指標基準を特定するための手引きを示す。

1.2.1 プロセスの関与

次の事項に該当するなら、プロセス安全事故 (PSE) がプロセスに関与していることになる：

発生した被害にプロセスが直接関与している。

本書では「プロセス」という言葉は、化学品、石油化学品、石油精製品の製造、反応器、貯槽、配管、ボイラー、冷却塔、冷凍システムなど、オンサイトやオフサイトの施設に対して必要な機器や技術に対して広く用いられる。化学物質やプロセスに直接関与しない事故、例えば事務所の建物の火災は、例え建物が事業所内にあっても(プロセス安全事故としての)報告義務はない。

プロセスエリア内で起こった従業員の傷害であっても、プロセスが直接的な役割を果していない場合は、(例えそれが法定の報告すべき傷害であっても)プロセス安全事故として報告する必要はない。この基準の意図するところは、プロセスに関与しない人身事故とは区別して、プロセス安全に関わる事故を特定することにある。例えば、梯子からの転落など休業災害となる事故は、単純にプロセス装置で発生したという理由だけでは報告すべきプロセス安全事故にはならない。しかし、もしその転落が化学品の放出が原因で起こったのであれば、その事故は報告すべきものである。

報告すべきしきい値は、放出された物質の量に基づく。一次封じ込めの失敗 (LOPC) 事故は「非毒性および非引火性物質 (例えば、スチーム、熱コンデンセート、温水、窒素、圧縮炭酸ガス、圧縮空気など) を含むいかなる物質の、一次容器⁴⁾からの計画外また管理外の放出」と定義されている。[12]

訳者註 4: 本書では“Primary containment”を「一次容器」と訳している。これは設備・機器・配管など、化学物質などの内容物が外部に漏れないように直接封じ込めている物の総称である。因みに“secondary containment”は「一次容器」から漏れた物質が広がらない様に抑え込む物の総称で「二次容器」と訳す。

API RP 754 ではこの定義 (用語) を以下のように拡張している。「物質の放出期間は、放出の初めから放出の封じ込めあるいは低減措置までではなく、放出の初めから放出の終了までとされている。」Tier 1 と Tier 2 のプロセス安全事故定義に対する結果のタイプ毎の差異を表 1-1 に示す。

注: 後述されるように、放出量は表 A-1 (TIH:吸入毒性危険物、U.S. DOT:米国運輸省、UNDG:国連危険物質) および表 A-2 (GHS:化学物質の分類とラベル化に関する世界調和システム) に示されている。これらの付録の表で分るように、Tier 1 PSE の放出量は上限がないのに対し、Tier 2 PSE の放出量に対しては制限範囲がある。

1.2.2 場所(ロケーション)

プロセス安全事故が以下に該当する場合、場所(ロケーション)の基準を満たしている。:

生産、輸送、貯蔵、ユーティリティあるいはパイロットプラントの設備で発生する事故で、メトリクスの定義上、報告義務のあるもの。これには、そのサイトの管理下にあるタンクヤードや付帯設備エリア (例えばボイラーの建屋、廃水処理プラント) 及び輸送配管も含まれる。

報告すべき事故は全て、発生した場所の操業責任をもっている企業が報告しなければならない。これは、他の事故と同様、請負業者の作業場所で発生した事故にも当てはまる。

委託加工の請負業者や多数の企業が入っているサイトでは、最初に事故が発生した装置の運転をしていた企業が PSE メトリクスに従って事故を記録し、カウントしなければならない。API RP 754 には、“責任を負うべき当事者”と“アクティブな倉庫”の定義についての詳しい記述がある。

1.2.3 急激な放出

報告すべき Tier 1 あるいは Tier 2 プロセス事故に対しては「1 時間」ルールが適用されている。一般的に「急激な放出」とは、1 時間あるいはそれ以内の放出である。しかし、しきい値に達する放出が 1 時間内に起こったかどうか、確かめることが難しい場合もある。例えば、ドレン弁が移送操作前に開けたままになっていたため、大量の引火性液体が、夜通しタンクからあるいは防液堤内に放出したような場合である。これらは、何時間も発見されず、いつしきい値を超えたのか正確な時間を把握することは難しい。放出の継続していた時間が確かめられなければ、その時間は 1 時間であったとみなす。

Tier 1 のプロセス安全事故の指標（2 章）(Tier 1 PSE)について、物質の放出量が任意の 1 時間以内に付録 A に示された報告すべきしきい値 (TQ) 以上になること、としている。もし、どの連続する 1 時間をとっても放出量が付録 A に示されたしきい値レベルに達しなければ、Tier 2 のプロセス安全事故の可能性はある。

Tier 2 のプロセス安全事故の指標（3 章）(Tier 2 PSE)について、物質の放出量が任意の 1 時間以内に付録 A に示された報告すべきしきい値の範囲内に入ること、としている。もし、放出量が、どの連続する 1 時間を取ってもしきい値範囲の最小値未満となる場合は Tier 2 のプロセス安全事故として扱われない。もし、付録 A のしきい値範囲の最大値以上であれば、その放出は Tier 1 のプロセス安全事故と見なす。

表 1-1 Tier 1 レベルと Tier 2 レベルの結果の比較

Tier 1 プロセス安全事故 (T-1 PSE)の結果 (2章を参照)	Tier 2 プロセス安全事故 (T-2 PSE)の結果 (3章を参照)
従業員や請負業者の休業災害および/または死亡災害、あるいは第三者（従業員や請負業者以外）の入院及び/または死亡災害	従業員、請負業者あるいは下請業者の記録すべき傷害事故
公式に指示された地域避難場所への避難あるいはシェルターインプレイス ⁵⁾ （警戒のため、地域避難場所へ避難あるいはシェルターインプレイスを含む）	適用外
企業に 100,000 ドル以上の直接コストをもたらす火災や爆発（注 1）	企業に 2,500 ドル以上 100,000 ドル未満の直接コストをもたらす火災や爆発
任意の 1 時間あたりの放出量が付録 A に記載のしきい値以上の引火性、可燃性、及び有毒化学品の急激な放出（注 2）	任意の 1 時間あたりの放出量が付録 A に記載のしきい値の上下限内にある引火性、可燃性、及び有毒化学品の急激な放出
<p>直接か、下流の除害装置を経由するかにかかわらず、圧力開放装置（PRD、注 3）からの放出</p> <p>あるいは</p> <p>任意の一時間あたりの放出量が付録 A に記載のしきい値以上の、許可あるいは規制された排出源からの異常放出で、次のいずれかの結果をもたらすもの</p> <p>レインアウト⁶⁾</p> <p>潜在的に不安全な場所への排出</p> <p>敷地内のシェルターインプレイスあるいは避難場所への避難（警戒のためのシェルターインプレイスあるいは避難場所への避難を除く）</p> <p>実際に警戒のためにかかわらず、公的な防護措置（例えば道路封鎖）の実施</p> <p>任意の 1 時間あたりの放出量が付録 A に記載されたしきい値以上の未着火の物質放出で、圧力解放装置からの設計された放出および許可あるいは規制された排出源からの異常放出を除いたもの</p>	<p>直接か、下流の除害装置を経由するかにかかわらず、圧力開放装置（PRD、注 3）からの放出</p> <p>あるいは</p> <p>任意の一時間あたりの放出量が付録 A に記載のしきい値の上下限内にある、許可あるいは規制された排出源からの異常放出で、次のいずれかの結果をもたらすもの</p> <p>レインアウト</p> <p>潜在的に不安全な場所への排出</p> <p>敷地内のシェルターインプレイスあるいは避難場所への避難（警戒のためのシェルターインプレイスあるいは避難場所への避難を除く）</p> <p>実際に警戒のためにかかわらず、公的な防護措置（例えば道路封鎖）の実施</p> <p>任意の 1 時間あたりの放出量が付録 A に記載されたしきい値以上の未着火の物質放出で、圧力解放装置からの設計された放出および許可あるいは規制された排出源からの異常放出を除いたもの</p>

表 1-1 の注意事項

- 1) プロセスからのLOPCを引き起こす内部火災や爆発が、Tier 1の結果を評価するきっかけになる。LOPCが最初に起こる必要はない。
- 2) 非毒性、非引火性物質（例えば、スチーム、高温コンデンセート、熱水、あるいは圧縮空気）などにはしきい値がなく、他の結果の1つでも引き起こす可能性があるならこの定義に含まれる。
- 3) 圧力開放装置（PRD）、安全計装システム（SIS）、あるいは手動による緊急脱圧装置からの放出は、計画外の放出によるLOPCである。Tier 1あるいはTier 2のプロセス安全事故（PSE）は、付録Aに記載された基準をもとに決定する。

訳者註5：シェルターインプレイス（shelter-in-place）とは有毒ガスなどが放出され避難できないときに、自宅などの室内で窓や扉にシールをして安全になるまで屋内で避難する（閉じこもる）ことをいう。（事例に学ぶ化学プロセス安全 p97参照）

訳者註6：レインアウト(rain out)とは、主に液状物質が空中高く放出され地上に落下することをいう。（付録C、事例C.6-4参照）

1.3 プロセス安全事故確認用フローチャート

図 1-2 はプロセス安全事故の確認のためのフローチャートである。

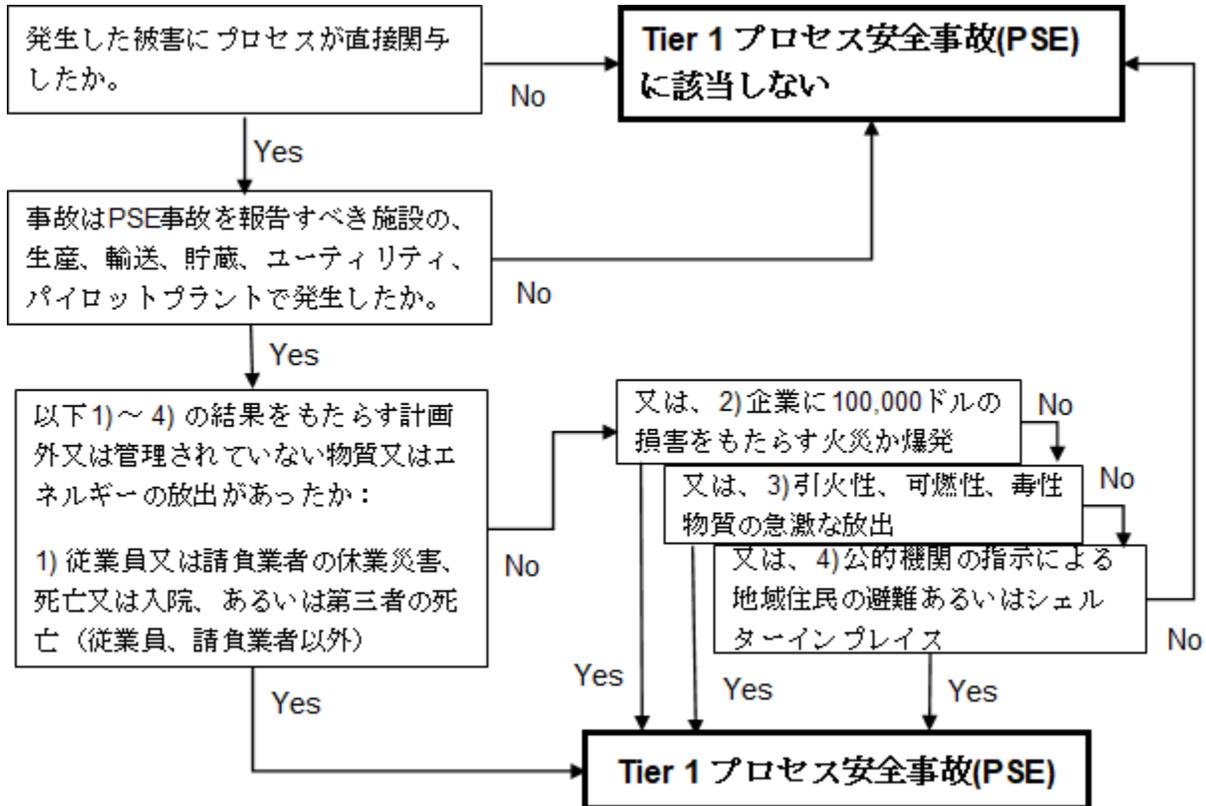


図 1-2 Tier 1 のプロセス安全事故を決定するためのフローチャート

1.4 適用範囲と適用除外

本書は危険な物質やエネルギーを管理、使用、貯蔵しているすべての産業の企業が所有あるいは運転している設備に適用される。毒物、引火性物質および爆発性物質以外の危険な物質には可燃性粉塵、プラント固有の物質がある。しかし、以下のような活動に関する事故は本書の範囲外である：

- 1) 責任部署の管轄外にある輸送配管からの放出;
- 2) 海上輸送作業。ただし船舶がプロセスに接続中、あるいは接続もしくは切り離し作業中の場合を除く；
 注： 海上輸送作業とプロセスとの接続、切り離し作業の境目は、荷積みや荷降ろしの手順の最初と最後の作業である（例えば、最初の陸上への配管接続、最後の配管取外し、等）。

- 3) トラックや鉄道による輸送作業。ただし、トラックあるいは貨車がプロセスに接続中、あるいは接続や取外し作業中の場合、ならびにトラックあるいは貨車がサイトの貯槽として使用されている場合を除く；
 - 注：「荷降ろし待機」はプロセスへの接続や取外し作業の一部ではなく、サイトの貯蔵と見なすものでもない。「荷降ろし待機」は輸送の一部である。
 - 注：トラックや貨車の輸送作業とプロセスとの接続、取外し作業の境目は、荷積みや荷降ろし手順の最初と最後の作業である（例えば、車輪止め、エアブレーキのセット、主スイッチの遮断、等）。
- 4) バキュームカーの操作。ただし、サイトでの荷積み・荷降ろしの作業、またはバキュームカー付属の移送ポンプを使用する場合を除く；
- 5) 許可あるいは規制された排出源からの定期的放出；
 - 注：異常放出は Tier 1 または Tier 2 のプロセス安全事故の可能性あるものとして 5.2 節および 6.2 節に従って評価される。
- 6) 事務所、作業場、倉庫の建屋の事故（例：事務所での火災、洩れ、個人的な怪我や病気、等）；
- 7) サイトで一次封じ込め失敗事故に対応したり曝されたりすることとは直接関係のない、個人的な安全に関わる事故（例：すべり、つまづき、転倒）；
- 8) プロセスに接続されていない補助装置からの一次封じ込め失敗事故；
- 9) 品質保証（QA）、品質管理（QC）、研究開発（R&D）の実験室（パイロットプラントは適用範囲に含む）；
- 10) 試運転前かつプロセス流体導入前で（例えば閉止板、切り離しなどで）明確にプロセスから遮断されている新設設備、および過去にプロセスの一部ではなかった設備；
- 11) 小売り店舗；および
- 12) 事業所構内での可搬機器や可搬設備など（例えば、ピックアップトラック、ディーゼル発電機、重機）への燃料補給作業

注：石油パイプラインおよびそのターミナルの操作に対する適用除外事項も調べられており、API RP 754 [2]の付録 A に掲載されている。

2. Tier 1 – プロセス安全事故の指標

2.1 Tier 1 プロセス安全事故(T-1 PSE)指標の目的

Tier 1 とされるプロセス安全事故 (T-1 PSE) は、最も厳しい運行実績の指標であり、より大きな影響をもたらす一次封じ込めの失敗 (LOPC) 事故である。図 1-1 に「最も甚大な影響を及ぼす PSE」として示されている。Tier 1 のプロセス安全事故は、たとえ二次防護システム内に留まった放出事故だとしても、多層防護に弱点があったことを示している。Tier 1 プロセス安全事故をより軽度の事故指標と併せて使用すると、企業全体のプロセス安全成績の評価に役立つ。

2.2 Tier 1 プロセス安全事故のしきい値

Tier 1 プロセス安全事故 (T-1 PSE) を特定する基準は 1.2 節で説明されている。この基準には次のこと：関与しているプロセスは何か、報告すべきしきい値は何か、発生した事故はどこか (場所)、急激な放出として考えられるのは何か、が含まれている。Tier 1 と Tier 2 のプロセス安全事故の結果に基づく分類を表 1-1 に示す。

企業は、しきい値の放出区分の判定に、流出時のラボ分析による流出物の特性あるいは安全データシート (SDS) に記されている特性のどちらかを選択することができる。Tier 1 プロセス安全事故のしきい値は付録 A で表示されている。Kg あるいは lb (ポンド) や bbl (バレル) で与えられているしきい値は厳密には等しくないため、企業は、一つの単位を選びそれを一貫して全ての記録の保存に使用すること

企業は、全ての一次封じ込めの失敗について一貫したアプローチを行うべきである。

2.3 Tier 1 プロセス安全事故の強度レベル

Tier 1 プロセス安全事故の各々の影響区分の強度レベルは、表 2-1 に示されている基準を使って算定する。

表 2-1 Tier 1 のプロセス安全事故(T-1 PSE)における強度の重み付け

強度 点数	影響分野				
	安全/人の健康	火災・爆発による 直接コスト	1時間内の 物質放出 ^{a,d,e}	地域への影響	サイト外への 環境影響
1点 (レベル4)	<ul style="list-style-type: none"> 従業員 元請業者または下請け業者への応急手当を超える治療が必要な傷害事故 	<ul style="list-style-type: none"> 直接コスト損害額 10 万ドル 以上 百万ドル未満の事故 	<ul style="list-style-type: none"> 二次封じ込め設備・機器外への放出量が以下の事故 $1x \leq \text{Tier 1 TQ} < 3x$ Tier 1 のしきい値以上、3 倍未満 	<ul style="list-style-type: none"> 公式に指示されたシェルターインブレイスまたは公共防災対策（例：道路封鎖）（3 時間未満）または 公式に指示された避難（3 時間未満） 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急環境対応コストが 10 万ドル 以上百万ドル未満の事故
3点 (レベル3)	<ul style="list-style-type: none"> 従業員 元請業者または下請け業者の休業災害事故 または 第三者に対する応急手当を超える治療が必要な傷害事故 	<ul style="list-style-type: none"> 直接コスト損害額百万ドル以上 1 千万ドル未満の事故 	<ul style="list-style-type: none"> 二次封じ込め設備・機器外への放出量が以下の事故 $3x \leq \text{Tier 1 TQ} < 9x$ Tier 1 のしきい値の 3 倍以上、9 倍未満 	<ul style="list-style-type: none"> 公式に指示されたシェルターインブレイスまたは公共防災対策（例：道路封鎖）（3 時間以上） または 公式に指示された避難（3 時間以上 24 時間未満） 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急環境対応コストが百万ドル以上 1 千万ドル未満の事故 または 水生あるいは陸生野生生物に対する小規模な殺傷事故
9点 (レベル2)	<ul style="list-style-type: none"> 従業員 元請業者または下請け業者 1 名の死亡災害事故 または 第三者 1 名の入院事故 	<ul style="list-style-type: none"> 直接コスト損害額 1 千万ドル以上 1 億ドル未満の事故 	<ul style="list-style-type: none"> 二次封じ込め設備・機器外への放出量が以下の事故 $9x \leq \text{Tier 1 TQ} < 27x$ Tier 1 のしきい値の 9 倍以上、27 倍未満 	<ul style="list-style-type: none"> 公式に指示された避難（24 時間以上 48 時間未満） 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急環境対応コストが 1 千万ドル以上 1 億ドル未満の事故 または 水生あるいは陸生野生生物に対する中規模な殺傷事故
27点 (レベル1)	<ul style="list-style-type: none"> 従業員 元請業者または下請け業者の複数死亡災害 または 第三者の複数入院事故 または 第三者の死亡事故 	<ul style="list-style-type: none"> 直接コスト損害額 1 億ドル以上の事故 	<ul style="list-style-type: none"> 二次封じ込め設備・機器外への放出量が以下の事故 $27x \leq \text{Tier 1 TQ}$ Tier 1 のしきい値の 27 倍以上 	<ul style="list-style-type: none"> 公式にされた避難（48 時間以上） 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急環境対応コストが 1 億ドル以上の事故 または 水生あるいは陸生野生生物に対する大規模な殺傷事故

- 二次封じ込め設備・機器が存在しない場合は、一次封じ込め設備・機器からの放出量（LOPC）が使われる。二次封じ込め設備・機器が液体のみの貯留用に設計されている場合、放出される気体または蒸気、および液体から発生する気体または蒸気の量は、二次封じ込め設備・機器からの放出量で計算する。
- 水生あるいは陸生野生生物に対する殺傷事故の規模の大中小の判定は、地域の規制あるいは会社のガイドラインに拠らねばならない。
- 強度の重みづけ計算には「サイト外への環境影響」および安全/人の健康影響の「応急手当」を超える傷害が含まれているが、それらはTier 1 PSEのしきい値基準には含まれない。しかし、これらの二つの値を含む目的は、何らかの形で傷害や環境影響を及ぼす事故に対して、強度点に差をつけるためである。
- 強度の重みづけにおいては、プロセス機器の下一般的な被覆やコンクリートは、たとえ収液装置の方に傾斜しているとしても、それらは二次防護設備として認めない。
- 火災や爆発に係わる物質の放出の表は作られていない。それらの事故に関する強度の重みづけは、この表の他の影響分野によって決められる。

3. Tier 2 - プロセス安全事故の指標

3.1 Tier 2 プロセス安全事故 (T-2 PSE) 指標の目的

Tier 2 と算定されるプロセス安全事故 (T-2PSE) は、影響がそれほど重要でない一次封じ込めの失敗 (LOPC) 事故で、影響のより小さなプロセス安全事故として示されている。Tier 2 プロセス安全事故は、たとえそれが二次防護システム内に留まっていた流出物の事故だとしても、防護層システムに弱点があることを示しており、将来により重要な事故を引き起こす前兆である可能性がある。その意味で、Tier 2 プロセス安全事故は Tier 1 プロセス安全事故の先行指標としての役割をし、企業にとってはプロセス安全成績を評価、改善することに役立つ。

3.2 Tier 2 プロセス安全事故のしきい値

Tier 2 プロセス安全事故 (T-2 PSE) を特定する基準は Section 1.2 で説明されている。この基準には次のこと：関与しているプロセスは何か、報告すべきしきい値は何か、発生した事故はどこか (場所)、急激な放出として考えられるのは何か、が含まれている。Tier 2 PSE は、たとえそれが二次防護システム内に留まっていたものの事故だとしても、防護層システムに弱点があることを示しており、この事故が将来 Tier 1 プロセス安全事故のような重要な事故を引き起こす前兆である可能性がある。Tier 1 と Tier 2 のプロセス安全事故についてのタイプ別結果の比較が表 1.1 に示されている。

前にも述べたように (2.2 の Tier 1 プロセス安全事故のしきい値の項)、企業はしきい値の放出区分の判定に、放出時のラボ分析による流出物の特性あるいは安全データシート (SDS) に記されている特性のどちらかを選択できる。Tier 1 PSE のしきい値は、付録 A で表示されている。Kg あるいは lb (ポンド) や bbl (バレル) で与えられているしきい値は厳密には等しくないため、企業は、一つの単位を選びそれを一貫して全ての記録の保存に使用すること。

企業は、全ての一次防護設備の放出について一貫したアプローチをとるべきである。

事故が発生したことで、いかに保護層に弱点があったかについての更なる説明が 6 章で述べられている。このように Tier 2 PSE は、より軽度な影響に関連することについても学ぶ機会を企業に提供している。Tier 1 PSE の強度しきい値の範囲は付録 A に示されている。もし強度の最大値がしきい値の範囲を超える場合は、その事故は Tier 1 PSE と考えられる。Tier 1 と Tier 2 のプロセス安全事故の種類別影響比較が表 1-1 に示されている。

4. プロセス安全事故の報告 Tier 1 と Tier 2 のメトリクス

本章に示す比率表現のメトリクス(rate adjusted metrics)を含むプロセス安全メトリクスは企業や産業部門間のベンチマークとして有用である。用語集に記載されている定義を用いれば、比率を基にした様々な指標を作ることができる。その例を示す：

Tier 1 プロセス安全事故率 (T-1 PSER) =

$$(\text{Tier 1 PSE 事故の総発生件数} / \text{総労働時間}^7) \times 200,000$$

Tier 2 プロセス安全事故率 (T-2 PSER) =

$$(\text{Tier 2 PSE 事故の総発生件数} / \text{総労働時間}) \times 200,000$$

Tier 1 プロセス安全事故強度率 (T-1 PSESR): =

$$(\text{Tier 1 PSE 事故強度の合計点数} / \text{総労働時間}) \times 200,000$$

訳者註 7； 総労働時間 = 従業員及び請負の合計作業時間

T-1 PSESR を決定するにあたっては、“表 2-1 Tier 1 のプロセス安全事故(T-1 PSE)における強度の重み付け”を参照して頂きたい。このように、各結果に対してレベル 4 の事故には 1 ポイント、レベル 3 には 3 ポイント、レベル 2 には 9 ポイント、レベル 1 には 27 ポイントの強度ポイントが割り当てられる。理論的には、PSE は最小が 1 ポイント（即ち、事故がただ一つの分類のレベル 4 の結果にのみ合致する場合、 $1 \times 1 = 1$ ）、最大は 1 3 5 ポイント（即ち、事故が 5 つの分野すべてにおいてレベル 1 の事故に該当する場合、 $27 \times 5 = 135$ ）となる。プロセス安全事故が Tier 1 と Tier 2 のどちらであるかの評価を明確にするために、メトリクス解釈の手引きといくつかの事例を別表 C に示している。

5. Tier 3 - ニアミス事故の指標

様々な業界における経験を基にしたこのガイダンスでは、すべての企業に対し、ニアミス事故 (Tier 3) や管理システムのパフォーマンス評価メトリクス (Tier 4) など、より「先見的な」指標を用いて管理することが奨励されている。これらの指標は、図 1-1 の事故ピラミッドの底辺にあるように頻繁に起こるが、より軽度な事故に焦点を当てている。典型的なニアミス事故は実際に発生したか潜在的な不安全状態を見出したものであるため、このメトリクスは遅行メトリクス (lagging metric) と定義づけることもできる。

企業が Tier3 ニアミス事故を監視する場合、ニアミス事故の件数が多いことや発生数の増加は、より重大な事故発生の前兆と見なされる。これらは、企業が Tier 2 (悪くすれば Tier 1) の事故が発生する前に把握して対処すべき「警告サイン」であるとされている[13]。したがって、多くの企業では、これらのニアミス指標を先行メトリクス (leading metric) の代わりとしている。

ちなみに、ニアミス指標とするプログラムが導入されると、企業は、ニアミス報告書⁸⁾の増加が (少なくとも初期には) プロセス安全文化の改善の明るい兆しであることに気付くであろう。企業は全階層のプロセス安全への気付きと規律の向上により、全体的なプロセス安全成績の向上を図っている。したがって、Tier3 のニアミス事故の報告数の増加に伴い、Tier 1 や 2 の発生数が減少するということが起こり得ることである (図 1-1)。

訳者註 8: ニアミスの報告はプロセス安全上の問題に対する気付きである。

プロセス安全やリスク管理のプログラムを効果的に実施するには、どの企業も何らかのニアミス報告システムを実行する事が必須である。既存の報告システムの見直しや更新をする際、あるいは新たな報告システムを導入する際、この章で説明したメトリクスや定義を考慮すべきである。さらに、ニアミスプログラムで収集し傾向分析したデータは、より重大な事故の事前予測と防止に役立てることができる。

5.1 Tier 3 指標の目的

Tier3 ニアミス事故は、図 1-1 に「防護層へのチャレンジ」とあるように、バリアや防護層が機能したことにより Tier 1 や Tier 2 の事故に繋がらなかった例がその典型である。このレベルの指標は、防護システム内にある弱点を再度特定し、修正する良い機会となる。

Tier 3 指標は、ベンチマークの実施や業界に適用可能な基準の開発には、あまりに施設に固有なものである。それは基本的に社内向けのものであり、地域 (工場) の公開報告に使われることもある。一企業としては以下に例示する指標の全てもしくは一部を採用することができる。

- 安全運転限界(SOL)からの大幅な逸脱(暴走)⁹⁾の件数
- 一次封じ込め設備・機器の検査や試験の結果、許容限界外となった件数
- 安全システムへの作動要求の件数
- その他(Tier 1, Tier 2 以外)の一次封じ込めの失敗 (LOPC) による事故の件数

- 操業にとって重要なその他の事項における件数

訳者註 9: 本書では "excursion" を「暴走」とも訳すことがあるが、「大幅な逸脱」の方が近い。「暴走」に対応する英語は "runaway" であり、「手を付けられない」というニュアンスがある。

5.2 プロセス安全ニアミス事故の定義

“ニアミス事故”には三つ重要な要素がある。業界内では、ニアミスの定義について様々な表現がされているが、以下の要素を含んでいるものが大多数である。:

- 想定外の事象の発生や、潜在的な不安全状態の発見。
- その事象や不安全状態が悪化する十分な可能性がある。
- それが悪化すると深刻な悪影響をもたらす。

言い換えると、この事故が、死亡災害、大怪我、深刻な環境被害、あるいは重大な物損などを引き起こさなかったのは、単にタイミング（秒）や場所（距離、例えばフィートやメートル）が良かっただけである。本書では、以下の“ニアミス”の定義を用いる。[12]

ニアミス: 僅かな状況の違いで、人への危害、資産・設備あるいは環境に対する損害、プロセスの損失などをもたらした可能性のある望ましくない事故

このニアミスの定義は、環境、健康、人の安全やプロセス安全のニアミス報告に用いるなど、EHS（環境・健康・安全）管理プログラムのあらゆる局面で適用することができる。リスクに基づくプロセス安全(RBPS)に基づいて安全管理システムを構築する際には文献を参照して頂きたい[7]。

ニアミス報告プログラムにおいてプロセス安全に関する事故に特別に焦点を当てるため、多くの企業ではプロセス安全ニアミスの定義も作成している。尚、本書では、以下をプロセス安全ニアミスの定義として用いる。:

プロセス安全ニアミス:

- 運行マトリクス（表 A-1 Tier 1 と Tier 2 の放出量しきい値）にある Tier 2 プロセス安全事故(T-2 PSE)のしきい値には達しないかなりの量の危険な物質の放出。（付録 A ）
- 安全システムへのチャレンジ。これは以下の3つのカテゴリーに分類される。:
 - 安全システム（圧力開放装置、安全計装システム、機械的遮断システム）に対する作動要求
 - 一次封じ込め設備・機器の検査や試験の結果が許容限界外となった。
 - プロセスの正常範囲からの逸脱や暴走(大幅な逸脱)。

5.3 プロセス安全ニアミス事故の事例

5.3.1 安全システムへのチャレンジ

安全システムへの作動要求に関わるニアミスは次の二つに分類される。:

- 1) 安全システムへの作動要求（チャレンジ）が出され、それが正常に機能した場合
- 2) 安全システムへの作動要求（チャレンジ）が出され、それが機能しなかったが、事故は（Tier 2 PSE の）しきい値を超えなかった場合。

作動要求に対して安全システムの応答が正常もしくは不適切であった事例を挙げると、

- フレアに繋がるまたは大気開放の破裂板や圧力制御弁、安全弁などが、事前に設定された設定値に到達して作動した。
- システムの条件が事前に設定された設定値を越えたが、フレアに繋がるまたは大気開放の破裂板や圧力制御弁、安全弁などが作動しなかった。
- “許容範囲外”のプロセス変数が検知された際の安全計装システムの作動、例えば
 - ポリエチレン反応器で圧力上限インターロックが作動して、供給と反応が停止された。
 - 吸込み側のロックアウトドラムの液面上限のインターロックが作動して、圧縮機が停止した。
- システムに作動要求が出されたが、安全計装システムが設計通りに機能しなかった全ての場合（即ち、安全装置の作動不能）
- 装置が実際に応答したかどうかとは無関係に、有効な信号により機械的停止システムが作動要求を受けた回数。

注意：封じ込め(漏洩)の失敗の防止が目的ではなく、機械保護の為に設けられた機械的停止システムの作動は、プロセス安全のニアミス回数には数えない。

5.3.2 プロセスの逸脱や暴走など

プロセスの逸脱や暴走(大幅な逸脱)のニアミス事例:

- 運転パラメーターの大幅な逸脱、例えば圧力、温度、流量が標準運転限界（品質管理上の運転範囲）を外れたが、プロセス安全の限界内にとどまっている場合
- 予め設定された安全上重要な制御範囲、あるいは緊急停止や緊急対応が必要な限界点を越えたプロセスパラメーターの大幅な逸脱
- パラメーターが機器の設計範囲から逸脱した運転
- 運転パラメーターが設計範囲内かどうかに関わらず、異常または想定外の暴走反応

5.4 管理システムのニアミス事故

管理システムの弱点や問題点に関するニアミスには以下によって見いだされたものもある。

- 1) 設備の点検・試験・予防保全プログラム (ITPM)
- 2) 見落としや間違いによる失敗
- 3) 予想外、または計画外の設備の状態
- 4) 容器(封じ込め設備・機器・配管)の物理的損傷

これらの管理システムの弱点と問題の例を次に示す。:

- 1) ITPM に関連するニアミスの事例:

- 一次容器(封じ込め設備・機器・配管)の点検や試験の結果が許容限界を超えた
 - 一次容器の点検や試験により、一次容器の許容限界を超えた運転が判明した
 - 機器や部品の交換、機器の校正、機器の供用適性回復のための修理、検査や試験の頻度を上げる、プロセス機器の定格引き下げなどの対応のきっかけとなった ITPM の結果。
(注意：設備の変更管理 (MOC) プログラム[9]実施のきっかけとなる変更は、これに該当することが多い。)
 - 点検や試験により、容器、常圧のタンク、機械、配管が、肉厚検査の許容限界を超える圧力や液面で運転されていたことが判明した
 - 各圧力容器や常圧タンクに対しては、許容肉厚以下であると判明した測定結果の数に関係なく、単一の事故として記録する。
 - 各配管に対しては、同一の配管ラインで、同じ材質で製作され、同じ用途である限り、許容肉厚以下であると判明した測定結果の数に関係なく、単一の事故として記録する。
 - 試験によって安全システムの不具合が判明した例
 - 作動試験で、圧力開放装置が設定値で作動しなかった
 - インターロックテストでの作動不良
 - 無停電電源供給システムの故障
 - 火災、ガス、毒性ガスなどの検出器の定期検査/試験で欠陥が判明
 - 緊急用ベントラインのヘッダーの調査で、緊急スクラバーの水分がヘッダーに逆流したため、鉄錆びで完全に閉塞していたことが判明
 - 緊急停止システムの試験で、テフロンライニングバルブのテフロンがコールドフロー(常温でのクリープ現象)によってバルブを詰まらせ、開いたままで固着していたことが判明
 - ブリーザー弁¹⁰⁾の点検で、プロセス物質が凝縮(固化)して閉塞していたことが判明
訳者註 10: 原文には“conservation vent”とあるが、ブリーザー弁の一種である為、ここでは「ブリーザー弁」と訳した。
 - 安全システムが無効化されていることが判明
 - インターロックのバイパスによるプロセス異常発生
 - 無効化手順に従わないことによる安全上重要な計器や装置の無効化
 - ブロックバルブの現場から離れた後もバイパスが開いたままであった¹¹⁾
訳者註 11: 配管工事などの為に操作したバルブ類を元に戻すことを忘れた場合など
- 2) 見落としや間違いによる失敗の事例
- 重要な配管の閉止板を外し忘れた、あるいはバッチ成分の投入を正しい順序で行わなかった
 - 破裂板の交換作業で、輸送用保護カバーが付いたまま取り付けられていたことが判明
 - プロセス制御の技術者がプロセス設備の DCS に誤って間違った構成をダウンロードした
- 3) 予想外、または計画外の設備の状態の事例
- 損傷または早すぎる／予期しない劣化により、設備が“予想外”の状態になっていた

- 蒸気システム系に不適切なフィッティングが使用されていた
- 熱交換器のチューブなど、機器の不具合により、流体の混合や汚染が生じていた

4) 容器(封じ込め設備・機器・配管)の物理的損傷の事例

- プロセス設備が破損しない範囲で生じた搬送物や物体の落下¹²⁾
- 坑口装置¹³⁾にトラックがバックでぶつかる
- 除雪機がガス配管を擦る

訳者註 12：搬送物 (dropping loads) は触媒や薬品などをクレーンやホイストなどで運ぶ物を指すと思われる。また、物体の落下 (falling objects) は機器部品類の落下に加え、構造物やはしごなどの転倒、氷塊の落下なども対象になり得る。

訳者註 13: ここで、坑口装置(wellhead)とは油井頂部のコントロール用の装置で破損すれば原油流出のおそれがある。

5.5 ニアミス事故報告を最大限に活用する

ニアミスの報告は、設備のプロセス安全管理システムを改善するための重要なデータ源である。以下の方法により、プロセス安全ニアミスプログラムを最大限に活用することができる。

- プロセス安全運行指標 (第 2 章、第 3 章の Tier 1 PSE と Tier 2 PSE)、プロセス安全ニアミス事故 (Tier3、本章)、パフォーマンス評価指標 (Tier4、第 6 章)、それぞれの発生数を比較して事故報告の傾向が図 1-1 に示したプロセス安全のピラミッドと合っていることを確認する (Tier 1 事故が仮にあったとしても、Tier3、Tier4 事故に比べて少ないはずである)
- プロセス安全ニアミスを評価する時には潜在的な悪影響を考慮すること。ニアミスに対する対応のレベル (即ち、調査、分析、追跡のレベル) は、事故で実際に起きた結果と同様に潜在的な被害も考慮して決定しなければならない。
- 実際の事故の場合と同様に、安全管理システムの欠陥の改善を図るために、ニアミス事故のデータ(因果関係)も管理システムと結び付けて考えること。ボウタイ (Bow Tie) 分析を用いた分析事例については文献 [14]、[15]、[16] を参照のこと

6. Tier 4 - 業務規律と安全管理システムの指標

この章では、先見的なパフォーマンス評価に基づく先行メトリクスとして役立つ可能性があるものを数多く紹介している。これらの指標は、会社のプロセス安全とリスク管理プログラムの「健全性」の評価基準を提供するものである。測定と監視が行われた場合、先行メトリクスについて収集されたデータの変化に着目していると、これらの重要な管理システムの有効性の低下を早期に見つけることができる。これにより、漏洩事故が発生する前に、これらのシステムとそれに対応する防護層の有効性を回復するアクションを実行することができる。

全ての企業は、プロセス安全文化の評価をはじめとして、プロセス安全管理の先行メトリクスを採用して実践することが望ましい[17]。しかし、採用し監視するためのメトリクスは多数あるため、全てのメトリクスのデータを収集して報告することは現実的ではない。企業は、施設の安全性を確保するために、どれが最も重要であるかを特定し、大幅なパフォーマンスの改善が期待できる最も意味のある先行メトリクスを選択する必要がある。プロセス安全の評価メトリクス（先行と遅行の両方）の選択に関する詳細については、CCPSのガイドブックを参照のこと[6][7]。

本書に掲載されているプロセス安全の先行メトリクスの例は、多くの企業の経験に基づいて選択されたものである。これらのメトリクスには以下のような指標が含まれる。

- 危険な物質やエネルギーを管理する作業に内在するハザード（危険性）に対する防護層
- 死亡、負傷、環境被害、物的損害、事業の中断等の深刻な影響を伴う漏洩事故に対する防護層

本章では、先行メトリクス選択の最善の方法についての準備を行う。まずスイスチーズモデルとボウタイ図による事故の因果関係モデルを簡単に紹介し、次にプロセス安全上のリスクを低減するために使用されるアプローチ（運転規律の不徹底が全体のリスクにどのように影響するかを含む）について説明する。これらのモデルは、プロセス安全上のリスクを低減するために設計・実装された防護層の弱点を視覚的に説明するのに役立つツールである。

本章は、CCPSのリスクに基づくプロセス安全（RBPS）の4つのピラーに関連した先行メトリクスの例を示しながら、RBPSのアプローチを簡単に紹介して終わる[9]。

6.1 Tier 4 指標の目的

Tier4 指標は、一般的に運転規律の個々の項目のパフォーマンスと管理システムのパフォーマンスの指標を表すものであり、特にライフサイクル全体にわたる防護層の健全性に焦点を当てている。このレベルの指標は、システム関連の弱点を特定し、修正する機会を提供する。Tier4 指標は、将来、Tier3 ニアミス、Tier 2 PSE、または最も残念な結果として Tier 1 PSE を引き起こす可能性のあるプロセス安全システムの弱点を示している。

6.2 事故の因果関係モデル

メトリクスを検討する際にもう1つの考えておくべきことは、図 1-1 に示すピラミッドの上部にある Tier 1 指標は、複数の防護層に弱点が発生した状況を反映していることである。

一方、ピラミッドの下部にある Tier3 指標は、全てではないものの一部の防護層に弱点や課題が存在することを反映している。図 6-1 は複数の防護層の概念を簡略化し、直線的に描いたものであるが、これはスイスチーズ事故因果関係モデルによって表したものである[18][19]。このモデルは、プロセス管理の際の固有の複雑性を過度に単純化したものだが、防護層へのチャレンジやプロセス安全の弱点を視覚的に説明するには有用なモデルであり、プロセス安全のメトリクスを用いて効果的にプロセス安全システムを監視することができる。

図 6-2 に示すボウタイ図を用いると、予防的および緩和的な保護層の効果に影響を与える可能性のあるシステム上の弱点を表すことができる。図の中心から出入りする各経路は、それぞれスイスチーズモデル[16]の潜在的な経路を表している。予防的保護層の弱点が揃うと、封じ込めの失敗が発生する。同様に緩和的な保護層の弱点が揃うと、深刻な事故が発生するであろう。本書の目的は、予防的保護層と緩和的保護層の双方に注意を払い、必要なときに機能することを保証するための先行指標と遅延指標を特定する助けとなることである。

6.3 プロセス安全リスクの低減

プロセス安全プログラムは、危険な物質やエネルギーを保管し、取り扱い、使用する際のプロセス安全リスクを低減するために設計されている。危険な物質には、毒性、引火性、爆発性、反応性（不安定）がある可能性がある。プロセス安全リスクを低減することは、死亡、負傷、環境破壊、設備の損傷、事業の中断または罰金につながるような深刻なプロセス安全事故の可能性を低減することができる。エンジニアリングや経営管理上の弱点は、潜在的で初期から存在する不適切なエンジニアリング設計、あるいは作業者の誤った行動や不作為によって引き起こされる可能性がある。単純化したスイスチーズモデルにおける前提条件は以下のとおりである。

- 各防護層に重大または軽微な弱点が発生する（チーズの穴）
- ハザードは、防護層のそれぞれの弱点を通過してしまう可能性がある
- 事故は、すべての防護層を直接通過できる通り道がある場合に発生する

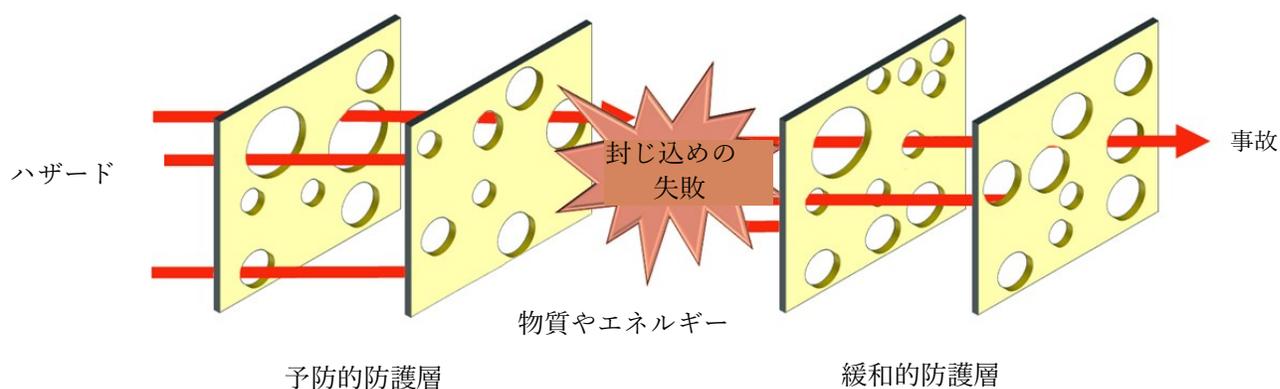


図 6-1 事故因果関係のスイスチーズモデル

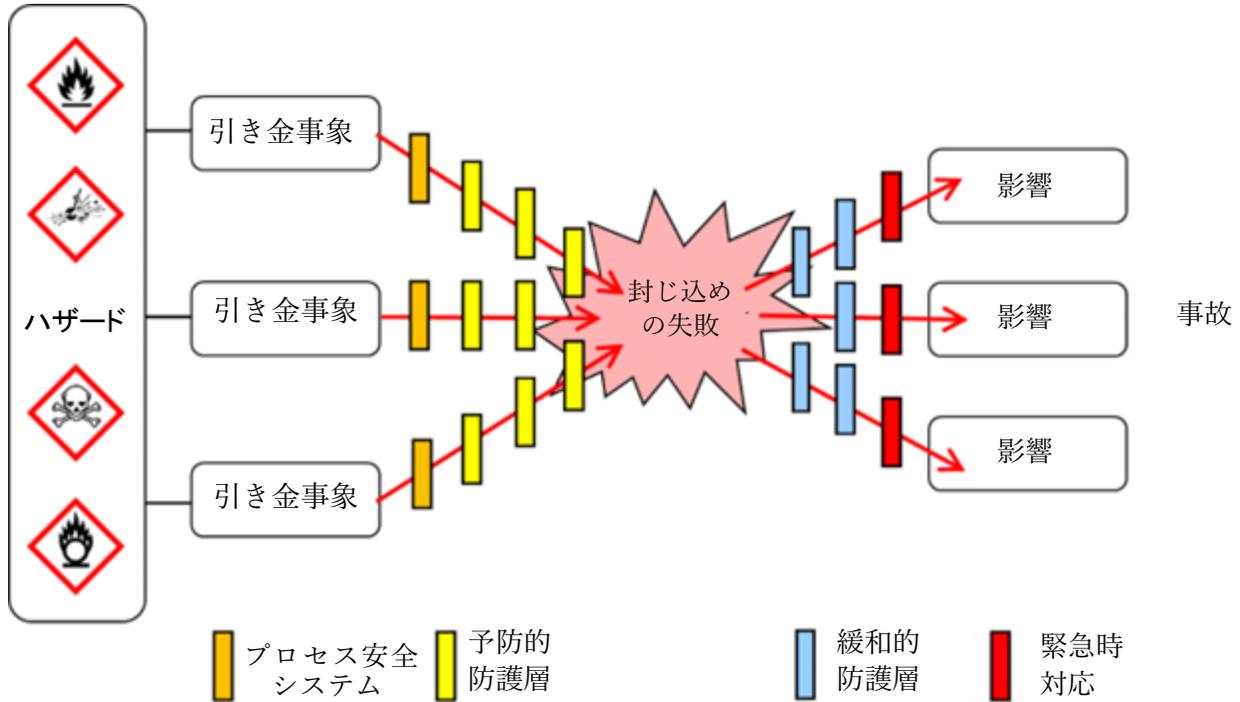


図 6-2 事故の因果関係のボウタイ図¹⁴⁾

訳者註 14: ボウタイ図(Bow Tie Diagram)は「頂上事象」(Top Event)が発生する可能性のある「脅威」(Threat)が「頂上事象」に至らない為の予防的防護層(Preventive Barrier)の配備、及び「頂上事象」による好ましくない「結果」(Consequence)の影響度を小さくする為の緩和的防護層(Mitigative Barrier)の配備をデザインするために使用される手法である。図の形が蝶ネクタイに似ていることからボウタイと呼ばれている。図中の「プロセス安全システム」は設計時において「脅威」自体を最小化する「本質安全設計」を意味している。

危険な物質やエネルギーの放出シナリオに関連するプロセス安全リスクは、以下のように定義することができる[12]。:

リスク: 人身事故、環境破壊、経済的損失を、事故の発生確率と損失や障害の大きさの両方の観点から評価したものの。この関係を簡単に表せば、事故の発生確率とその重大性の積(つまり、 $\text{リスク} = \text{重大性} \times \text{発生確率}$)でリスクを表すことができる。

従って、シナリオのリスクは式 1 に示すように、死亡者数、環境破壊、資産の損失、またはその他の結果(例: 「事故 1 件当たりの死亡者数」)などの潜在的な事故の重大性に、通常は「事故数/年」で表される一年あたりの発生確率や頻度を掛けた関数となり、「死亡者数/年」のような単位で与えられる。

$$\text{リスク(R)} = f \left\{ \text{頻度(F)} \times \text{影響度(C)} \right\} \quad \text{式1}$$

起こりうる危険な事故の頻度は、多くの場合、プロセス安全システムと複数の防護層の有効性によって決定される。事故の結果は、物質やプロセスに特有のハザード(危険性)が何かによることが多い。目標は、様々なリスク管理戦略を評価・実践して、危険な事故の頻度と重大性を減らすことにより、プロセス安全リスクを低減することである。プロセス安全の先行指標を測定・監視することにより、企業はプロセス安全管理やリスク管理プログラムの傾向を事前に把握し、より重大な事故の発生を防ぐことができる(図 1-1)。

6.3.1 運転規律の定義

企業の継続的な改善努力は先行指標に焦点を当てているため、Tier4 指標で監視されている「業務規律」の重要な部分である「運転規律」を定義することは有用である。「運転規律」は必要不可欠なものであり、管理、エンジニアリング、オペレーション、メンテナンス、購買などの製造プロセスに固有なもので、他とは明確に異なるものである。それぞれの規律には、仕事を効果的に管理するためのシステムを備えていなければならない、それぞれの規律は他の分野の規律と効果的に影響しあい、企業のプロセス安全リスクを管理し、プロセス安全パフォーマンスを維持している。

全ての規律に適用される「運転規律」¹⁵⁾の現在の定義は以下のとおりである[12]。

運転規律 (OD) : すべてのタスクを常に正しく実行すること。良好な OD は、常に正しい方法でタスクを実行することにつながる。個人個人は、OD を通じてプロセス安全に対する責任を行動で示すことになる。OD とは、すべての担当者が日々行う活動を指す。OD は、社内の個人個人が「操業の遂行」(COO ; Conduction of Operations) システムを実践することである。

訳者註 15: : 本書では“Operational Discipline”を「運転規律」と訳し、“Operating Discipline”を「業務規律」と訳した。「運転規律」は主に運転員や保守要員などが手順書通りに作業を行うことを指しており、「業務規律」はより広い業務分野で正しく仕事を進めることを指している。

前述のように、会社には、企業のプロセス安全システム、ポリシー、基準、ガイドラインおよび設備を管理するすべての人に優れた OD を要求するリーダーシップを持たなければならない。このリーダーシップは、プロセス安全文化の継続的な改善努力のために十分なリソースを提供して、企業の安全文化を推進するものでなければならない。会社全体のすべての人が良い習慣を身につけ、常に正しい方法で仕事をするための教育プログラムがなければならない。COO と OD の関係に関する詳細情報は、文献[9][10][20]に記載されている。

6.3.2 運転規律がリスクに与える影響

運転規律のレベルが低いとリスクが高まる。運転規律がプロセス安全リスクに与える定性的な影響は、式 2 に示すように、式 1 を OD で割ることで表すことができる[21]。

$$\text{リスク (R)} = f \left\{ \frac{\text{頻度 (F)} \times \text{影響度 (C)}}{\text{運転規律 (OD)}} \right\} \quad \text{式 2}$$

シナリオのリスクに対する OD の影響を説明するために、例えば OD が 50%であることを表すのに 0.5 のような簡単な割合で表すとよい。例えば、担当者がその時、手順の半分しか守らない場合 (OD=0.5)、式 2 はリスクが **2 倍になることを示している**。運転規律の項なしで決定した「知覚された」リスク (式 1) は、運転規律の項を用いて計算した「実際の」リスク (式 2) を反映したものではない[21]。

リスク、頻度、結果の重大性、および運転規律の関係は、この章で述べた単純な定性的アプローチよりも複雑であることを認識していただきたい。しかし、全員が常に正しい方法で作業を行えば、OD は 100%となり、プロセス安全システムが守られ、防護層が適切に設計・維持されていれば、全体的な運転リスクは減少するはずである。この章の冒頭で述べたように、運転規律のレベルが低いと、プロセス安全上のリスクは高まる。プロセス安全リスクの増加は、より深刻なプロセス安全事故につながり、企業のプロセス安全パフォーマンスに悪影響を及ぼす可能性がある。このため、運転規律は、効果的なプロセス安全プログラムに不可欠な基本的プロセス安全基盤の 1 つと考えられている[20]。

6.4 防護層によるアプローチ

管理システムを防護層として視覚化する一つの方法は、図 6-3 に示すように、防護層を一連の壁と見なした構造図を用いることである[15] [20] [22] [23] [24]。安全システムが起動したり障害があったりする状態は、防護層のどれかに弱点や不具合が生じていることを示している。このような事故は、防護層が予防的であるか緩和的であるかにかかわらず、Tier3 のプロセス安全事故として特定することができる。図 6-3 の各防護層の「停止」標識として表されるこれらの工学的・管理制御の階層は以下のとおりである[20]。

1. **設計**：この工学的制御は、基本的なプロセス化学と設計に基づいている。プロセスの安全性情報は、プロセスを制御・監視するための計装の設計をはじめとして、安全なプロセス運転を確保するための防護層の設計に使用され、事故の引き金となる事象の可能性を最小限に抑えるのに役立っている。この防護層に本質安全設計の原理を用いることは、防護層を追加するニーズを減らすことに役立っている[25]。

予防的、緩和的防護層によるリスク管理:

2. **プロセス安全システム**：この管理的制御、プロセス安全システムおよびリスク管理システムは、危険な物質やエネルギーを取り扱う施設を安全に運転管理するように設計されている。プロセス安全プログラムが効果的であるための三つの基盤の一つであるプロセス安全システムには、ハザードの特定とリスク分析、機器と資産の健全性、変更管理、教育訓練、監査などのいくつかのエレメントが含まれる[7][9][20]。
3. **基本的なプロセス制御システム**：製品の品質確保とプロセスを安全に運転するために設計され、使用される工学的制御のことである。
4. **計装とアラーム**：通常、動作パラメーターの期待された範囲からの逸脱を検出するために設計された工学的制御のことである。一旦逸脱が検出されると、プロセスを安全な状態に維持するために、自動および/または人間の対応が求められる。これらの対応には、緊急停止やプロセスの安全なシャットダウンも含まれる。
5. **安全計装システム(SIS)**：これは独立した工学的制御で、一次封じ込めの失敗による事故 (LOPC) など危険な放出が発生する前の「最後の防衛線」として設計される。SIS の対応にも、緊急停止やプロセスの安全なシャットダウンが含まれる。
6. **能動的な工学的緩和制御¹⁶⁾**：この工学的制御は、危険な放出の影響を軽減または緩和する為のもので、圧力開放装置、フレア、スクラバーなどが含まれる。
7. **受動的な工学的緩和制御¹⁶⁾**：この工学的制御も、危険な放出の影響を軽減または緩和する為のもので、防液堤やキャッチタンクなどがある。
8. **緊急時対応**：緊急時対応システムは、危険な放出の影響を封じ込め、軽減し、緩和するために設計された工学的制御や管理的制御である。工学的制御には泡消火システムなどが、管理的制御には訓練を受けた社員や緊急時対応チームによる緊急時対応計画などが含まれる。緊急時の対応には 2 つの側面がある。1)内部：施設内の人的資源のみによる場合と、2)外部：社内および地域社会の人的資源による場合がある。

訳者註 16: 本書では“Active Control”を「能動的制御」、「Passive Control」を「受動的制御」と訳している。能動的制御は可動部を持ち、制御にあたり何か動くものであり、受動的制御には可動部が無く、その存在自体が危害の程度の抑制に役立つものである。

プロセスの安全リスクを効果的に管理するために設計・実施された対策が弱ければ、次の階層の防護層がリスクを引き受けることになる。一次封じ込めの失敗(LOPC)は、検出防護層が機能せず(バリア 3、4、5；図 6-3 の黄色)、緩和層(バリア 6、7；水色)が起動したときの事態である。この状況においては、事故の重大性が高くなるに従い、これらの防護層が次々破られると、死亡、負傷、環境被害、物的損害に対する緊急対応が必要な最悪のシナリオに繋がる可能性が生ずる。(図 6-3：赤色防護層 8)。

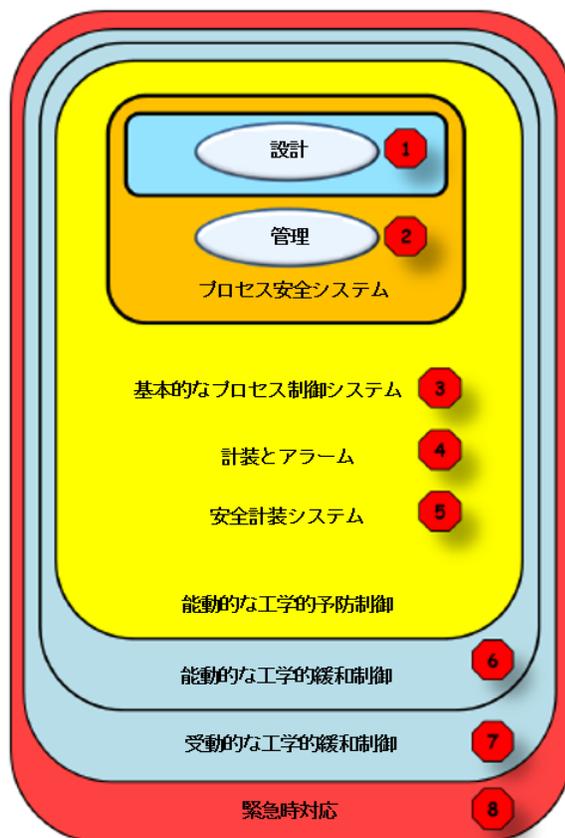


図 6-3 防護層の階層構造例 ([20]より引用)

図 1-1 の安全ピラミッドと図 6-2 のポウタイ図で示されているように、防護層の機能不全の連鎖は、Tier4 事故（すなわち、防護層 2 の機能不全）から始まり、Tier3 のニアミスイベント、Tier 2 PSE、そして Tier 1 PSE へとつながる。事故によって死亡、負傷、環境被害、物的損害、事業の中断などが発生した場合には、全ての場合において緊急時対応システムが発動される（防護層 8）。このため、防護層における全体的な弱点を調査するアプローチでは、マネジメントシステムの運用実績と運転規律に関連する Tier4 事象の指標を効果的に測定・監視することに重点を置いている（図 1-1）。

要約すると、全体的な脆弱性を伴いながら部分的脆弱性（図 6-3：橙色の防護層 2）から始まる事故の連鎖は、以下のようにつながっている。

- 1) スイスチーズモデル（図 6-1）で示されるように、工学的制御や管理的制御における穴や隙間—すなわち弱点—が事故につながる可能性がある。
- 2) 複数の「脅威のシナリオ」は、LOPC のような「頂上事象」につながる可能性がある。この対応として、図 6-2 のポウタイモデルに示されるように、予防的防護層と緩和的防護層にて管理する必要がある。更に、
- 3) 図 6-3 の防護層モデルに示されているように、ハザードを封じ込めている予防的・緩和的防護層（壁）は、当初から存在した部分的、全体的な弱点により一部が機能していない。

このため、Tier4 の先行指標を測定・監視することは、事故防止のために設計された工学的制御や管理的制御に悪影響を及ぼす可能性のある潜在的なシステムの弱点を把握するために役立つ。前述したように、企業が効果的なプロセス安全プ

プログラムを実施するためには、プロセス安全文化とリーダーシップ、運転規律、および有効なプロセス安全システムが必要である[20]。

6.5 リスクに基づくプロセス安全によるアプローチ

先行メトリクスが開発された管理システムは、図 6-4 に示される CCPS のリスクに基づくプロセス安全 (RBPS) モデルに基づいている。表 6-1 に示すように、これには 20 のエレメントを持つ 4 つのピラーから構成されている[9][26]。詳細については、CCPS ガイドラインおよび関連する Web ページ[5]を参照のこと。 <https://www.aiche.org/ccps/resources/rbps>

表 6-1 リスクに基づくプロセス安全 (RBPS) アプローチにおけるピラーとエレメント

ピラー		エレメント	
1	プロセス安全を誓う	1	プロセス安全文化
		2	規範の遵守
		3	プロセス安全能力
		4	従業員の参画
		5	利害関係者への良好な関係
2	ハザードとリスクの理解	6	プロセス知識管理
		7	ハザードの特定とリスク分析
3	リスク管理	8	運転手順
		9	安全な作業の実行
		10	設備資産の健全性と信頼性
		11	協力会社の管理
		12	訓練と能力保証
		13	変更管理
		14	運転準備
		15	操業の遂行
4	経験から学ぶ	16	緊急時の管理
		17	事故調査
		18	測定とメトリクス
		19	監査
		20	マネジメント・レビューと継続的な改善

(資料 [9]より)

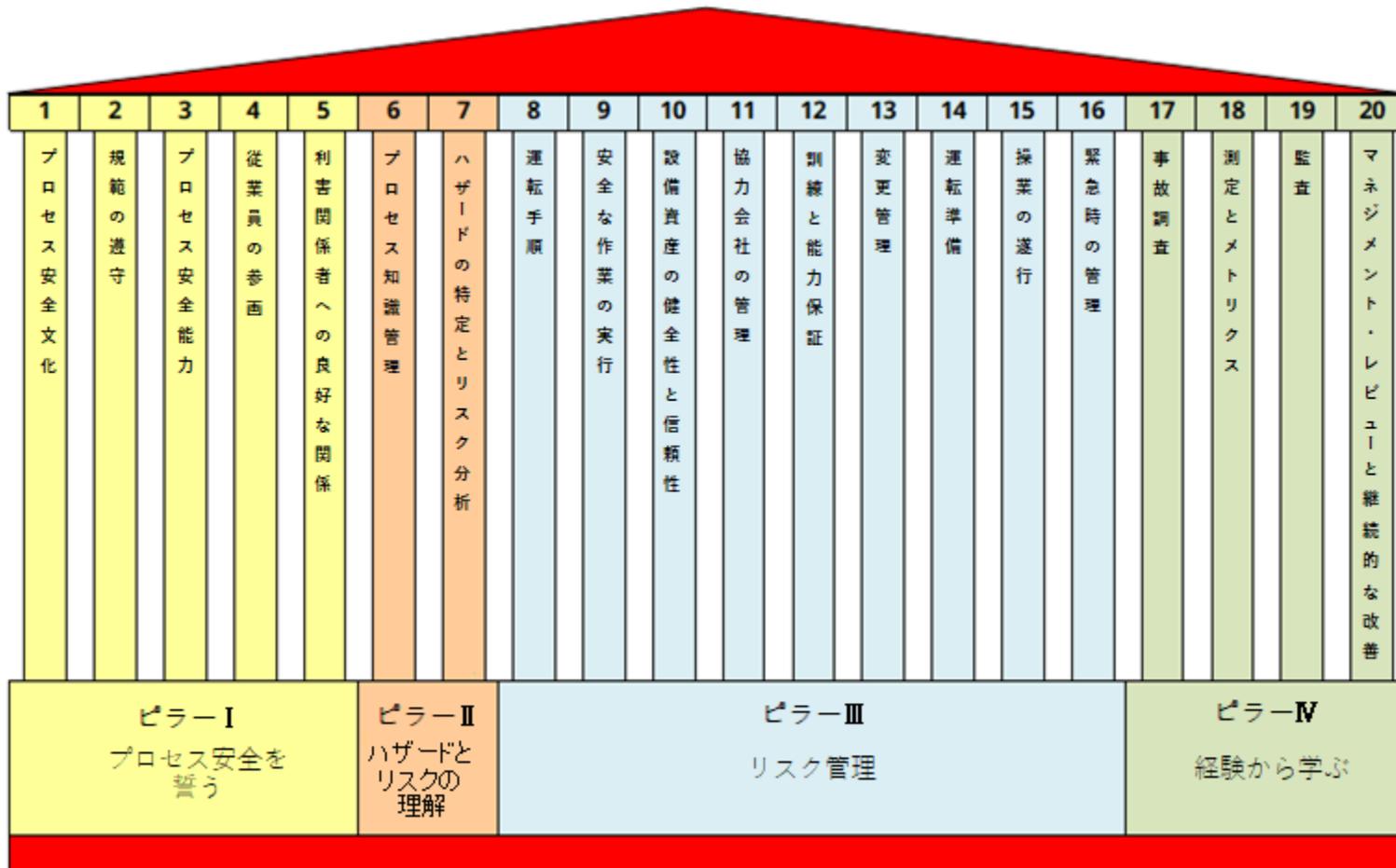


図 6-4 CCPS のリスクに基づくプロセス安全 (RBPS) モデル ([9]より)

6.5.1 ピラー「プロセス安全を誓う」の例

6.5.1.1 プロセス安全文化

プロセス産業内のプロセス安全文化の有効性を測定する仕組みは、ベイカーパネル(Baker Panel)レポートの付録Gにあるような安全文化調査を行うことである。この仕組みは、BP の米国製油所における安全文化の妥当性を判断するために用いられ、報告書全体を通じて論じられている[27][28]。

化学や石油処理のダウンストリーム分野では、「操業の遂行」または「安全文化調査」を用いることを検討すべきである[9][10][17]。匿名による安全文化調査を行うことにより、最善で、現実に即した、公正な結果を得ることができるであろう。プロセス安全文化の調査は企業に固有のものであり、その結果を会社間で簡単に比較（ベンチマーク）することはできないことに注意が必要である。結果に影響を与える多くの要因が存在するが、この調査は、会社の改善状況を長期にわたって監視することで、会社の利益のために使用することができる[17][29]。

6.5.2 ピラー「ハザードとリスクを理解する」の例

6.5.2.1 プロセスハザード分析 (PHAs)

$(\text{完全なプロセス安全知識 (情報) を用いて実施した PHA の文書化件数} / \text{実施した PHA の件数}) \times 100\%$

注意：プロセス知識（情報）の例として、HAZOP に用いられる正確で最新の配管計装図（P&ID）の文書が含まれる。

6.5.2.2 PHA の勧告事項

$(\text{PHA の勧告事項が遅延している件数} / (\text{PHA 勧告事項の総数})) \times 100\%$

6.5.2.3 設備配置のリスクアセスメント

$(\text{設備配置のリスクアセスメントを文書化した PHA の件数} / (\text{全 PHA 実施件数})) \times 100\%$

注意：全ての PHA が定量的な設備配置のリスクアセスメントを必要とするわけではないが、もしも事故の結果が工場の境界を越えて拡大するような場合には、工場の立地とレイアウトの調査が必須になるであろう[30]。

6.5.3 ピラー「リスクを管理する」の例

6.5.3.1 運転手順と保全手順

A. 最新かつ正確な手順

$(\text{年間に見直しまたは更新が行われた運転手順と保全手順の件数} / (\text{測定期間中に見直し/更新が必要な運転手順と保全手順の総数})) \times 100\%$

このメトリクスは、見直し/更新計画の進捗状況を測定するものである。この値が減少傾向にある場合は、手順を維持するために、より多くの注意と資源の投入が必要であることを示している可能性がある。

B. 明確、簡潔かつ必要な内容を示す手順

$(\text{内容が見直された運転手順と保全手順の件数} / (\text{運転手順と保全手順の総数})) \times 100\%$

このメトリクスは、明確、簡潔で効果的な運転手順および保全手順の作成の進捗状況を測定するものである。以下の項目に対処する手順書作成基準のチェックリストを作成する必要がある。

- 文書管理
- 明確で適切に順序付けられた実施手順
- 注意、警告、および留意事項
- 安全運転限界（Safe operating limits : SOLs）、限界値からの逸脱の結果、および SOLs 内にプロセスを維持するため実施すべき措置
- 運転の制約条件
- チェックリスト（必要に応じて）

C. 手順の信頼性

(手順が最新、正確かつ効果的であると信じている運転員や保全要員の数) / (手順に関わる運転員や保全要員の総数) × 100%

運転員や保全要員の意見調査の結果は、手順の正確さや有効性に対する変化を早めに示めている可能性がある。この調査によって、手順の更新に必要な時間、正確さ、および使いやすさに対する懸念を明らかにしなければならない。

6.5.3.2 設備資産の健全性

設備資産の健全性管理に関する詳細はガイダンスを参照のこと[31][32]。

A. (プラントの安全上重要なアイテムや機器の検査項目で測定期間中に予定通り完了した検査項目数) / (測定期間中に測定を完了すべきプラントの安全上重要なアイテムや機器の検査総数) × 100%

このメトリクスは、プラントの安全上重要なアイテムと機器が機能していることを確認するためのプロセス安全管理システムの有効性を測定する評価基準の一つである。

これには、プラントの安全上重要なアイテムや機器について計画された検査に対する実施件数のデータ収集も含まれる。

メトリクスの計算には以下のことが必要である。

- 検査作業の測定期間を明確にする。
- 測定期間中に計画された（検査完了期限が到達した）プラントの安全上重要なアイテムや機器の検査数を決定する。
- 測定期間中に完了したプラントの安全上重要なアイテムや機器の検査数を決定する。

前回の測定期間中に実施されなかった検査は、次回の測定期間に繰り越されるものと仮定する。

定義:

プラントの安全上重要なアイテムや機器: 危険な化学物質や保有エネルギーを安全に封じ込め、安全運転を継続するために重要な役割を持つプラントのアイテムと機器。これには通常、以下のようなプラント予防保守プログラムに含まれるアイテムが該当する。

- 圧力容器
- 貯蔵タンク
- 配管システム
- リリーフおよびベント装置
- ポンプ
- 計装
- 制御システム

- インターロックと緊急停止システム
- 緊急事態対応機器

B. (検査または故障の結果として特定された安全上重要なプラントまたは機器の項目が故障した状態でプラントが生産していた時間) / (プラントが生産していた時間) × 100%

これは、特定されたプロセス安全装置の故障がタイムリーに補修されていることを、安全管理システムによってどれだけ効果的に確実に実施できているかを測るメトリクスである。

6.5.3.3 プロセス安全の教育訓練と能力保証

教育訓練と能力保証に関する詳細は文献[33]を参照のこと。

A. プロセス安全管理 (PSM) 上重要な立場の人の教育訓練

(計画された PSM 教育訓練コースを期間内に完了した受講者の数) / (計画された PSM の教育訓練コースの受講者の総数) × 100%

定義:

PSM 上重要な立場: 重大な事故の防止と事故後の復旧に不可欠な諸手続きについて、キーとなる活動、業務、監督および責任を伴う工場内のすべての職位。

プロセス安全管理(PSM)の教育訓練コース: 重大な事故の防止と事故後の復旧に直接関わる分野のプロセス安全管理 (PSM) 上重要な職位にある人に対して、それに関する知識、スキルおよび能力を高めるように作成された特別な教育訓練。各個人が、報告対象期間中に複数の教育訓練コースを受講する場合があります、一つの教育プログラムには、複数の個別の教育訓練コースが含まれる場合がある (例えば、複数名が参加する教育訓練クラス)。

CCPS が作成した能力に関するガイドラインと能力調査の文献(付録 G: *The Process Safety Personnel Competency Survey [33]*) を参照して頂きたい。

B. 教育訓練の有効性評価

(計画された PSM の教育訓練コースを一回で合格した受講者の数) / (その期間内に計画された合格確認付き PSM 教育君ランコースの総数)

定義:

合格: 試験や能力評価において、教育訓練、試験、能力評価の全部または一部の繰り返しや、やり直しを求められない程度の成績であること。

合格確認付き教育訓練コース: 試験または能力評価により知識または技能を立証することが計画された PSM の教育訓練コース。

C. 手順や安全な作業慣行の不履行

(安全作業手順が全ては守られていないことが指摘された安全上重要なタスクの数) / (観察対象となった安全上重要なタスクの総数) × 100%

このメトリクスは、安全操作手順を有する安全上重要なタスクに対し、その手順のすべてが守られているかどうかを作業現場で観察し判断するために用いる。

6.5.3.4 変更管理

変更管理の詳細についてはガイダンス[34][35]を参照のこと。

A. サンプル検査の結果、サイトの変更管理 (MOC) 手順を全て満たした件数の割合

このメトリクスは、サイトの MOC 手順が如何に厳密に守られているかを測定するものである。ここには完了した変更管理文書の定期的な監査が必要である。監査を実施する手順は：

- 監査の範囲を決める：時間枠、頻度、および対象部門
- 適切で統計的に有意なサンプルサイズ¹⁷⁾を決定する。これは、母集団中の変更管理文書の総数に基づき、広く普及している表などを用いて決定することができる。
- 完了している変更管理文書を再審査する。これにはハザードレビュー（審査）などのバックアップ文書、操作説明書や P&ID などの最新のプロセス安全情報のような裏付け文書も含まれる

メトリクスの計算：

適切に実行された MOC の% = (適切に実行された MOC の数) / (MOC の総数) × 100%

訳者註 17: サンプルサイズは 1 回の標本抽出において調査する標本の数で、母集団比率とサンプルサイズからサンプリング誤差を示す早見表などが Web 上に公開されている。

B. 変更前にサイトの MOC 手順の適用が確認された変更の割合

このメトリクスは、ある部門やサイトが、(i) サイトの MOC 手順の適用が必要な変更をどの程度認識しているか、(ii) 変更を実施する前に実際にどの程度変更管理手順を適用しているかを測定するものである。

部門やサイトで実施された変更に対する定期的な監査と、どの変更が MOC の適用が必要であったかの判断をする必要がある。監査を実施する手順は：

- 監査の範囲を決める：期間と対象部門
- サイトの MOC 手順が定義する「変更」をベースに判断し、サイトの MOC 手順を省略した可能性のある変更のタイプを特定する（下記の定義を参照）
- MOC 手順を省略した変更を特定する。これは以下の方法で実施できる：
 - 保全作業指示書のレビュー
 - 建設プロジェクトや保全プロジェクトの文書のレビュー
 - 分散制御システム(DCS)のプログラミング変更のレビュー、および/または
 - 対象部門の従業員へのインタビュー

メトリックの計算：

MOC 手順を適用した変更の割合(%) = (MOC の件数) / (MOC の件数 + MOC を省略した変更の件数) × 100(%)

C. 別のアイデア

上記二つの MOC のメトリクスは、企業が MOC によって評価すべき変更がどれだけ正しく識別され、その特定した変更にどれだけ正しく MOC が実施されているかを、簡単に測定できる手段となっている。

企業が MOC 手順をどの程度正しく実施しているかのメトリクスの質を高めるアイデアの一つは、上記の MOC 手順を適用したかしなかったかによる評価よりも、ある MOC がどの程度正しく手順に従って実施したかを評点により格付けするシステムを取り入れることである。例えば、ある企業が、MOC の適切な完了に対して 25 の重要項目を設定し、評価対象の MOC がこれらのうち 20 項目を満足するならば、MOC の評点は 0.8 とする。多数

の MOC を監査することにより、監査したサンプル全体の平均的評点が得られる。さらに優れたアプローチをするならば、MOC の適切な完了に対するこの 25 の重要項目に重みづけをしてもよいであろう。

考慮すべきもう一つの考えとしては、変更に伴うハザード(危険性)を特定し、解決する上で、サイトの変更管理手順がどの程度効果的であるかを測ることである。その場合、次のことが考えられる:

変更後の再試運転またはスタートアップの際、プラントの変更に伴う安全上の問題が生じなかったスタートアップの割合

- 試運転(Recommissioning)とスタートアップ中に発生した安全上の問題も含め、スタートアップ作業の実時間記録を取り、その後、実施された変更に関わる根本原因がどこにあったかを特定することが必要である
- 装置やその一部のシャットダウンや再スタートを含み、完了した MOC に対する定期的な監査が必要である。監査を実施する手順は:
 - 監査の範囲を決める: 期間と対象部門
 - 変更を実施後の装置やその一部のスタートアップ回数を決定する
 - 試運転やスタートアップを行う間、設備点検(Checkout)後に、変更に伴う安全上の問題が発生したスタートアップ回数を特定する

メトリクスの計算:

変更後に安全にスタートアップした割合(%) = (試運転やスタートアップ中に変更に伴う安全上の問題が生じなかった変更後のスタートアップの件数) / (変更後のスタートアップの総数) × 100(%)

問題を複雑にしている要因は、変更に伴う問題は、プロセスが運転を再開した後でないと現れないということによる可能性がある。

定義:

変更管理審査を必要とする変更: サイトの MOC 手順では、この適用を必要とする変更のタイプを明確にしなければならない。通常、これには以下が含まれる:

- 機器や設備の変更、並びに装置のプロセス安全情報で定められた限界を外れる運転パラメーターの変更
- プロセス制御の変更
- 新たな化学物質の導入
- 化学品の仕様や納入業者の変更
- 建物の場所や占有パターンの変更¹⁸⁾
- 人員配置レベルや業務割り当てなどの組織上の問題

訳者註 18: 占有パターンの変更とは、利用方法の変更などに伴うレイアウトや収容人数の変更を意味している。

設備点検(Checkout)¹⁹⁾: 変更後、化学物質その他の危険な物質を導入する前に、システムの健全性を確認する段階。設備点検中に潜在的に危険な状態が特定され、事故を起こすことなく修正できる。

訳者註 19: 「空運転」「チョイ回し」などの作動点検もこれに含まれ、対象設備全体をチェックする。

試運転(Recommissioning)²⁰⁾: 設備点検後でスタートアップ前の、化学物質をシステムに導入し、圧力/温度が上昇するかもしれない段階。試運転中に確認された潜在的に危険な状態は、安全上または環境上の事故につながる可能性がある。

訳者註 20: 既存設備に対する試運転(commissioning)であるため、“re”が付くが、日本語では「再試運転」とは言わない為、「試運転」とした。

スタートアップ: 試運転後の生産運転を始める段階。スタートアップの間に確認された潜在的に危険な状態は、安全上または環境上の事故につながる可能性がある。

6.5.4 ピラー「経験から学ぶ」の例

6.5.4.1 実施項目のフォローアップ

(プロセス安全上の実施項目の中で、実施が遅延している項目数) / (完了期限が来た実施項目の総数) × 100%

このメトリクスは以下のように、特定の延滞項目を集約した一つのメトリクスとするものや複数の遅延項目ごとのメトリクスとして構成できる:

- (監査の指摘による実施項目のうち期限を過ぎた項目) / (監査の指摘による実施項目で、期限が来た項目の総数) × 100%
- (PHAの指摘による実施項目のうち、期限を過ぎた項目数) / (PHAの指摘による実施項目で、期限が来た項目の総数) × 100%
- (事故調査の指摘による実施項目のうち、期限を過ぎた項目数) / (事故調査の指摘による実施項目で、期限が来た項目の総数) × 100%
- (PHAの指摘による実施項目のうち、期限を過ぎた項目数) / (PHAの指摘による実施項目で、現在実施中または保留中の項目の総数) × 100%

定義:

期限が来た (Currently Due): 現在の日付までに終わっているべき項目

期限を過ぎた (Past Due): 実施中または保留中で、指定された完了日に終わっていない項目

6.6 ヒューマンファクター

プロセスリスクを管理するための機器やシステムを設計し管理するとき、ヒューマンファクターを考慮することは不可欠なことである[36][37][38]。ヒューマンファクターの研究は、主に作業環境における人と機器、システム、および情報との間の相互作用に関するものである。ヒューマンファクター分析は、プロセスの運転や関連する機器・システムの保守を行う際に潜在的な人間のパフォーマンスを考えると発生の可能性のある状況を特定しこれを回避することに焦点を当てている。ヒューマンファクターの定義は以下のとおりである[12]。

ヒューマンファクター: 人間の能力、限界、およびニーズに適合するように、機械、運転方法、作業環境などを設計することに関する分野である。マンマシンシステムのヒューマンファクターに関連するあらゆる技術的な作業（エンジニアリング、手順書作成、作業者の教育訓練、作業者の選定など）が含まれる。

プロセス安全監査から得られる、利用可能なヒューマンファクターに関係するいくつかのメトリクスとして、次のような例が含まれる[11]:

ハザードの特定とリスクアセスメント (HIRA)

(ヒューマンファクターに対応した HIRA の件数) / (HIRA の総数) × 100%.

プロセスハザード分析 (PHAs)

(ヒューマンファクターに対応した PHA の件数) / (PHA の総数) × 100%

ヒューマンファクター研究の一側面として、疲労リスクの管理がある。これについては文献[39]に詳しく書かれている。利用可能ないくつかのメトリクスは以下のとおりである。

疲労リスク教育

(疲労の影響を受ける従業員のうち、疲労の原因、リスク、および潜在的な影響について教育を受けた従業員の人数) / (疲労の影響を受ける従業員の総数) × 100%

疲労リスクの教育は、疲労の影響を受けるすべての従業員に、睡眠、睡眠障害、覚醒、概日リズム、および疲労生理学の基本的な科学的原則を理解させる必要がある。この情報は、本人や同僚、監督・管理する部下の疲労リスクを特定し、これを低減するのに役立つだろう。またこの教育内容は、家族とも共有できるようにアクセスし利用可能な注意喚起情報を提供する必要がある。

残業の割合 (中央値、平均、上位 10%)

(残業時間数) / (測定期間中の一人当たりの標準作業時間の総数) × 100%

シフト延長回数

測定期間中の一人当たりのシフト延長回数

シフト延長とは、従業員が規定通りに計画されたシフト時間を延長したり、他のシフトに入ったりすることを割り当てられた時間のことである。シフト延長には、教育訓練、安全会議などに参加するための延長を含み、通常のシフト引継ぎに要する時間は含まない。

参考文献

- [1] CCPS, "Process Safety Metrics: Guide for Selecting Leading and Lagging Indicators, Version 4.1," Center for Chemical Process Safety, New York, NY USA, 2022.
- [2] API, "Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries, Edition 3.0, ANSI API RP 754," American Petroleum Institute, www.api.org, 2022.
- [3] Center for Chemical Process Safety (CCPS), *Process Safety Metrics*, www.aiche.org/ccps/process-safety-metrics, 2022.
- [4] Reference Removed, *Citation not applicable in this edition*, 2022.
- [5] Center for Chemical Process Safety, *CCPS Homepage*, www.aiche.org/ccps, 2022.
- [6] CCPS, *Guidelines for Process Safety Metrics*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2009.
- [7] CCPS, *Guidelines for Integrating Management Systems and Metrics to Improve Process Safety Performance*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2016.
- [8] A. Hopkins, "Thinking about Process Safety Metrics," *Safety Science*, vol. 47, no. 4, 2009.
- [9] CCPS, *Guidelines for Risk Based Process Safety (RBPS)*, Hoboken, NJ USA, NY: John Wiley and Sons, 2007.
- [10] CCPS, *Conduct of Operations and Operational Discipline*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2011.
- [11] CCPS, *Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2011.
- [12] Center for Chemical Process Safety, "CCPS Process Safety Glossary," Center for Chemical Process Safety, 2022. [Online]. Available: www.aiche.org/ccps/resources/glossary.
- [13] CCPS, *Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs in the Process Industries*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2012.
- [14] J. A. Klein, "The ChE as Sherlock Holmes: Investigating Process Safety Incidents," *Chemical Engineering Progress*, vol. 112, no. 12, pp. 28-34, 2016.
- [15] B. K. Vaughn and K. Bloch, "Use the Bow Tie Diagram to Help Reduce Process Safety Risks," *Chemical Engineering Progress*, vol. 112, no. 12, pp. 30-36, 2016.
- [16] CCPS and the Energy Institute, *Bow Ties in Risk Management: A Concept Book for Process Safety*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2018.
- [17] CCPS, *Essential Practices for Creating, Strengthening, and Sustaining Process Safety Culture*, Hoboken, NY USA: John Wiley & Sons, 2018.
- [18] J. Reason, *Human Error*, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990.
- [19] J. Reason, *Managing the Risks of Organizational Accidents*, <https://www.routledge.com>: Routledge, Taylor & Francis Group, 1997.
- [20] J. A. Klein and B. K. Vaughn, *Process Safety: Key Concepts and Practical Approaches*, Boca Raton, FL USA: CRC Press, 2017.
- [21] J. A. Klein and B. K. Vaughn, "A Revised Program for Operational Discipline," *Process Safety Progress*, vol. 27, pp. 58-65, 2008.

- [22] R. F. Blanco, "Understanding Hazards, Consequences, LOPA, SILs, PFD, and RRFs as Related to Risk and Hazard Management," *Process Safety Progress*, vol. 33, no. 3, pp. 208-216, 2014.
- [23] CCPS, *Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes, Second Edition*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2017.
- [24] R. F. Waseleski, "Think Facility, Act on Integrity," *Process Safety Progress*, vol. 36, pp. 264-272, 2017.
- [25] CCPS, *Guidelines for Inherently Safer Designs, 3rd Edition*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2020.
- [26] CCPS, *Guidelines for Implementing Process Safety Management*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2009.
- [27] J. A. Baker, F. L. Bowman, G. Erwin, S. Gorton, D. Hendershot, N. Leveson, S. Priest, I. Rosenthal, P. Tebo, L. D. Wilson and D. A. Wiegmann, "The Report of the BP US Refineries Independent Safety Review Panel," The Baker Panel Report, www.csb.gov, 2007.
- [28] CSB, "Refinery Explosion and Fire, Report 2005-04-I-TX," US Chemical Safety Board, Washington, D.C. USA.
- [29] CCPS, *Vision 20/20*, www.aiche.org/ccps: Center for Chemical Process Safety, 2021.
- [30] CCPS, *Guidelines for Siting and Layout of Facilities*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2018.
- [31] CCPS, *Guidelines for Asset Integrity Management*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2017.
- [32] CCPS, *Dealing with Aging Process Facilities And Infrastructure*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2018.
- [33] CCPS, *Guidelines for Defining Process Safety Competency Requirements*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2015.
- [34] CCPS, *Guidelines for Managing Process Safety Risks During Organizational Change*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2013.
- [35] CCPS, *Guidelines for the Management of Change for Process Safety*, Hoboken, NJ USA: John Wiley & Sons, 2008.
- [36] CCPS, *Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2004.
- [37] CCPS, *Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2006.
- [38] CCPS, *Human Factors Handbook for Process Plant Operations: A Guide for Improving Process Safety and System Performance*, Hoboken, NJ USA: John Wiley and Sons, 2022.
- [39] API, "Fatigue Risk Management Systems for Personnel in the Refining and Petrochemical Industries, Second Edition, API RP 755," American Petroleum Institute, www.api.org, 2019.
- [40] US OSHA, *Medical and First Aid: What is First Aid?*, Washington, D.C., www.osha.gov: US Occupational Safety and Health Administration, 2021.
- [41] UNECE, *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), Rev. 9*, unece.org: The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2021.
- [42] ISO, "ISO 10156:2010(en) Third Edition, Gases and gas mixtures--Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets," ISO, Geneva, Switzerland, 2010.
- [43] API, "Standard 521, Pressure-relieving and Depressuring Systems, 7th Edition," American Petroleum Institute, api.org, 2020.
- [44] U.S. Department of Transportation (DOT), *49 CFR 173.2a - Classification of a material having more than one hazard*, www.govinfo.gov: United States Government Publishing Office (GPO), 2011.

- [45] UNECE, *UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations (Rev. 21)*, www.unece.org: The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2019.
- [46] T. J. Hansen and D. A. Cowl, "Estimation of the Flammability Zone Boundaries for Flammable Gases," *Process Safety Progress*, vol. 29, no. 4, pp. 209-215, 2009.
- [47] CCPS, *Process Safety Incident Database (PSID)*, New York, NY: www.aiche.org/ccps, 2022.

付録 A Tier 1 と Tier 2 の放出しきい値表

表 A-1 放出量のしきい値 (TIH, U.S. DOT, UNDG)

放出しきい値の分類	物質危険性分類	Tier 1		Tier 2	
		しきい値 (室外)	しきい値 (室内)	しきい値 (室外)	しきい値 (室内)
TRC-1	吸入毒性の危険(TIH ²¹) ゾーン A 物質	≥5kg (11 lb)	≥0.5kg (1.1 lb)	≥0.5kg (1.1 lb)	≥0.25kg (0.55 lb)
TRC-2	吸入毒性の危険(TIH) ゾーン B 物質	≥25kg (55 lb)	≥2.5kg (5.5 lb)	≥2.5kg (5.5 lb)	≥1.25kg (2.75 lb)
TRC-3	吸入毒性の危険(TIH) ゾーン C 物質	≥100kg (220 lb)	≥10kg (22 lb)	≥10kg (22 lb)	≥5kg (11 lb)
TRC-4	吸入毒性の危険(TIH) ゾーン D 物質	≥200kg (440 lb)	≥20kg (44 lb)	≥20kg (44 lb)	≥10kg (22 lb)
TRC-5	引火性ガス 初溜点が35°C(95°F) 以下で、引火点が23°C(73°F)未満の液体	≥500kg (1100 lb)	≥50kg (110 lb)	≥50kg (110 lb)	≥25kg (55 lb)
	容器等級 I のその他の物質 (酸/塩基を除き国連危険物の分類1, 2.2, 4.2, 4.3, 7及び9の物質を除く)				
TRC-6	初溜点が35°C(95°F)を超え、引火点が23°C(73°F)未満の液体 API比重15以上の原油 (実際の引火点が不明な場合)	≥1000kg (2200 lb)	≥100kg (220 lb)	≥100kg (220 lb)	≥50kg (110 lb)
	容器等級 II のその他の物質 (酸/塩基を除き国連危険物の分類1, 2.2, 4.2, 4.3, 7及び9の物質を除く)	or ≥7 oil bbl	or ≥0.7 oil bbl	or ≥0.7 oil bbl	or ≥0.35 oil bbl

表 A-1 (続) 放出量のしきい値 (TIH, U.S. DOT, UNDG)

放出しきい値の分類	物質危険性分類	Tier 1		Tier 2	
		しきい値 (室外)	しきい値 (室内)	しきい値 (室外)	しきい値 (室内)
TRC-7	引火点が23°C(73°F)以上で、60°C(140°F)以下の液体	≥1000kg (2200 lb) or ≥7 oil bbl			
	引火点以上の温度で放出される引火点が60°C(140°F)を超える液体				
	API比重15未満の原油 (実際の引火点が不明な場合)				
	空気を除く国連危険物の分類2, 2.2 (非引火性、非毒性ガス)				
	容器等級IIIのその他の物質 (酸/塩基を除き国連危険物の分類1, 2.2, 4.2, 4.3, 7及び9の物質を除く)				
TRC-8	引火点未満の温度で放出される引火点が60°C(140°F)を超え、93°C(200°F)以下の液体	該当なし	該当なし	≥1000kg (2200 lb) or ≥7 oil bbl	≥1000kg (2200 lb) or ≥7 oil bbl
	強酸/強塩基 (用語集参照)				

訳者註 21: TIH = Toxic Inhalation Hazard (吸入毒性の危険) : 吸入すると人体に有毒であると推定されるガスまたは揮発性液体。ゾーンの定義については DOT 49CFR 173.116, 173.132, または UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods を参照

TIH ゾーン A: ガス: LC50 (半数致死濃度) が 200 ppm 以下

液体: 飽和蒸気濃度 V が 500 LC50 以上かつ LC50 が 200 ppm 以下

Br, HCN, MIC, ホスゲン、ニッケルカルボニルなど

TIH ゾーン B: ガス: LC50 が 200 ppm を越え 1000 ppm 以下

液体: V が 10 LC50 以上かつ LC50 が 1000 ppm 以下かつゾーン A の基準を満たさないもの

BF3, H2S, 塩素、赤色発煙硝酸など

TIH ゾーン C: ガス : LC50 が 1000 ppm を越え 3000 ppm 以下

HCl, HF, SO2

TIH ゾーン D: ガス : LC50 が 3000 ppm を越え 5000 ppm 以下.

NH3, CO, エチレンオキシドなど

表 A-2 放出量のしきい値 (GHS)

放出 しきい値 の分類	物質危険性分類	Tier 1		Tier 2	
		しきい値 (室外)	しきい値 (室内)	しきい値 (室外)	しきい値 (室内)
TRC-1	H330 吸入すると生命に危険, 急性毒性, 吸入 (3.1 章)(区分 1)	≥5kg (11 lb)	≥0.5kg (1.1 lb)	≥0.5kg (1.1 lb)	≥0.25kg (0.55 lb)
TRC-2	H330 吸入すると生命に危険, 急性毒性, 吸入 (3.1 章)(区分 2)	≥25kg (55 lb)	≥2.5kg (5.5 lb)	≥2.5kg (5.5 lb)	≥1.25kg (2.75 lb)
TRC-3	H331 吸入すると有毒, 急性毒性, 吸入 (3.1 章)(区分 3)	≥100kg (220 lb)	≥10kg (22 lb)	≥10kg (22 lb)	≥5kg (11 lb)
TRC-4	H332 吸入すると有害, 急性毒性, 吸入 (3.1 章)(区分 4)	≥200kg (440 lb)	≥20kg (44 lb)	≥20kg (44 lb)	≥10kg (22 lb)
TRC-5	H220 極めて可燃性の高いガス, 可燃性ガス (2.2 章)(区分 1A)	≥500kg (1100 lb)	≥50kg (110 lb)	≥50kg (110 lb)	≥25kg (55 lb)
	H221 可燃性ガス, 可燃性ガス (2.2 章)(区分 1B, 2)				
	H224 極めて引火性の高い液体及び蒸気, 引火性液体 (2.6 章)(区分 1)				
	H228 可燃性固体, 可燃性固体 (2.7 章)(区分 1, 2)				
	H230 空気が無くても爆発的に反応するおそれ, 可燃性ガス (2.2 章)(区分 1A, 化学的に不安定な ガス A)				
	H231 圧力及び/または温度が上昇した場合、空 気が無くても爆発的に反応するおそれ, 可燃性ガス (2.2 章)(区分 1A, 化学的に不安定な ガス B)				
	H232 空気に触れると自然発火のおそれ,可燃性 ガス (2.2 章)(区分 1A, 自然発火性ガス)				
	H250 空気に触れると自然発火, 自然発火性液体 (2.9 章)(区分 1), 自然発火性固体 (2.10 章)(区分 1)				
H310 皮膚に接触すると生命に危険, 急性毒性、経皮 (3.1 章)(区分 1)					

表 A-2 (続) 放出量のしきい値 (GHS)

放出 しきい値 の分類	物質危険性分類	Tier 1		Tier 2	
		しきい値 (室外)	しきい値 (室内)	しきい値 (室外)	しきい値 (室内)
TRC-6	H225 引火性の高い液体及び蒸気, 引火性液体 (2.6 章)(区分 2)	≥1000kg (2200 lb) or ≥7 oil bbl	≥100kg (220 lb) or ≥0.7 oil bbl	≥100kg (220 lb) or ≥0.7 oil bbl	≥50kg (110 lb) or ≥0.35 oil bbl
	API比重15以上の原油 (実際の引火点が不明な場合)				
	H240 熱すると爆発のおそれ, 自己反応性化学品 (2.8 章)(タイプA) 有機過酸化物 (2.15 章)(タイプA)				
	H241 熱すると火災または爆発のおそれ, 自己反応性化学品 (2.8 章)(タイプB) 有機過酸化物 (2.15 章)(タイプB)				
	H242 熱すると火災のおそれ, 自己反応性化学品 (2.8 章)(タイプC~F) 有機過酸化物 (2.15 章)(タイプC~F)				
	H271 火災または爆発のおそれ; 強酸化性物質, 酸化性液体 (2.13 章)(区分 1) 酸化性固体 (2.14 章)(区分 1)				
	H310 皮膚に接触すると生命に危険, 急性毒性、経皮 (3.1 章)(区分 2)				
TRC-7	H226 引火性の液体および蒸気, 引火性液体 (2.6 章)(区分 3)	≥2000kg (4400 lb) or ≥14 oil bbl	≥200kg (440 lb) or ≥1.4 oil bbl	≥200kg (440 lb) or ≥1.4 oil bbl	≥100kg (220 lb) or ≥0.7 oil bbl
	H227 可燃性液体, 引火性液体(2.6 章)(区分 4) [**引火点以上の温度で放出**]				
	引火点以上の温度で放出される 引火点が93°C(200°F)を超える液体				
	API比重15未満の原油 (実際の引火点が不明な場合)				
	H270 発火または火災助長のおそれ; 酸化性物 質,酸化性ガス (2.4 章)(区分 1)				
	空気を除く国連危険物の分類2, 2.2 (非引火性、非毒性ガス)				
	H272 火災助長のおそれ; 酸化性物質, 酸化性液体 (2.13 章)(区分 2, 3) 酸化性固体 (2.14 章)(区分 2, 3)				
H311 皮膚に接触すると有毒, 急性毒性、経皮 (3.1 章)(区分 3)					

表 A-2 (続) 放出量のしきい値 (GHS)

放出 しきい値 の分類	物質危険性分類	Tier 1		Tier 2	
		しきい値 (室外)	しきい値 (室内)	しきい値 (室外)	しきい値 (室内)
TRC-8	H227 可燃性液体, 引火性液体 (2.6 章)(区分 4) [**引火点未満の温度で放出**]	該当なし	該当なし	≥1000kg (2200 lb) or ≥7 oil bbl	≥1000kg (2200 lb) or ≥7 oil bbl
	H314 重篤な皮膚の薬傷, 皮膚腐食性/刺激性 (3.2 章)(区分 1A)				
	H370 臓器の障害, 特定標的臓器毒性-単回ばく露(3.8 章)(区分 1)				

付録 B 用語の解説と定義

表 B-1 用語の解説と定義

用語	定義
アクシデント (事故) <i>Accident</i>	望ましくない結果に至る、意図しない事象や意図しない連続した事象 (訳者註 22 : " Incident" よりも結果が重大なイメージがあるが明確な区別はなく、本書では「事故」と訳されている)
荷降ろし待機 <i>Active Staging</i>	荷降ろしの遅延の理由が、荷降ろし工程の物理的な制約 (たとえば、荷降ろし場の数) もしくは労働力の確保の問題 (たとえば、日中の時間だけの荷降ろし、月曜日から金曜日のみの荷降ろし) のみによるもので、プロセス内で利用可能な容量による制限ではない場合のトラックや鉄道車両が荷降ろしを待っている状態。荷降ろし待機は輸送過程の一部である。 プロセス内で利用できる容量が制約となって、荷降ろしを待っているトラックや鉄道車両は現場の貯蔵所と見なされる。
アクティブな倉庫 <i>Active Warehouse</i>	プロセスで使用や製造される原料や中間品、最終製品を保管する構内の倉庫 [2]. 製造プロセスの視点では、アクティブな倉庫とはバルク貯蔵タンクなどが該当する。原料や中間品、最終製品は、単一の大きなコンテナに保管するよりも、むしろ複数の小さな容器 (たとえば、トートビンなどの運搬容器、ドラム缶、ペール缶など) に保管されている。 (訳者註 23 : 生産に関与し、常時保管品が回転している倉庫。長期保管は行わないことが原則。)
補助機器 <i>Ancillary equipment</i>	プロセス機器の目的および機能をサポートするために必要な機器 (例 : 潤滑システム、プロセスシール用の流体、添加剤注入器、油圧または空気圧アクチュエータ、サンプル容器など)
バリア <i>Barrier</i>	エネルギーの流れを制御したり、妨げたり、遅らせたりするのに使われるもの全てのもの。工学的 (設備・機器の設計) と管理的 (手順や作業工程) なものを含む。
ボウタイモデル <i>Bow Tie Model</i>	さまざまな脅威がどのようにハザードの制御の失敗に導き、その不安全な状態が多くの望ましくない結果に発展する可能性を示すリスクに関する図である。この図には、実施されているすべてのバリアとその劣化防止対策が記されている。
事故の結果 (事故の重大性) <i>Consequence</i>	一般的に、火災、爆発、有毒物質の放出を含む一連の事故による、直接的で望ましくない結果。事故の結果の記述は、事故の影響に関する定性的もしくは定量的なものになる。 (訳者註 24 : 事故により生じた被害の規模や影響を含む事故の結果)
封じ込め <i>Containment</i>	化学設備とその周囲環境との間で、反応物や生産物が行き来しない状態であること。
封じ込め、一次 <i>Containment, primary</i>	通常、物質の貯蔵、分離、処理、または移送の目的で、物質をその内部に保持するように設計されたタンク、容器、配管、トラック、鉄道車両、またはその他の装置 一次封じ込めには、処理物質が大気にさらされないような圧力境界を持つ閉鎖系も含まれる。圧力境界がある場合、液体や蒸気は回収または制御され、物質が直接大気に触れることはない。例 : 密閉式排水・回収システム、緊急排出システム、二重壁タンクなど。

用語	定義
<p>直接費 Direct Cost [2]</p>	<p>火災・爆発による直接費には、以下の材料費および人件費が含まれる。 (1) プロセスおよびプロセス外の機器、有形の公共または私有財産の修理、交換または復旧（完了の有無を問わない）。 (2) 事後のクリーンアップ。 (3) 物品の廃棄 (4) サイト外の環境に影響を与える火災/爆発緊急対応活動に伴う短期的な清掃および物質の廃棄（例：消火用泡/水の流出）</p> <p>直接費には、以下の費用は含まれない。 (1) 緊急対応要員、機器、材料、および事象または緊急対応によって生じた付随的な損害を管理するために利用される物資。 (2) 損害の程度または必要な修理を決定するためのエンジニアリングまたは検査の評価作業。 (3) 材料または技術に対するアップグレード。 (4) 当該者が所有するプロセス機器およびプロセス外機器の機能または性能に影響を与えない表面的または化粧品的な損害。 (5) 事業機会の損失、事業の中断、罰金、原料・製品損失等の間接費用。 (6) 機器の停止による利益の損失、仮設備の取得または運用のための費用、または (7) 顧客の需要に対応するための代替製品の入手費用</p> <p>直接費には、火災または爆発によってそれ以上の損害がない場合、LOPC に至る故障したコンポーネントの修理または交換の費用は含まれない。直接費には、内部または外部の火災や爆発によって故障した場合、LOPCにつながる故障したコンポーネントの修理または交換にかかる費用を含む。</p>
<p>機器 Equipment</p>	<p>その内部が機械的、電気的、計装的な構成要素で定義される一つのハードウェア</p>
<p>機器信頼性 Equipment Reliability</p>	<p>指定された環境条件下でプロセス設備を運転するとき、指定された暴露期間中に、意図された機能を適切に発揮する確率</p>
<p>事象(事故) Event</p>	<p>機器の性能や人間の行動、プロセスの外部からの作用によって引き起こされたプロセスに影響を与える出来事 (訳者註 25：事故を含む事象であり、本書では「事故」と訳している箇所もある)</p>
<p>爆発 Explosion</p>	<p>圧力の不連続や爆風を引き起こすエネルギーの放出</p>
<p>爆発性物質 Explosive</p>	<p>急な衝撃や圧力、高温にさらされたとき、ほぼ瞬間的に圧力やガス、熱を放出する化学物質</p>
<p>設備 Facility</p>	<p>プロセス内にある建屋、コンテナや機器 [2].</p>
<p>失敗 Failure</p>	<p>期待された結果と観測された結果との間に許容できない差がある場合 (訳者註 26：設備等の破損や故障もこれに含まれる)</p>
<p>火災 Fire</p>	<p>熱と光と炎とを発生する燃焼反応</p>
<p>応急手当 First Aid</p>	<p>応急手当は、通常、けがが発生した直後に、発生した場所で行われる医療処置のことである。多くの場合、1 回限りの短期間の治療で構成され、手当てするための技術や訓練はほとんど必要ない[40]。 注：応急手当には、軽い切り傷、擦り傷、引っかき傷の洗浄、軽い火傷の治療、包帯やドレッシングの適用、非処方薬の使用、水疱の排出、目のゴミの除去、マッサージ、熱ストレスを緩和するための水分摂取が含まれる。</p>

用語	定義
引火性 <i>Flammable</i>	ガス状の酸化剤（空気や塩素など）を混合して、点火すると炎を伴い燃焼する気体の性質。引火性ガスには、引火点以上の引火性液体や可燃性 (combustible) 液体から発生する蒸気を含む。 (訳者註 27：日本の消防法とは、区別の仕方が異なるので注意が必要)
頻度 <i>Frequency</i>	ある事象が単位時間に発生する回数 (たとえば、1000年に1回 = 1 x 10 ⁻³ 回/年)
ハザード <i>Hazard</i>	人や資産、環境にダメージを与える可能性のある固有の化学的または物理的特性。本書では、危険な物質、運転環境、事故に至る可能性がある意図しない出来事との組み合わせ。
危険な物質 <i>Hazardous Material</i>	広義には、人の健康や安全、または環境に有害な影響を与え得る性質を持った物質やそれらの混合物。引火点や沸点に関連する火災の問題を越える危険を及ぼす物質。これらの危険は、毒性、反応性、不安定性、または腐食性から生じる可能性があるが、これらに限定されない。 (訳者註 28：消防法上の「危険物」と区別するため、敢えて「危険な物質」と訳している)
事故 <i>Incident</i>	人に危害を加えたり、環境にダメージを及ぼしたり、設備資産や事業に損失を与えるような、一つ以上の望ましくない重大な結果に至る事象やその連続。 本書ではアクシデント (Accident) を表している。 (訳者註 29：ニアミスなど実害がない場合も、可能性があれば ” Incident ” と見なされることがある)。
指標 <i>Indicator</i>	何かの状態や程度についての情報を提供する測定値、特に傾向や事実。
屋内放出 <i>Indoor Release</i>	4つの壁、床、屋根で構成される構造物内での放出[2]。 注：屋内での放出による可能性のある結果は、混雑、閉じ込め、人員の近接、および出口の制限に関連するハザードのために拡大される。ドアや窓の開放、動力または自然換気システムは、屋内の定義を変更するものではない。
遅行指標 <i>Lagging Indicator</i>	結果に注目して既に発生した事象を測定する、過去訴求型の測定指標で、潜在的な再発の問題点を指摘するものである。
遅行メトリクス <i>Lagging Metric</i>	設定されたしきい値の強度 (Severity) を満たす事故に対する、過去訴求型の一連のメトリクス
先行指標 <i>Leading Indicator</i>	重要な業務の遂行や運転規律、事故を防ぐための防護層の能力を測定して、将来に備えるための指標
先行メトリクス <i>Leading Metric</i>	重要な業務の遂行や規則の運用、事故を防ぐ防護層の能力を測定する、将来に備えるための一連のメトリクス
確度 (発生確率) <i>Likelihood</i>	ある事象が発生する期待値や発生頻度を表す尺度。事象の発生頻度 (例：事象数/year)、ある時間間隔で発生する確率 (例：年間確率)、条件付確率 (例：前兆の事象が発生したという条件での発生確率)
一次封じ込めの失敗 (LOPC) <i>Loss of Primary Containment (LOPC)</i>	毒性や引火性がない物質 (蒸気、高温復水、温水、窒素、圧縮二酸化炭素、圧縮空気など) を含むあらゆる物質の、一次封じ込めからの計画外または制御不能な放出。 注：物質の放出の持続時間は、放出の始まりから放出の封じ込めまたは緩和までではなく、放出の始まりから放出の終わりまでで評価される。

用語	定義
物質 Material	化学的性質（例：引火性、毒性、腐食性、反応性、窒息性）または物理的性質（例：熱、圧力）により、危害を及ぼす可能性がある物質。
メトリクス Metric	何かを測定する方法、または、その測定値から得られる結果 (訳者註 30: 「メトリクス」 Metrics は Metric の複数系であるが本書では Metric も日本語として定着している「メトリクス」に統一している)
緩和 Mitigation	事故事象の発生の確度を低減することにより予防的に、また事象の大きさおよび/または地域住民やその資産への暴露を低減することにより保護的に発生源に作用することで、一連の事故のリスクを低減すること
中程度の酸/塩基 Moderate acids / bases	化学品の分類および表示に関する世界調和システム (GHS) の皮膚腐食性区分 1B [41] の物質、または pH \geq 1 かつ <2、または pH>11.5 かつ \leq 12.5 である物質。分類にはどちらの定義も使用することができる。GHS の定義の方が皮膚腐食性区分の精度が高いと考えられるが、この測定の可否により、使用できない場合もある。 注: GHS 皮膚腐食性区分 1B [41]は、皮膚組織の破壊、すなわち、3 分を越え 1 時間以下の曝露及び 14 日間以下の観察により、少なくとも 1 匹の動物で表皮から真皮への可視壊死を引き起こす物質と定義されている。
公式発表された Officially Declared	地域社会の行動（シェルターインプレイス、避難など）を命令する権限を持つ地域社会の公職者（消防、警察、民間防衛組織、緊急管理組織など）またはその代理人（会社役員など）による宣言[2]
ニアミス事故 Near Miss Incident	僅かな状況の違いで、人への危害、資産・設備あるいは環境に対し損害を与えたり、プロセスの損失をもたらしたかもしれない望ましくない事象 安全システムへのチャレンジは以下の様に分類される： ● 安全システムに対する作動要求（圧力開放装置、安全計装システム、機械的なシャットダウンシステム） ● 一次封じ込め設備・機器の点検や各種テストにて結果が許容限界を超えた場合。または、 ● プロセスの正常範囲からのズレや 大幅な逸脱
予防 Prevention	特定の活動に関連するハザードやリスクを除去または防止するプロセス。望ましくない事象の発生確度を減らすために予め取られる対策を指して「予防」が用いられることもある。
一次封じ込め(設備) Primary Containment	通常、物質の貯蔵、分離、処理、または移送の目的で、物質をその内部に保持するように設計されたタンク、容器、配管、トラック、鉄道車両、またはその他の装置 一次封じ込めには、処理物質が大気にさらされないような圧力境界を持つ閉鎖系も含まれる。圧力境界がある場合、液体や蒸気は回収または制御され、物質が直接大気に触れることはない。例：密閉式排水・回収システム、緊急排出システム、二重壁タンクなど。
プロセス- 石油化学 Process - Petrochemical	反応器、タンク、配管、ボイラー、冷却塔、冷凍機など、石油化学製品の生産に必要な設備や技術を広く含む用語（CCPS[5]）。
プロセス- 石油化学および石油 精製 Process - Petrochemical and Petroleum Refining	石油化学製品および石油精製製品の製造に使用される生産、流通、貯蔵、ユーティリティ、またはパイロットプラント設備。これには、プロセス機器（例：反応器、容器、配管、炉、ボイラー、ポンプ、圧縮機、熱交換器、冷却塔、冷蔵システム、関連する補助機器など）、貯蔵タンク、アクティブな倉庫、サポートエリア（例：ボイラー室や排水処理場）、オンサイトの浄化施設、および会社の管理下にある輸送配管を含む。 (API [2, p. 8])

用語	定義
<p>プロセス- 石油パイプラインおよびターミナル <i>Process - Petroleum Pipeline and Terminal Operations</i></p>	<p>石油化学および石油精製の原料および製品を貯蔵および輸送するために使用される、分配、貯蔵、ユーティリティ、または積荷施設。これには、プロセス機器（例：容器、配管、プロセスサンプ、蒸気回収システム、ポンプ、圧縮機、熱交換器、ピグ洗浄ステーション、計量ステーション、冷蔵システム、関連する補助機器など）、貯蔵タンク、アクティブな倉庫、サポートエリア（例：排水やバラスト水処理プラント）、オンサイトの浄化施設、および会社の管理下にあるオンサイトおよびオフサイトの輸送配管を含む(API Annex A [2, p. 43])。</p>
<p>プロセス- 小売サービスステーション <i>Process - Retail Service Stations</i></p>	<p>石油精製製品およびバイオ燃料の小売販売に使用される貯蔵および調合施設。これには、プロセス機器（例：LPG 容器、配管、ホース、ポンプ、圧縮機、熱交換器など）の地上または地下の貯蔵タンク、アクティブな倉庫、ディスペンサー、および会社の管理下にある LPG 交換ポンペを含む。(API Annex B [2, p. 44])</p>
<p>プロセス安全 <i>Process Safety</i></p>	<p>優れた設計上の原則やエンジニアリングおよび作業慣行を適用することによって、危険な物質を取り扱う運用システムとプロセスの健全性を管理するための規律ある枠組みである。プロセス安全は、危険な物質やエネルギーを放出する可能性がある事故の予防策や制御方法を扱っている。このような事故は毒性の作用や火災、爆発を引き起こし、最終的には、重大な傷害や資産の損害、生産停止、環境への影響といった結果に至る可能性がある。</p>
<p>プロセス安全事故 <i>Process Safety Event (PSE)</i></p>	<p>毒性や引火性がない物質（蒸気、高温復水、温水、窒素、圧縮二酸化炭素、圧縮空気など）を含むあらゆる物質のプロセスからの計画外または制御不能な放出、あるいは、わずかに異なる状況下では物質の放出をもたらしたかもしれない望ましくない事象または状況。</p>
<p>プロセス安全とリスク管理 <i>Process Safety and Risk Management</i></p>	<p>危険な物質やエネルギー放出の予防や準備、緩和、対応、復旧に焦点を当てた管理システム。</p>
<p>プロセス安全事故 <i>Process Safety Event</i></p>	<p>壊滅的になり得る事象、即ち、大規模に健康や環境へ重大な結果を及ぼす可能性がある危険な物質の放出や封じ込めの失敗を伴う事象。Process Safety Incident のプロセス安全事故と同等であるが、本書で説明しているように、PSE は Tier 1 と Tier 2 の結果レベルを区別していることに注意 (Fig.1 参照)。</p>
<p>プロセス安全事故 <i>Process Safety Incident</i></p>	<p>壊滅的になる可能性がある事象、すなわち、健康や環境へ重大な結果が大規模になる可能性がある危険な物質の放出や封じ込めの失敗を伴う事象。本書では一貫性を持たせるために、「アクシデント (Accident)」に対して「事故 (Incident)」が用いられる。</p>
<p>プロセス安全パフォーマンス指標 <i>Process Safety Performance Indicator</i></p>	<p>特定のプロセス安全に関係した、特に傾向や事実についての測定値である。プロセス安全プログラムにおけるプロセス安全事象、ニアミス事故、防護層へのチャレンジ、運転規律、マネジメントシステムの状態やレベルに関する情報を提供する。</p>
<p>プロセス安全メトリクス <i>Process Safety Metric</i></p>	<p>プロセス安全プログラムの有効性またはパフォーマンス指標の結果の測定または分析する方法。</p>
<p>プロセス安全システム <i>Process Safety System</i></p>	<p>プロセス安全システムはプロセスを安全に運転し、維持することを意図した設計や手順およびハードウェアから成る。</p>
<p>レインアウト <i>Rainout</i></p>	<p>ベントまたはリリーフ装置からの二相のリリーフ（蒸気と巻き込まれた液体）で、蒸気相が大気に拡散し、残りの液体が床面または地面に落下すること、または残りの液体が床面または地面に落下した証拠 (API[2])。</p>

用語	定義
信頼度 <i>Reliability</i>	あるアイテムが定められた条件下で、定められた期間、定められた要求に対して、求められる機能を遂行することができる確率。
責任を負うべき当事者 <i>Responsible Party</i>	安全、コンプライアンス、および信頼性のある方法で設備を運転することを課せられた当事者は、責任を負うべき当事者である。一部の国や管轄区において、責任を負うべき当事者は「義務の保持者」や法的に報告義務のある当事者と呼ばれることがある。ここで“責任を負うべき当事者”と言った場合、それは“企業”と同義である。 注：責任を負うべき当事者が誰かはプロセス安全事故が発生する前から決まっている。責任を負うべき当事者は、その関係によって、設備の所有者または設備運用者となる。どちらが設備のパフォーマンスに責任があるのか。誰が事故防止計画を開発し、実施することに責任を負うのか。プロセス安全事故が発生した後の事故調査を行い、是正事項を特定し、それを実施することに誰が責任を負っているのか。
リスク <i>Risk</i>	人身事故、環境被害、経済的損失を、事故の発生確率と損失や傷害の大きさの両方の観点から評価する尺度。この関係を簡単に表せば、事象の発生確率と影響の重大性の積（すなわち、リスク=影響の重大性×発生確率）となる。
リスクに基づくプロセス安全 <i>Risk Based Process Safety (RBPS)</i>	CCPS（化学プロセス安全センター）のプロセス安全管理システムの手法である。プロセス安全管理の活動を設計・修正・改善するために、プロセス安全の活動や人・モノ・金など資源の利用可能性、および現行のプロセス安全文化に対するリスクに基づく必要性と釣り合ったリスクに基づく戦略や戦術を用いたアプローチである。
安全対策や防護機能 <i>Safeguards or Protective Features</i>	原因が結果に至るシナリオの確率を低減したり、強度 (Severity) を緩和したりするために取り入れられた設計上の機能、機器、手順など。
安全システム <i>Safety System</i>	事故の連鎖を制限または遮断するために設計された装置および／または手順であり、損失の発生を回避したり、事故の影響を緩和するもの
二次封じ込め(設備) <i>Secondary Containment</i>	一次封じ込めシステムを破った物質の影響を緩和するために特別に設計された不浸透性の物理的バリア。二次封じ込めシステムには、タンク防液堤、プロセス機器周りの縁石、開放型排水収集システム、側溝、ピット、開放型サンプ、開放型二重壁タンクの外壁などが含まれるが、これらに限定されない。
シャットダウン <i>Shutdown</i>	運転状態から安全かつ運転していない状態にするプロセス。
強酸／強塩基 <i>Strong acids / bases</i>	化学品の分類および表示に関する世界調和システム (GHS) の皮膚腐食性区分 1B [41] の物質、または pH < 1 または pH > 12.5 である物質。どちらの定義も分類に使用することができる。GHS の定義の方が皮膚腐食性区分の精度が高いと考えられるが、この測定の可否により、使用できない場合もある。 注：GHS 皮膚腐食性区分 1A [41] は、皮膚組織の破壊、すなわち 3 分間以内の曝露後、観察期間 1 時間までの間に、少なくとも 1 匹の動物で表皮から真皮に至る可視壊死を引き起こす物質と定義されている。
システム <i>System</i>	一連の特定の機能を実現するために組織された人や装置、方法の集合。

用語	定義
<p>UNDG クラス 2、ディビジョン 2.2 (不燃性、無毒性気体) UNDG Class 2, Division 2.2 (non-flammable, non-toxic gases)</p>	<p>空気を除く不燃性、無毒性のガス（窒息性または酸化性気体に指定されているグループに相当）。</p> <p>窒息性ガス：酸化性がなく、不燃性で、無毒性の気体で、通常大気中の酸素を希釈または置換する気体。</p> <p>酸化性気体—一般に酸素を供給することにより、空気以上に他の物質の燃焼を引き起こす、または助長する可能性のある気体。これらの気体は、ISO 10156:2010(en) [42]に規定された方法で決められた酸化力が 23.5%を越える純粋な気体または混合気体。</p>
<p>不安全な場所 Unsafe location</p>	<p>API 521 項 5.8.4.4 [43]に規定されるように、地上または高所作業構造物上での引火性混合物の形成、地上または高所作業構造物上での毒性物質または腐食性物質の存在、または放出点での放出物の発火による地上または高所作業構造物上での熱放射の影響によって、存在するか否かに関わらず人員に対する危険の可能性を生じる大気圧放出装置またはプロセス異常による放出または下流の除害設備（例：フレア、スクラバー）からの放出。</p> <p>不安全な場所の定義から除外されるのは、可燃性混合物、毒性物質、腐食性物質、または熱放射の影響に従業員がさらされる可能性が知られている地上および高所の作業構造物の場所で、それらの場所へのアクセスが、許可されたアクセスまたは適切な警告表示を備えた物理的バリアで管理されている場合である。</p> <p>注：「不安全な場所」という用語は、工学的な圧力解放または許可または規制された放出源からのプロセス異常による放出に関連する 4 つの潜在的な Tier 1 または Tier 2 結果のうちの 1 つの説明で使用されている。その前提は、工学的圧力解放装置からの放出が、直接大気中への放出、下流の除害設備経由の放出、あるいは許可または規制された放出源からの放出が、安全に拡散されるように設計されていることである。</p>
<p>プロセス異常による放出 Upset Emission</p>	<p>許可または規制された放出源からの日常的な放出に関連する、文書化された許可パラメーターまたは条件を超えるあらゆる状態。これには、温度、圧力、体積、速度、濃度、及び持続時間のようなプロセスパラメーター、又はタイミング、場所、昼/夜、風速/風向き、及び複数の運転のような放出条件が含まれる [2]。</p> <p>注：プロセス異常による放出は、特定の資産（例：炉の煙突）に適用され、包括的またはサイト全体の許可の下でカバーされている一般的または一時的排出源（例：シール、パッキング）には適用されない。</p>

付録 C PSE 分類判定の詳細事例

以下の事例は、本書作成時点における API RP 754 第 3 版[2]の付録 E に記載された事例及び問いかけと整合させて想定した架空の事例である。最新情報については CCPS Metrics のウェブサイト[3]を参照のこと。

表 C-1 傷害に関する PSE の事例と質問

傷害に関する PSE の事例と質問	Tier 1 または Tier 2
<p>C.1-1 ある作業員がプロセス設備内を歩いていて、滑って転倒し、休業災害を負った。この転倒は、気象条件、「恒常的な」床の油、および滑りやすい靴が原因であった。</p> <p>これは PSE ではない。LOPC(一次容器からの漏洩)からの避難または LOPC への対応に直接関与していない個人の安全上の「滑り/躓き/転倒」は、明確に PSE 報告対象から除外される。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-2 引火点が 23°C (73 ° F) 未満の少量の液体 (例えば 1 時間に 7 バレル 未満) の放出に対応していた時に作業員が滑って転倒し、数日間の休業災害を負ったこと以外は、上記と同じ。</p> <p>これは、作業員が LOPC に対応していたため、Tier 1 の PSE に該当する。</p>	<p>Tier 1 PSE</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-3 事故処理の後、数時間経ってから作業員が滑って転倒したことを除いては、上記と同じ。</p> <p>これは報告すべき PSE ではない。LOPC の現場対応に直接関連しない個人的な安全上の出来事 (例: 滑り/躓き/転倒) は除外される。LOPC の対応が終了した後の滑り/躓き/転倒 (「事後」の清掃や修復など) は、現場での対応に直接関連するものではない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.4 節 適用範囲</p>
<p>C.1-4 足場組立中の作業員が、近くの機器で発生した LOPC から避難する際に足場のはしごから転落し、休業災害を負った。</p> <p>これは Tier 1 PSE である。</p>	<p>Tier 1 PSE</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-5 作業員が、一般通路の近くに設置されたスチームトラップの前を通りかかった時、ちょうどスチームトラップから蒸気水が噴き出した。この放出によりその作業員は足首に火傷を負い、休業災害を負った。これは PSE になるか?</p> <p>これは Tier 1 の PSE である。スチームトラップは、設計上、定期的に高温の蒸気水を排出するものであるが、そのタイミングは計画されておらず、この例では一般通路の近くに排出されることが制御されていなかった。したがって、この放出は計画されておらず制御されていない LOPC であり、Tier 1 の結果をもたらしたことになる。放出された物質が、炭化水素や化学物質である必要はない。毒性でも可燃性でもない物質を含み、あらゆる物質のプロセスからの計画外または制御されていない放出は Tier 1 PSE になり得る。</p>	<p>Tier 1 PSE</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p>

傷害に関する PSE の事例と質問	Tier 1 または Tier 2
<p>C.1-6 ある反応容器は意図的に窒素でパージされていた。閉鎖空間立入許可の一環として、保護具着用を含む立入に関する厳格な管理が定められている。人気のないその容器のマンホールは入槽用ではなく、窒素が容器から出て酸素欠乏になる可能性のある周辺は危険エリアとしてバリケードと標識で管理されている。原因は不明だが、誰もいない間に、マンホールから、請負業者が安全制御を解除して反応容器に入り、死亡した。これは Tier 1 PSE になるか？</p> <p>これは Tier 1 の PSE ではない。容器からの窒素の放出は計画されかつ制御されており、保護具、バリケード、標識は危険に対して適切になされていた。死亡事故の原因となったのは、請負業者がこれらの制止を無視して、ルールを破った故意の行為であり、計画外あるいは制御されない LOPC (一次容器からの漏洩) ではない。この悲劇的な出来事は、会社の傷病記録に記録されるべき労働安全上の事故である。</p> <p>別のシナリオ: 作業員たちが閉鎖空間 (不活性ガスのパージなし) で作業しているとする。容器内で使用していた空圧駆動の工具に、誤って窒素ホースを接続した。窒素により酸素不足の雰囲気となり、作業員の一人が倒れ、頭を打って、不幸にも死亡した。これは Tier 1 PSE になるか？</p> <p>これは Tier 1 の PSE である。いかなる物質 (窒素) であっても、死亡事故につながる計画外の放出があったと言える。</p>	<p>Tier 1 PSE ではない 1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-7 予定していた触媒入れ替えの日常的な作業中、指定圧力で反応器に蒸気を吹き込み、触媒を排出するためにトレイ下部のスライド弁を開けた。触媒の排出中、ある作業員が反応器からスライド弁のピンを引き抜こうとして反応器のフランジに歩み寄ったところ、高温の触媒の一部がフランジから噴出し、その作業員は高温の触媒に触れて記録すべき熱傷を受けた。この作業員は、この作業の担当者ではなかったため、適切な保護具をすべて着用していなかった。</p> <p>高温の触媒の排出は計画されていたが、作業員に接触し負傷を引き起こしたため、制御されていたとは言えない。したがって、これは記録すべき負傷に基づく Tier 2 PSE に該当する。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-8 ある保守作業員がプロセスのフランジのボルトをレンチで回していた。体勢が悪かったため、レンチが滑って従業員の上に当たった。歯の手術が必要となり、2 日間の休業を余儀なくされた。</p> <p>この怪我は、予定外や制御されない LOPC とは関係ないため、PSE ではない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-9 排水溝から出てきた熱水により、記録すべき傷害が発生した (近くに立っていた人が足に熱傷を受けた)。排水溝は一次封じ込めではなく二次封じ込めとなるので、これは Tier 2 PSE になるか？</p> <p>排水溝は、廃水処理など別のプロセスの部分と考えることもできる。また、計画的でなく、制御されていない熱水の排水溝への放出がこの傷害を生じさせたと見ることができる。従って、これは Tier 2 PSE に該当する。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-10 新設工事中に、水道水を使用して機器の水圧試験を行っていたところ、2 インチのボールバルブが突然外れた。ホースが跳ね返って作業員の頭部を直撃し、死亡事故になった。これは Tier 1 PSE に該当するか？</p> <p>新設工事における水道水を使用した水圧試験は「プロセス」とは見なされないため、この悲惨な出来事は PSE には該当しない。労働安全に関する死亡事故であり、再発防止のために適切な調査を行う必要がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.4 節 適用範囲 用語の解説と定義「プロセス」</p>

傷害に関する PSE の事例と質問	Tier 1 または Tier 2
<p>C.1-11 ガス配管の液抜き作業中に火災が発生した。液抜きの作業をしていた作業員に怪我はなかったが、その作業の近くにいた別の作業員が走り出し、階段から落ちて足首を怪我した。この怪我により、仕事を 8 日間休まなければならなくなった。火災がボヤ程度であったこと（軽い爆燃）、火災被害が 2500 ドル未満であったことから、施設の避難命令は発動されなかった。この出来事は PSE とみなされるのか、それとも労働安全上の出来事とみなされるのか？</p> <p>もし、その人が自分の仕事場で火災が発生したらどうしようという不安から走り出したと考えられるのであれば、その怪我は LOPC によるものであろう。その LOPC の結果、1 日の休業災害となったのであれば、これは Tier 1 の PSE に該当する。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-12 作業員が苛性ソーダを容器に抜き出す際に目に飛散して、休業災害となった。作業員はゴーグルを着用していたが、苛性ソーダを抜き出す場所を間違えたため、予想以上に高い圧力で噴出したためである。これは PSE に該当するか？</p> <p>苛性ソーダの抜出は計画されていたが、作業員が負傷した際、それは制御出来ていなかった。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-13 請負業者の作業員 2 人は、容器からレベル発信器を取り外す作業を担当していた。3 人目の作業員は、そのエリアでの一般的な作業を割り当てられていた。レベル発信器の取り外しを行う 2 人の請負業者の作業許可証は、残留化学物質に対する保護具（ゴーグル、ケミカルスーツ、手袋など）の着用を要求していた。一般的な作業を行う 3 人目は、標準的な保護具（安全眼鏡、難燃性の作業着、ヘルメットなど）の着用だけが要求されていた。</p> <p>一般的な作業を終えた 3 人目の作業員は、標準的な保護具を着用したまま、他の 2 人がレベル発信器を取り外す作業を手伝いに行った。レベル発信器を取り外した際、ノズルから薬液が受け皿に流出し、3 人にかかった。標準的な保護具を着用していた 3 人目の作業員は、約 200 メートル離れた安全シャワーに駆け込んだが、この化学物質に触れたことにより記録すべき傷害を負った。これは PSE になるか？</p> <p>これは Tier 1 の PSE に該当する。残留化学物質への暴露が作業員の負傷につながる可能性があったことと、計画的かつ管理された物質の放出の際には保護具の着用が必要であった。負傷した作業員は、この作業に適切な保護具を着用していなかったため、この放出は制御されていなかったことになる。保護具着用の有無にかかわらず、休業災害につながった物質の放出は、制御されていなかったことになるため、Tier 1 PSE である。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.1-14 従業員が塩水ストレナーのブローダウンをしていた際、PVC 配管が破損し、従業員に塩水が吹き掛かった。従業員は後ろによるめき、隣接した設備に頭を打ち、記録すべき傷害を負った。塩水は危険な物質ではなく、作業時の温度は約 60° F (約 15° C) であった。これは PSE になるか？</p> <p>これは Tier 2 PSE である。危険な物質でなくてもプロセスから予定も制御もされずに物質が放出され、定義されたいずれかの結果になれば Tier 1 または Tier 2 PSE に該当する。「物質」の定義（用語集参照）では、放出された物質は「その化学的特性（例：可燃性、毒性、腐食性、反応性、窒息性）または物理的特性（例：熱、圧力）により害を引き起こす可能性があるもの」とされている。この場合、システムの圧力が十分に高く塩水が危険な圧力であったため、事故を引き起こす可能性があった。したがって、この例は、Tier 2 PSE の結果をもたらしたプロセスからの制御されていない物質放出の例となる。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義 用語集, LOPC の定義 用語集, 物質の定義</p>

表 C-2 火災・爆発に関する PSE の事例と質問

火災・爆発に関する PSE の事例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C.2-1 高圧蒸気配管の近くに置かれた足場板に火が着いたが、すぐに消火され、それ以上の被害はなかった。調査の結果、足場板が油で汚染されていたことが分かったが、その付近で油が漏れた形跡はない。これは PSE になるか？</p> <p>予定外あるいは制御されていない LOPC には該当しないので、PSE ではない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.2 節 Tier 1 の定義 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C.2-2 容器内の爆発で設備に 10 万ドルの損害が生じたが、内容物は流出しなかった。これは PSE になるか？</p> <p>これは重大なプロセス事故であり、しかるべき調査がされるべきではあるが、LOPC が関与していないため、Tier 1 PSE の定義には合致しない。 会社はこの事象が Tier 3 の指標に該当するかどうかを判断する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 PSE ではない 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.2-3 電気火災、停電、その他のユーティリティの喪失は、プラントのシャットダウンや、機器の損傷（例えば不適切なシャットダウンによる反応器や機器の損傷）を引き起こす可能性があるが、LOPC が無ければ、PSE ではない。 シャットダウン作業中に、いくつかの安全装置が作動するかもしれない。その場合、会社は安全システムに対する作動要求 Tier 3 の記録として残す可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.2-4 ポンプの潤滑油システムからの漏洩による火災で、10 万ドルを超える損害が生じたが、しきい値を超える LOPC がなく、死亡も重傷もなかった。これは、直接費の損害が 10 万ドル以上であったため、Tier 1 の PSE である。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.2-5 プロセス設備のエリア内で材料を運搬していたフォークリフトがブリーダーバルブ(エア抜き弁)に当たってバルブを破損し、インペンタンが放出され、続いて蒸気雲爆発が発生して、10 万ドル以上の設備資産の損害が生じた。これは、予定外または制御されていない LOPC により、10 万ドル以上の損害となる火災・爆発を引き起こしたため、Tier 1 PSE である。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.2-6 事務棟エリアのスチーム用のボイラーで火災が発生し、損害の直接費は合計 75,000 ドルであった。オフィスビルの事故は(プロセス安全の対象から)明確に外されているので、これは PSE ではない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.4 節 適用範囲</p>
<p>C.2-7 炭化水素の蒸気が施設内の QA/QC 研究所に侵入し、火災が発生して 5000 ドルの損害を被った。その炭化水素の蒸気は、油排水システムから発生したものであった。その LOPC はプロセスで発生し、Tier 2 の結果 (2500 ドル以上の直接費をもたらす火災) をもたらした為、この事故は Tier 2 PSE である。</p>	<p>Tier 2 PSE S1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C.2-8 貯蔵タンクへの重油の移送温度が通常よりかなり高かった。1つ目のタンクが満液に達して、抜出し先が2つ目のタンクに切り替えられた。この2番目のタンクの液面は非常に低く、タンク内の製品の上には結露による水が溜まっていた。2番目のタンクに入れた重油の温度が高かったため、水が気化してタンクに過剰な圧力が掛かった。そのため、タンクの屋根が座屈し、上部の溶接部が数カ所裂けて、蒸気が漏れた。タンクの損害が 10 万ドルを超えた。これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>水の急激な気化により、API754 の爆発の定義に該当する圧力の急激な変動が発生し、直接費が Tier 1 のしきい値 10 万ドルを超えたため、この事故は Tier 1 PSE に該当する。</p>	<p>Tier 1 PSE 用語集, 爆発の定義 用語集, 直接費の定義. 1.2 節 Tier 1 の定義</p>

火災・爆発に関する PSE の事例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C.2-9 プロセス装置内でモーターがトリップしたため、水素が共通のベントヘッダーからプロセス内の別の所に逆流し、10 万ドル以上の損害を伴う内部爆発が発生した。大気への LOPC はなかった。通常の運転では、圧力バランスにより、この箇所に水素が流入することはない。これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>LOPC がなかったため（水素は一次容器から別の場所に移動したと思われる）、これは Tier 1 PSE ではない。</p> <p>これは重大なプロセス異常であり、おそらく Tier 3 PSE と判定される 複数の基準に該当し、潜在的な影響について完全に調査すべき事故であると考えられる。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.2-10 放出による火災/爆発があった場合、放出された物質の量と火災の損害の両方を合算するののか？</p> <p>放出された物質が燃焼した場合、火災/爆発による損害の直接費が、LOPC の全損害となる。したがって、火災/爆発による損失の直接費のみが、その事故の Tier 分類を判定する材料となる。</p> <p>例えば：</p> <p>加熱炉の炉心管の亀裂から物質が放出されて、それに着火し、漏洩が止まるまで加熱炉内で燃焼させた。この物質の燃焼により、炉に直接費 75,000 ドルの損害が発生した。エンジニアは、漏洩開始からガス漏れが止まるまでに 13,000 ポンドの可燃性ガスが放出されていたと推算した。損害の直接費の評価により、この事象は Tier 2 PSE に分類される。物質放出量の評価では、Tier 1 のしきい値を超える量の可燃性ガスが放出されたことが示されているが、放出物が燃焼したため、火災による損害の直接費のみが算入され、この事故は Tier 2 プロセス安全事故となる。</p> <p><u>別の例:</u></p> <p>物質の燃焼による損害の直接費が 2,000 ドルであること以外はすべてこの例と同じである場合、この事象は Tier 1 または Tier 2 の PSE ではないが、会社はこの事故を Tier3 として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C.2-11 排水ポンプが止まっている間にサージドラムが過圧状態になり、ドラムの底に大きな亀裂が入って、水が放出された。負傷者は出ていないが、ドラムの損害は 35,000 ドルであった。この過圧は爆発の定義に当てはまって Tier 2 PSE に該当するののか？</p> <p>これは Tier 2 PSE ではない。この例の過圧では、圧力の不連続や爆風を引き起こすエネルギーの放出はなかったため、爆発の定義には当てはまらない。</p> <p>会社は、この事象を Tier 3 のその他の LOPC として記録する可能性はある。</p>	<p>Tier 2 PSE ではない 用語集, 爆発の定義</p>
<p>C.2-12 振動による疲労で配管がひどく破損した。放出物に着火し、ジェット火災が発生した。ジェット火災が近くに停車していたクレーンを直撃し、クレーンが大破したが、プロセス機器には大きな損傷は生じなかった。クレーンの更新費用は 350,000 ドルである。これは Tier 1 PSE か？</p> <p>LOPC による直接費の火災被害が Tier 1 PSE のしきい値である 10 万ドルを超えたため、これは Tier 1 PSE である。定義上、火災/爆発による損害の直接費には、プロセスおよび非プロセス機器、公共または私有の有形資産の修理または交換にかかる費用が含まれる。</p>	<p>Tier 1 PSE 用語集, 直接費の定義</p>

火災・爆発に関する PSE の事例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 2-13 腐食を要因とする漏洩により大規模な火災が発生し、配管及び使用していない容器(現場に放棄)が損傷を受けた。当社は、火災の被害を算定するためのエンジニアリング及び検査費用として 15,000 ドル、損傷した配管を耐食性のある金属材料に交換するために 95,000 ドル、使用停止中の容器をそのまま安全な状態にするために 50,000 ドルを支出した。現行の材質で配管を交換する場合は、45,000 ドルであった。使用停止中の容器を機能回復させるためには、125,000 ドルの費用がかかると見込まれる。これは Tier 1 か Tier 2 の PSE になるか？</p> <p>これは Tier 2 の PSE である。直接費の定義には、損傷の程度や必要な修理を判定するためのエンジニアリングや検査の評価費用は含まれておらず、また、材料や技術の改善費用も含まれていない。直接費の定義には、修理が行われたかどうかに関わらず、機器を事故前の状態に戻すための費用が含まれる。この例では、使用停止になった容器はそのまま放置されている(つまり、将来の活用が予想されない)ため、火災後に機器を安全にするためのコストのみが直接費の計算に含まれる。これは、容器を安全にするための 50,000 ドルと現行材質での配管交換の 45,000 ドルの合計 95,000 ドルが直接費となるので Tier 2 PSE である。</p>	<p>Tier 2 PSE 用語集, 直接費の定義</p>
<p>C. 2-14 小さなフランジ火災により機器ケーブルの一部が燃えたが、すぐに消火された。その後、装置は機能すると判断されたが、保守グループは将来の信頼性に問題が出ない様に、火災で損傷したケーブルの一部分を交換することを推奨している。保守グループは、この工事を実施するに際して、50 フィートのケーブルを交換する方が、一部分を修理するよりも簡単であると判断した。ケーブル 50 フィートを交換する費用は、この火災による損害の直接費の合計に含まれるか？</p> <p>直接費の定義には、現物の修理、交換、または発生前の状態への復元が含まれる。直接費には、機能または性能に影響を与えない表面的または見た目の損傷は含まれない。また、直接費には、材料や技術に対するアップグレードの機会が含まれない。したがって、この場合、信頼できる機能を確保するために保守が推奨するケーブルの一部分の修理費用は含まれるが、修理を容易にするための 50 フィートのケーブル交換は、アップグレードとして除外される。</p>	<p>用語集, 直接費の定義</p>
<p>C. 2-15 水素炉内の炉心管に漏れが発生した。放出された物質は水素と水蒸気の混合物で、炉のボックス内で燃焼した。放出した物質の圧力により、炉の側面から耐火材が剥離し、バーナーの上に落下した。バーナーからの炎がレジスターの出口方向に向けられ、温度計に繋がっている電気配線を損傷した。電線管の修理代は 2500 ドルを超えた。炉の外壁の修理は必要なく、耐火材の修理も 2500 ドル以下であった。その他の問題は発生していない。これは Tier 2 の PSE となるか？</p> <p>これは Tier 2 の PSE である。最終的な結果に至るまでに複雑な事象の連鎖があったことは問題ではない。炉心管の漏洩による水素と蒸気の計画外放出があり、直接費が 2500 ドルを超える火災損失が発生した。</p> <p>PSE の Tier 1 および Tier 2 分類では、工程から計画外または制御されていない LOPC が発生し、好ましくない結果が生じたこと、としている。必ずしも LOPC が結果の直接原因である必要はない。</p>	<p>Tier 2 PSE 用語集, 直接費の定義 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 2-16 可搬式のディーゼル駆動ポンプを使用して、あるタンクから別のタンクへ物質を移送していた。ディーゼルエンジンの高温の排気が排気サイレンサーのハウジング内で着火し、ラジエーターホースを燃やしてエンジンの冷却液が放出された。ポンプの火災による被害は 2500 ドルを超えた。これは Tier 2 PSE となるか？</p> <p>これは Tier 2 の PSE ではない。仮設の可搬式ポンプとそのディーゼル駆動エンジンは、プロセスに接続されている場合はプロセスの一部であるが、火災は高温の排気によって引き起こされ、LOPC ではないため、火災の被害は Tier 2 の判定から除外される。さらに、火災によるエンジン冷却液の漏洩は、Tier 2 のいずれの結果にも該当しない。会社は、この事故を Tier 3 火災事故として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 2 PSE ではない 用語集, 火災の定義 1.2 節 Tier 2 の定義</p>

表 C-3 LOPC(一次封じ込めの失敗)に関する PSE の事例と質問

LOPC(一次封じ込めの失敗)に関する PSE の事例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 3-1 一日貯蔵用タンクのパルプの故障により、薄い漂白剤の溶液が 1 時間以内に 20 バレル 流出した。SDS には、その物質の pH は 13 から 14 の間 (すなわち強塩基、用語集を参照) であると記載されている。SDS に記載された特性通りだとすると、強塩基性物質が 1 時間に 7 バレルを超える量が放出されたため、これは Tier 2 PSE に分類されると思われる。しかし、このケースでは、そのタンク内に残っていた漂白剤を分析したところ、放出当日の物質の実際の pH は 11.2 であった。pH11.2 であれば、この物質は強塩基の定義に合致しないため、Tier 2 のしきい値とはならない。この事象は、物質の SDS 上の特性に基づいて、Tier 2 PSE に分類すべきか?</p> <p>流出した物質の分析結果 (この場合は pH 値) を使用することは認められている。2.2 項と 3.2 項の注釈によると、会社は、流出物の分析に基づく物性、または SDS に記述された物性のいずれを使用するかを選択できる。但し、会社はすべての LOPC 事象 に対して一貫したアプローチを取らなければならない。</p>	<p>おそらく Tier 2 PSE 用語集, 強塩基の定義 付録 A</p>
<p>C. 3-2 タンクの液面計の不具合により、通常の沸点が 35° C (95° F) 以上で引火点が 23° C (73° F) 未満の液体の製品タンクに過剰供給が発生した。数分以内に、約 50 バレル (7000 kg, 15,500 ポンド) の液体がタンクの防液堤内に溢れ出た。この事象は、二次封じ込めに関係なく、1 時間以内に 2200 ポンド以上の放出があったため、Tier 1 PSE である。</p> <p><u>別のシナリオ:</u> もし、流出量が 220 ポンド (1 バレル) 以上、2200 ポンド (7 バレル) 未満であれば、Tier 2 PSE となる。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p> <p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義 付録 A</p>
<p>C. 3-3 請負会社の保守作業員がプロセスのパルプを開け、Tier 1 にも Tier 2 の しきい値 にも満たない量の硫酸を浴びて、重度の薬傷を負い、数日間の休業災害となった。これは、計画外あるいは制御されない LOPC であり、休業災害となったため、Tier 1 PSE である。</p> <p><u>別のシナリオ:</u> この事象が記録すべき傷害になった場合は、Tier 2 PSE となる。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 3-4 保守作業のために配管の一部で準備作業をしていた。配管はドレン抜きされ、他との隔離が確認された。フランジ開放作業を始める以前に、パルプが漏れて配管内に液体が溜まっていた。隔離された管の配管内に流入した物質の量が、1 時間あたり付録 A の Tier 1 または Tier 2 のしきい値を超える場合、これは LOPC とみなされて Tier 1 または Tier 2 PSE となるか?</p> <p>LOPC ではないため、これは Tier 1 または Tier 2 の PSE ではない。その物質は、それを封じ込めるために設計された配管内に留まっていた。</p> <p><u>別のシナリオ:</u> フランジを開けたことで発生した LOPC が人身事故、火災・爆発、しきい値の放出につながった場合、PSE と見なされる。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 3-5 ある運転員が品質管理用のサンプルバルブを開いて、通常通り製品のサンプル採取を行ったが、製品の液体が運転員に飛散した。運転員はサンプル弁を開けたまま安全シャワーに駆け込んだ為、Tier 2 のしきい値以上の量が放出された。この量の放出は計画されておらず、制御もされていないので、Tier 2 の PSE である。</p> <p><u>別のシナリオ:</u> 上記と同様であるが、運転員がサンプルを採取し、サンプル弁を閉じたが、その後でサンプル容器を落として容器を破損し、サンプル液を浴びて負傷した場合。この LOPC はプロセスに接続されていない付帯設備からのものであるため、PSE とはならない。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>PSE ではない 1.4 節 適用範囲 用語集, 付帯設備の定義</p>

LOPC(一次封じ込めの失敗)に関する PSE の事例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 3-6 プラントの定修後、ブリーダーバルブ(エア抜き弁)が開いたままになっていた。起動して、弁からの漏れが発見されて閉じられるまで、引火点 60°C以上の燃料油が放出された。1 時間以内に 38°C (100° F) (引火点以下) の油推定 15 バレルが地上に放出され、プラントの排水システムに流入した。これは Tier 2 の PSE である。</p> <p>別のシナリオ: 放出温度が引火点を超える以外は上記と同様の場合は、Tier 1 PSE となる。 UNDG 分類では、燃料油はパッキンググループⅢの物質とみなされる。それなのに、なぜ上記の最初の事例は、LOPC を Tier 1 Release Category 7 による Tier 1 PSE と見なさないのだろうか？</p> <p>物質放出のしきい値による分類を決定する際には、まず毒性 (TIH ゾーン)、次に燃焼特性 (引火点と沸点)、最後に腐食性 (GHS 皮膚腐食性/刺激性:区分 1、又は強酸/強塩基) の特性を使用しなければならない。物質の危険性がこれらの単純な特性では表現できない場合 (例えば、水と激しく反応する) のみ、UNDG パッキンググループ^{XX}を使用する。燃料油の場合、燃焼の危険性が主要な危険性であるため、沸点と引火点といった特性が放出のしきい値による分類を決定するために使用される。この場合、放出のしきい値による分類は、Tier 2 TRC 8 (引火点が 60 ° C (140 ° F) 以上の液体が、引火点以下の温度で放出される≤93 ° C (200 ° F)) となる。</p> <p>訳者註 31 「UNDG: United Nations Dangerous Goods」は国連が定めた危険な物質に関する分類</p>	<p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義 付録 A</p> <p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p>
<p>C. 3-7 加熱炉でバーナーの火が消え、燃料リッチな環境になった。運転員が誤って火室に空気を供給した為、火室内で爆発が起こり、加熱炉の内部に 10 万ドル以上の損傷を受けた。火室外への放出はなかった。着火後、燃料ガスの継続的な流れが制御されていない放出となったため、これは Tier 1 の PSE となる。燃料ガスの燃焼はバーナー部での燃焼を意図しており、火室内での燃焼を意図したものではない。</p> <p>同様の事例で損害額が 2500 ドル以上で 10 万ドル未満の場合は、2500 ドル以上の損害をもたらす爆発があったため、Tier 2 PSE となる。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 3-8 蓄熱式脱臭装置 (RTO) には通常、LEL 以下の低濃度の可燃性ガスを含む原料が供給されている。問題の事象では、通常より高い濃度の原料が RTO に供給された。LEL より濃度の高い原料が爆発燃焼したことより、RTO の外部構造体に過剰な圧力がかかり、ボックスが破裂した。この事故の直接費は 10 万ドルを超えている。この爆発は、特に LOPC によって引き起こされたわけではないが、これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>表 1-1 の注 1 によると、どの様な物質でもプロセスからの LOPC を引き起こした内部火災または爆発は、Tier 1 と評価することになる。LOPC が先に発生する必要はない。直接費が 10 万ドルの損害であったことから、この事故は Tier 1 PSE として分類される。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 表 1-1 の注 1</p>
<p>C. 3-9 ポンプのシールが破損し、TRC-7 の液体が放出された。この液体に着火し、周囲の機器に 10,000 ドルの損害が出た。エンジニアの計算によると、合計 7,000 ポンドの液体が放出された。これは PSE となるか？</p> <p>これは Tier 2 の PSE である。火災/爆発による損害の直接費の評価では、Tier 2 PSE 分類 (損害額 10,000 ドル) と結論づけられる。物質放出量の評価では、Tier 1 PSE 分類 (TRC-7 Tier 1 のしきい値より大きい) となる。放出された物質に着火した場合は、火災/爆発による損害の直接費が、LOPC による損害のすべてとなる。したがって、Tier 分類の決定には火災/爆発による直接費のみが適用される。これは Tier 2 の PSE である。</p>	<p>Tier 2 PSE 用語集, 直接費の定義 1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>訳者註 32:TRC は API RP754 の threshold release categories 表 A-1 参照</p>

LOPC(一次封じ込めの失敗)に関する PSE の事例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 3-10 引火点 60 ° C (140 ° F) 以下の引火性の原油のタンクから、運転員がドレン抜き用に設計された開放型排水システムに水を排出していた。その運転員は現場を離れて、バルブを閉めるのを忘れてしまった。1 時間の内に 20 バレルの原油が排水システムに放出された。この場合、原油の放出は計画も制御もされておらず、放出基準値の 14 バレルより多いため、Tier 1 PSE となる。</p> <p>上記の例で、引火点が 60°C 以上の原油が引火点以下の温度で放出された場合は、Tier 2 PSE である。</p> <p>排水システムが閉鎖系となっていて、閉鎖系の API セパレータに送られて、油が回収された場合、原油は一次容器から出ていないので、Tier 1 PSE に該当しない。もし、閉鎖系排水システムが破損したり、機能しなかったり、保持能力を超えた場合、閉鎖系から流失した油の量は、Tier 1 または Tier 2 PSE の対象として評価されることになる。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義と付録 A</p> <p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義 付録 A</p> <p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 用語集, 一次容器の定義 用語集, 二次容器の定義</p>
<p>C. 3-11 運転員が容器洗浄作業の一環として、引火点が 60 ° C (140 ° F) 以上の物質 20 バレルを、引火点以下の温度で、開放型油水回収システムに 1 時間以内に意図的に排出した。この排水は計画的に管理され、回収システムはそのような作業のために設計されているため、これは報告すべき Tier 1 PSE でも Tier 2 PSE でもない。</p> <p>この物質の放出が計画的でなく、管理もされておらず、開放系の排水溝、下水道、またはその他の収集システムに流れた場合は、引火点以下の物質のしきい値に基づいて報告すべき Tier 2 PSE に該当する。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義 付録 A</p>
<p>C. 3-12 開放型浮屋根式タンクまたは二重屋根型浮屋根式タンクの浮き屋根が部分的に沈み、内容物がその上に出たがタンク内に留まった場合、これは LOPC となるか？</p> <p>浮き屋根の上に出た内容物が出た場合は LOPC である。浮屋根式タンク内に貯蔵されている物質は、タンク壁の内側と浮き屋根の下になければならない。</p> <p>放出された物質の量に応じて、これは Tier 1 または Tier 2 の PSE になる可能性がある。</p>	<p>おそらく Tier 1 or Tier 2 PSE 用語集, LOPC の定義</p>
<p>C. 3-13 油水系のプロセス廃水が、二重屋根型浮屋根 (IFR) 式のコーンルーフトンクに集められていた。タンクには油と水の両方が入っており、油は集められてタンクに移送される物質の種類により引火点や通常の沸点の値が変わってくる。原因は不明だが、内部の浮屋根が沈没し、タンクの内容物が浮屋根の上に出てしまった。引火点の低い物質の蒸気がコーンルーフトンクのベントから放出されたが、液体はすべてタンクシェル内に残っていた。Tier 1 および Tier 2 PSE を 報告する観点では、これは LOPC となるか？</p> <p>浮屋根 (屋根、タンク壁、タンク床で一次封じ込めを構成) の上に液体が出たことが LOPC である。浮き屋根が沈んだり、液を被った場合は、その事象が Tier 1 か Tier 2 かを判定するための量は、浮屋根式タンクが二重屋根型か解放型かにかかわらず、浮き屋根の上に出た炭化水素の液の量になる。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 3-14 暑い夏の日に冷たい雨が降り、フレアヘッダが熱収縮を起こした。設計上のパーシジ量が足りなかった為、空気がシステムに吸い込まれ、計算上、爆発性の混合気体が形成されたと考えられる。これは PSE となるか？</p> <p>パーシジシステムは空気がシステムに入らないようにすることを目的としていた。したがって、空気の吸い込みは LOPC である。しかし、Tier 1 または Tier 2 の結果はいずれも発生しなかったため、これは PSE ではない。会社は、この事象を Tier 3 のその他の LOPC として記録する可能性がある。</p> <p>別のシナリオ: 硫化鉄が堆積して、爆発性混合物となり、着火して、フレアシステムに 10 万ドルの損害を与えたらどうか？ この場合は、フレアシステムへの空気の LOPC が火災/爆発を引き起こし、10 万ドルの直接費を引き起こしたので、Tier 1 PSE に該当する。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>

LOPC(一次封じ込めの失敗)に関する PSE の事例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 3-15 可燃性ガスが配管から放出され、着火してジェット火災となった。これを隔離して消火したが、3500ドルの損害が出た。社内のエンジニアの計算によると、合計800kg(1800ポンド)が放出された。これはTier 1またはTier 2のPSEとなるか？</p> <p>直接費が3500ドルの火災による損害はTier 2のしきい値を超えている。一方、合計800kgの放出はTRC-5物質のTier 1のしきい値量を超えている。放出された物質が燃えた場合、火災/爆発による損害の直接費が、そのLOPCの損害のすべてを代表する。したがって、火災/爆発による直接費のみが、この事故のTier分類を決定する。これはTier 2のPSEである。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 3-16 熱交換器のフランジから漏れが発生した。この漏洩は放出量に基づき、Tier 2 PSEとして適切に分類された。シャットダウンするのではなく、一時的な修理用としてシール材が使用された。数日後、シール材が破損し、再びTier 2のしきい値量が放出された。2回目のLOPCは、別のTier 2 PSEとなるか、それとも最初のTier 2 PSEの続きとなるのか？</p> <p>最初の漏洩はシール材で塞いだことで終了しており、シール材による一時的補修の破損によるLOPCは別の事故とみなされ、2回目のTier 2 PSEが記録されるべきである。</p> <p>教訓や根本原因からの観点では、最初の事故はガスケットの漏れの原因に焦点を当て、2番目の事故はシール材の破損の原因に焦点を当てることになる。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 3-17 短期間のシャットダウン中に水素ヘッダーをバージするためにスチームが使用された。スチームはスタートアップ前に停止したが、ヘッダーの温度が下がり、わずかに真空側になった。水素ヘッダーに空気が漏れ込み、スタートアップ作業中に水素と空気による爆発が発生した。水素ヘッダーと電解槽が破損し、30万ドルの修理費用と400万ドルの生産の機会損失が発生した。これはPSEか？</p> <p>これはTier 1のPSEである。システム内に空気の漏れ込みと言うLOPCがあり、破裂したヘッダーからのLOPCにより、Tier 1のしきい値である直接費が10万ドルを超える損害が発生した。</p> <p>注：400万ドルの生産の機会損失は、定義上、直接費の損害額の計算から除外される。</p> <p>注：LOPC(漏洩)の方向は圧力差で決まり、内部から外部へ、である必要はない。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 用語集, 直接費の定義</p>
<p>C. 3-18 生産部が、真空蒸留装置の圧力制御システムのトラブルシューティングに取り組んでいた時、プロセス内部に腐食漏れによる空気の漏洩を発見した。これはPSEとなるか？</p> <p>これはPSEではない。プロセスへの空気の漏れ込みはLOPCと見なされるが、API 754ではUNDGクラス2、ディビジョン2.2のカテゴリーから空気を除外しているため、LOPCに関するしきい値はなく、他の事象も発生していない。</p> <p>会社はこの事態を、その他のLOPC事故としてTier 3に記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.2 節 Tier 1 の定義 用語集, UNDG クラス 2、ディビジョン 2.2 の定義</p>
<p>C. 3-19 ある会社が、故障したリリーフ弁の修理作業を、フレア稼働中に実施することを決定した。そのリリーフ弁には、製油所のフレアシステムから隔離するための排出用ブロック弁が付いてない。会社は、作業開始前に、運転から排出されるベントとフレアの使用をできる限り低減し、窒素を吹き込んで正圧状態にし、作業員を保護するために適切な予防措置を講じた。リリーフ弁の取り外しと仕切り板の取り付けを行う10分間に、推定350kg(770ポンド)の窒素がフレア配管から漏れた。負傷者はなく、漏洩したガスによる社会的影響もなかった。これはPSEとなるか？</p> <p>放出された窒素の量はUNDGクラス2、ディビジョン2.2物質のTier 2のしきい値を超えたが、この放出は計画され制御されていたので、このガイドで定義するLOPCではない。したがって、これはTier 1でもTier 2 PSEでもない。</p> <p>この例では、窒素の放出が起こることは予測され、作業員を保護するためのハード面での安全対策が実施され(予定され)、放出された量は予測された量を超えず、負傷者やコミュニティへの影響もなかった(制御されていた)。</p> <p>注：フレア稼働中の作業は潜在的な危険が多いため、一般的には推奨されない。有害かもしれない物質の放出計画では、安全な場所に放出し、作業員を適切に保護する必要がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 用語集, LOPC の定義 用語集, UNDG クラス 2、ディビジョン 2.2 の定義</p>

LOPC(一次封じ込めの失敗)に関する PSE の事例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 3-20 運送会社のローリーにディーゼル油を充填する作業中に、フラッシュ火災が発生した。充填作業手順の通りに、ローリー上部のマンホールのある区画に座っていた運転手が火傷を負い、入院した。ローリーからの液体の流出はなく、設備にも大きな損傷はなかった。火災は、静電気による着火かスイッチローディングによるものと思われる。一般的な上部からの充填作業では、可燃性蒸気の形成が予想される。これは Tier 1 PSE となるか、労働安全事故となるのか？</p> <p>これは Tier 1 PSE である。着火した際、容器内の火炎が蒸気空間のガスを膨張させ、「通常運転」で考えられる速度よりもはるかに速い速度（そしてはるかに高温）でマンホールから放出したため、予定外かつ制御不能な放出が第三者を入院させることになった。また、上部からの充填作業は、プロセスに接続されているものと見なされる。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.4 節 適用範囲 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C. 3-21 プロセスに接続しているホッパーに石灰粉を投入中、予定外に石灰粉をこぼしてしまった。これは PSE となるか？</p> <p>固体物質の LOPC は、液体や気体の LOPC と同様に評価される。固体物質の放出が計画外または制御不能であった場合、その分類は Tier 1 および Tier 2 の基準と比較して評価される。</p>	<p>1.2 節 Tier 1 の定義 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 3-22 ある運転員が、Tier 1 のしきい値を超える量の物質を保有する系の配管の一部から液がポタポタと漏れていることを発見した。配管修理の準備の為に、運転班は配管をプロセスから切り離し、水をプロセス排水のヘッダーに向けて流してパージを行った。しばらくして、彼らはその配管がまだ空になっていないことに気づいた。タンクの液面低下から、タンクとパージ対象の配管をつなぐバルブが漏れていたことが判明した。このバルブの漏れのために、運転班は誤って Tier 1 のしきい値を超える量の物質をプロセス排水のヘッダーに流してしまった。これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 PSE ではない。タンクからプロセス排水のヘッダーへ物質が不用意に（制御不能な）流出したとしても、一次封じ込めは破られていない。一次封じ込めとは、「・・・プロセス物質が大気にさらされないような閉じた領域・・・」と定義されている。この事象は、工程からの LOPC ではなく、ある工程から別の工程への物質の移動である。</p>	<p>Tier 1 PSE ではない 1.2 節 Tier 1 の定義 用語集, 一次容器の定義</p>
<p>C. 3-23 センサー不良のため、屋内の消火システムからハロンの計画外の放出があった。放出された量は、カテゴリー 7 UNDG クラス 2、ディビジョン 2.2 物質の Tier 1 の室内しきい値量を超えていた。</p> <p>しかし、D. 4 によると、多成分系のガスを窒息性ガス（UNDG クラス 2、ディビジョン 2.2 のガス）と見なすには、酸素濃度が 12vol.% 未満でなければならない。消火システムの設計によると、ハロンの放出により、室内の酸素濃度は 17.8% になる。つまり、この混合気（室内の空気とハロン）は 12% 未満にならず、窒息性ガスとは見なされないため Tier 1 PSE とはならないと思うが、この放出は Tier 1 PSE となるのか？</p> <p>このシナリオは Tier 1 の PSE ではないが、理屈は記載されている通りではない。このシナリオにおける付録 D の参照と使用には誤りがある。RP 754 の放出しきい値の分類は、放出される物質の分類に基づいており、放出によって生じる雰囲気には基づくものではない。付録 D の目的は、読者が多成分系物質のしきい値による放出カテゴリーを決める助けである。ハロン（プロモトリフルオロメタン）自体は多成分ガスではないので、付録 D は適用されない。</p> <p>ハロンの SDS には、UNDG クラス 2、ディビジョン 2.2 の物質と記載されている。消火システムが、消火対象区域内の雰囲気（人命の観点から）放出により酸素不足にならないように設計されているという事実は、ハロンの放出カテゴリーを変えるものではない。ハロンはカテゴリー 7 に分類される物質である。</p> <p>しかし、このシナリオでは、カテゴリー 7 の判定は無意味である。Tier 1 の定義では、LOPC はプロセスからの放出であることを求めている。消火システムはプロセスに関連した防護層ではあるが、プロセスの一部ではない。したがって、このシナリオは、プロセスからの LOPC がなかったため、Tier 1 PSE とはならない。</p>	<p>Tier 1 PSE ではない 用語集, プロセスの定義 用語集, UNDG クラス 2、ディビジョン 2.2 の定義</p>

LOPC(一次封じ込めの失敗)に関する PSE の事例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 3-24 API RP 754 のオンライン学習を受けた後、当社のエンジニアはシェル&チューブ式熱交換器の漏れと、これらの漏れが Tier 1/Tier 2 PSE の分類の対象となる LOPC と見なされるかどうかについて議論した。当社のエンジニアは、以下の 3 シナリオについて議論した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 冷却水系への炭化水素の漏れ。 2. スチームコンデンセート系に不揮発性の重質炭化水素が漏洩し、好ましくない混乱を生じるケース。 3. 同様に、熱交換器の漏れにより、蒸留塔内に炭化水素/炭化水素のコンタミが残り、製品が規格外れとなる。 <p>これらの「放出」シナリオは LOPC に該当するのか？</p> <p>その答えは、「一次封じ込め」の定義にある。シナリオ 1 は、炭化水素が一次封じ込め内に留まらないため、LOPC となる。冷却水システムは、冷却塔で大気へ開放されているため、一次封じ込めにあたらぬ。シナリオ 2 および 3 は、熱交換器が放出物質を閉じた領域（すなわちプロセスの別の部分）に漏出しているため、LOPC ではない。</p>	<p>Tier 1 か Tier 2 PSE の可能性</p> <p>用語集, 一次容器の定義</p>
<p>C. 3-25 下降配管からプラントエリアに希釈アスファルトが逆流し、高所の複数のブリーザー弁が開いて希釈アスファルト液が地上に放出された。放出の前や放出中には使用しておらず、空の筈のドレンホースにも希釈アスファルト液が逆流した。ドレンホースに亀裂があり、希釈アスファルト液が放出された。</p> <p>この一連の事象は単一の LOPC か、それとも複数の LOPC か？</p> <p>この事象には、Tier 1 および Tier 2 の PSE 基準に対して評価しなければならない異なる LOPC が少なくとも 2 つある。PSE は、開始事象ではなく、常に LOPC の観点から検討する。この場合、使用していないドレンホースからの LOPC と圧力放出装置からの LOPC がそれぞれ 1 つあった。複数の LOPC をグループ化することも、放出の状態によっては可能である。たとえば、使用停止中のラインに複数個所で漏洩が発生し、同じ人や機器に影響を与える可能性がある場合、それらは 1 つの LOPC と見なされる。それらが別の場所で発生した場合、またはそれらが異なる人や機器に影響を与える可能性がある場合、それらは別の LOPC と見なされる。同様に、システムとして機能する複数の圧力放出装置（一連の安全弁など）は、単一の LOPC と見なされる。一方、個々のラインや容器についての個別の圧力放出装置は、複数の LOPC になる。各 LOPC は、適切な基準 Tier 1/Tier 2 PSE の基準に照らして判断される。</p>	<p>Tier 1 か Tier 2 PSE の可能性</p> <p>用語集, LOPC の定義</p>

(訳者註 33：パッキンググループは米国連邦法 49 CFR 173.121 セクションに定めるハザードクラス 3 の引火性液体を引火点で分類したものである。因みに、国連分類によりハザードクラスは 1. 火薬類 2. 高圧ガス 3. 引火性液体類 4. 可燃性物質類 5. 酸化性物質類 6. 毒物類 7. 放射性物質類 8. 腐食性物質 9. その他の有害性物質となっている。)

パッキンググループ	引火点 (クロズドカップ)	初期の沸点
I		≤35 °C (95 °F)
II	<23 °C (73 °F)	>35 °C (95 °F)
III	≥23 °C, ≤60 °C (≥73 °F, ≤140 °F)	>35 °C (95 °F)

出典：49 CFR § 173.121 - Class 3 - Assignment of packing group

表 C-4 任意の 1 時間以内の放出に関する PSE の例と質問

任意の 1 時間以内の放出に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C.4-1 総量で 10 バレルのガソリンが 2 週間にわたって配管から地表にじわじわと流出していた。単純計算では、放出速度は 1 時間当たり約 0.03 バレルであった。この放出は 1 時間あたりしきい値を超えなかったため、Tier 1 でも Tier 2 PSE でもない。会社は、これを Tier 3 のその他の LOPC 事故として記録する可能性がある。</p> <p>別のシナリオ: 10 バレル の漏出が 1 時間 30 分にわたって定常的に流出したと推定されること以外は、上記と同じ場合。単純計算では、放出速度は 1 時間当たり 6.7 バレル であった。この放出速度は、Tier 1 PSE の報告基準である 1 時間以内 7 バレル に満たないが、1 時間以内に 1 バレル という基準は満たしているため、Tier 2 PSE となる。</p> <p>別のシナリオ: 上記と同様だが、10 バレル の漏洩が最初の 1 時間に毎時 8 バレル、最後の 30 分は毎時 4 バレル の速度で放出したと推定される点が異なる場合。毎時 8 バレルの放出速度は 1 時間以内の Tier 1 のしきい値を超えるため、Tier 1 PSE となる。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義 付録 A</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p>
<p>C.4-2 2 時間前に行った前回の見回り点検の時にはなかったが、TRC-6 物質の芳香族溶剤（例：ベンゼン、トルエン）およそ 10 バレル の液がプロセスの熱交換機の近くで流出していることをオペレーターが発見した。放出の継続時間はどのように決定するのか？</p> <p>可能であれば、流出の開始時刻は利用可能なデータ（プロセスデータ、監視カメラ、周辺住民からの苦情など）から決定すべきである。信頼できるデータがない場合は、放出していた時間は 1 時間だったと仮定することもできる（これは最も厳しく包括的な選択である）し、あるいは流出開始時刻は最後に流出していなかったことを確認した時刻の直後と仮定することもできる。どの仮定を使用するかは、会社の判断である。信頼できるデータが入りできない場合は、毎回同じ方法を採用すべきである。</p> <p>この例では、開始時刻を決定するための信頼できるデータがない。会社が最も厳しい、流出全体が 1 時間に発生したと仮定した場合、この例は Tier 1 PSE となる（すなわち、10 バレル の TRC-6 物質が Tier 1 のしきい値 を超えている）。会社がより緩い仮定を選択し、運転員が前回の見回りを終えた直後に流出が始まったと仮定した場合、これは Tier 2 PSE となる（すなわち、2 時間で 10 バレル、1 時間で 5 バレル であり、Tier 1 のしきい値 未満だが Tier 2 の しきい値 を超えている）。</p>	<p>Tier 1 PSE</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p>
<p>C.4-3 天然ガス流量が予想以上となったトラブルに対応中、運転員は天然ガス配管のブロック弁が開いており、高所にあるベントから放出されていることを発見した。更に調査した結果、合計 100 万ポンドの天然ガスが 6 ヶ月間にわたって定常的に放出されていたことが判明した。放出速度（1 時間あたり 100kg 程度）はしきい値（1 時間以内に 500kg 以上）を超えなかったため、これは Tier 1 PSE とはならないが、Tier 2 の 1 時間以内に 50kg 以上のしきい値を超えたため、Tier 2 PSE となる。</p> <p>註：この量の放出は、環境規制の観点からは報告すべき事故となる可能性がある。</p>	<p>Tier 2 PSE</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p>

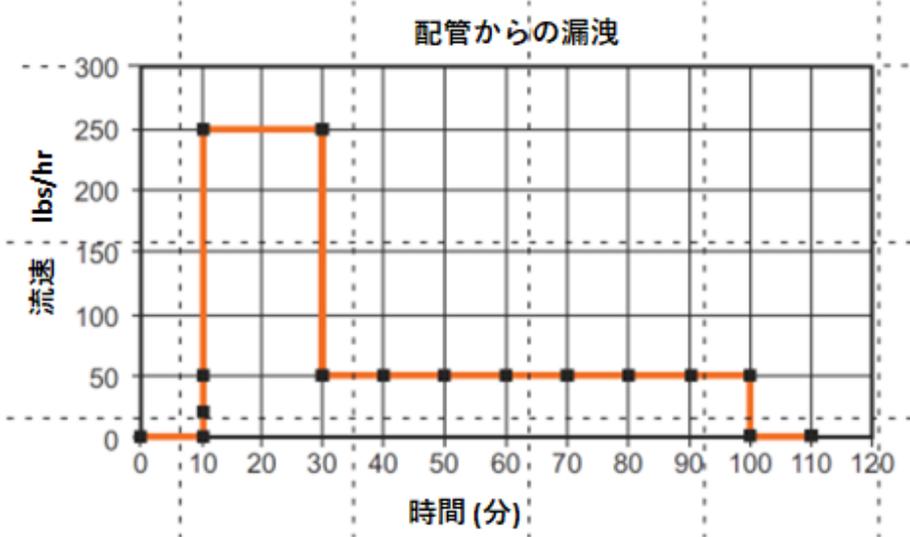
任意の 1 時間以内の放出に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C.4-4 可燃性蒸気(プロピレン)が配管から毎時 250 ポンドの速度で漏れていることが発見された。20 分後、運転員は配管のその部分を隔離し、漏洩速度を毎時 50 ポンドにまで減らすことができた。その配管は完全に隔離されるまでにさらに 70 分間、毎時 50 ポンドで漏れ続けた。以下のグラフを参照。</p>  <p>放出された量に対する適切な評価方法は何か？</p> <p>しきい値は、「任意の 1 時間」における最大の放出量と比較する。この場合、放出速度の推移が分かっており、任意の 1 時間における最大の放出量は、最初の 1 時間に該当する。</p> <p>最初の 1 時間の事象</p> <p>放出量: 20 分間 = 0.33 [hr] × 250 [lb/hr] = 82.50 [lb] (ポンド)</p> <p>放出量: 40 分間 = 0.67 [hr] × 50 [lb/hr] = 33.50 [lb] (ポンド)</p> <p>最初の 1 時間の総放出量 = 116 ポンド したがって、「任意の 1 時間」の放出量が可燃性ガスの Tier 2 のしきい値量を超えているので、Tier 2 PSE となる。</p>	<p>Tier 2 PSE</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義 付録 A</p>
<p>C.4-5 ある会社で、2 分間に 20 ガロンの低硫黄ディーゼル油が漏洩する LOPC が発生した。これは毎分 10 ガロンの放出速度に相当する。低硫黄ディーゼル油は T1-7 の物質で、TRC-7 の付録 A のしきい値量は 1 時間あたり 14 バレルである。これは、毎分 9.8 ガロンの放出速度に相当する。したがって、毎分 10 ガロンの放出は Tier 1 PSE に分類される。これは正しいか？</p> <p>この判断は間違っている。これは Tier 1 PSE ではない。付録 A のしきい値量は 1 時間の放出総量であり、放出速度を示すものではない。放出時間の合計が 1 時間以下の場合、総放出量をしきい値と比較する。この場合、放出時間は 1 時間未満である。したがって、総放出量 20 ガロンをしきい値の 14 バレルと比較することになる。</p> <p>放出速度は、放出時間が 1 時間を超え、実際の放出の推移が不明な場合にのみ使用する (例 C4-4 参照)。</p>	<p>Tier 1 PSE ではない</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p>

表 C-5 混合物と溶液に関する PSE の例と質問

混合物と溶液に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2																									
<p>C.5-1 特殊化学品の工場で配管継手が壊れ、ホルムアルデヒド 30 %、メタノール 45 %、水 25 % の混合液 4000 ポンドが 1 時間以内に放出された。</p> <p>この混合液は、UN 危険物/米国 DOT の規定では分類されないため、しきい値量の混合物計算方法が適用される。純成分の報告すべきしきい値はホルムアルデヒドが 4400 ポンド、メタノールが 2200 ポンドである。</p> <table border="1" data-bbox="161 593 1129 817"> <thead> <tr> <th>成分</th> <th>wt. %</th> <th>放出量 (ポンド)</th> <th>PSE しきい値 (ポンド)</th> <th>しきい値に対する割合</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ホルムアルデヒド</td> <td>30 %</td> <td>1200</td> <td>4400</td> <td>27.3 %</td> </tr> <tr> <td>メタノール</td> <td>45 %</td> <td>1800</td> <td>2200</td> <td>81.8 %</td> </tr> <tr> <td>水</td> <td>25 %</td> <td>1000</td> <td>n/a</td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>109.1 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>この放出は、個々の成分が個々のしきい値量を超えてはいないが、しきい値に対する割合の合計が 100 %を超えるため、Tier 1 PSE である。</p> <p>註：これは簡便的な方法であり、多かれ少なかれ無難な結果となる可能性がある。より正確な方法としては、DOT 49 CFR 173.2a [44]の規則または危険物の輸送に関する国連勧告、セクション 2 を適用する方法がある。[45]</p>	成分	wt. %	放出量 (ポンド)	PSE しきい値 (ポンド)	しきい値に対する割合	ホルムアルデヒド	30 %	1200	4400	27.3 %	メタノール	45 %	1800	2200	81.8 %	水	25 %	1000	n/a	0 %					109.1 %	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p>
成分	wt. %	放出量 (ポンド)	PSE しきい値 (ポンド)	しきい値に対する割合																						
ホルムアルデヒド	30 %	1200	4400	27.3 %																						
メタノール	45 %	1800	2200	81.8 %																						
水	25 %	1000	n/a	0 %																						
				109.1 %																						
<p>C.5-2 漏洩により過熱塩酸の配管から 2500 ポンドの塩酸が流出した。フラッシュ計算をしたところ、250 ポンドの塩化水素が蒸気として放出されていた。これは Tier 1 か Tier 2 の PSE となるか？</p> <p>付録 D の方法に従えば、飛散した物質と残りの液体は別々に評価される。2250 ポンドの放出物質の残液は、強酸の Tier 2 のしきい値放出量 2200 ポンドを超える。</p> <p>しかし、フラッシュした 250 ポンドの塩化水素蒸気は、Tier 1 TIH ゾーン C のしきい値量 220 ポンドを超えている。</p> <p>2250 ポンドの液体放出は Tier 2 のしきい値放出量を超えているが、この事象はより深刻な Tier 1 の毒性物質の放出に基づいて分類される。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A 付録 D</p>																									
<p>C.5-3 CO₂ と 10,000 vppm (1 vol%) の H₂S の配管が漏洩し、1 時間以内に 7000 kg (15,400 ポンド)のガスが放出された。計算によれば、この放出は TIH ゾーン B の化学物質の H₂S が約 55kg で、UNDG クラス 2、ディビジョン 2.2 の不燃性、非毒性ガスの CO₂ が 6945kg (15,279 ポンド)であった。この放出は、放出分類 2 と 7 の両方で Tier 1 のしきい値を超えるため、Tier 1 PSE となる。</p> <p>別のシナリオ: H₂S の濃度が 50 vppm とした場合、放出量の計算は H₂S が 0.3 kg (0.66 ポンド)、CO₂ が 6999 kg (15,398 ポンド)となる。放出カテゴリ-2 の H₂S の量が Tier 1 および Tier 2 のしきい値を下回っているが、CO₂ が放出カテゴリ-7 のしきい値を超えるため、この放出は依然として Tier 1 の PSE に該当する。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A 用語集, UNDG クラス 2、ディビジョン 2.2 の定義</p> <p>Tier 1 PSE</p>																									

混合物と溶液に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C.5-4 中間タンクから 1500 kg の 35% HCl が漏れた。この溶液の物性は強酸である。これは PSE となるか？その判定を行う場合、無水 HCl (525kg) の成分を溶液の水成分 (975kg) と別々に評価するのか、それとも溶液全体の質量 (1500kg) を使用するのか？</p> <p>付録 D により、溶液の総量を使用して、しきい値を超えたかどうかを判断しなければならない。さらに、フラッシュや気化による放出の可能性がある場合は、無水塩化水素に対するしきい値に対して評価する必要がある。付録 D の D.5 および例 C.5-2 を参照のこと。この場合、放出された量は、放出分類 8 の物質のしきい値を超えている。したがって、これは Tier 2 PSE である。</p> <p>付録 D の多成分混合物の放出に対するしきい値の分類は、単一相で構成される均質な混合物として論じられている。したがって、放出物全体に適用されるしきい値の放出分類は、溶液の物性を用いて決定する。</p> <p>付録 D はさらに、溶液の特性または危険性が不明な場合、会社は溶質と溶媒の特性または危険性と放出量を個別に使用して、適用可能なしきい値放出カテゴリとしきい値放出量を決定できると述べている。</p>	<p>Tier 2 PSE</p> <p>用語集, 強酸性物質の定義</p> <p>付録 A</p> <p>付録 D</p>
<p>C.5-5 ホースの接続部が漏洩して、水処理用の薬液、約 1000kg が屋外に流出した。この放出による負傷者、火災、地域社会への影響はなかった。水処理用薬液は約 25%のジエチルアミン水溶液で、UNDG PG II (危険物等級 8-腐食性)物質である。SDS はこの溶液を危険物とは分類しておらず、その物性は毒性、引火性、または腐食性のいずれの危険性も示していない。これは Tier 2 PSE となるか？</p> <p>25 %ジエチルアミン水溶液は、放出されても単独成分には分離しない為、溶液としての特性を考慮する。SDS を徹底的に検討しても、しきい値の放出量に関連する物質の危険性分類 (例：毒性、引火性、腐食性) に該当する危険性はないため、これは Tier 1 または Tier 2 PSE ではない。会社はこの LOPC を Tier 3 のその他の LOPC として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>付録 A</p>
<p>C.5-6 最初の 1 時間に 18 wt%の水酸化ナトリウム溶液 2400 ポンドが一次容器から屋外に放出された。18 wt%の水酸化ナトリウム溶液の pH は 12.5 を超えているため、API RP754 の定義により強塩基に該当する。安全性データシートには、溶液はパッキンググループ II として記載されている。</p> <p>これは Tier 1 または Tier 2 PSE となるか？ また、評価は溶液の重量であるのか、水酸化ナトリウムの無水重量に基づいて行うのか？</p> <p>付録 D は、多成分の放出をどのように分類するかについて解説している。D.8 では、溶液のしきい値放出カテゴリを決定する際に、溶液の特性が分かっているならばそれを使用するようにと述べている。この場合、溶液の pH とパッキンググループ番号の両方が分かっている。両者とも分類の優先順位 (すなわち、毒性、燃焼性、腐食性、次に梱包グループ) を述べている。したがって、強塩基として、この溶液は屋外放出のしきい値が 2200 ポンドの放出カテゴリ-8 の物質に該当する。2400 ポンドの放出は Tier 2 のしきい値を超えているので、これは Tier 2 PSE である。</p> <p>註：弱、中、強の酸性/塩基の LOPC は、放出された量に関わらず、Tier 1 PSE にはなり得ない。</p>	<p>Tier 2 PSE</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>付録 A</p> <p>付録 D</p>

表 C-6 圧力放出装置と不安全な場所に関する PSE の例と質問

圧力放出装置と不安全な場所に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C.6-1 ある設備が不調になって、圧力放出装置が大気開放になり、300 ポンドのプロパンが大気中に放出されたが、悪影響は出なかった。これは PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 でも Tier 2 の PSE でもない。放出量はプロパンの Tier 2 のしきい値を超えているが、圧力放出装置からの放出は定義された悪い結果のいずれにも該当しないため、これは Tier 2 PSE ではない。会社は、これを安全システムの作動要求 Tier 3 として記録する可能性がある。</p> <p>別のシナリオ: 上記と同じであるが、敷地内でシェルターインプレイスが予告無しに発令された。これは、プロパンの Tier 2 のしきい値を超え、圧力放出装置からの放出による定義された悪い結果の 1 つが生じたため、Tier 2 PSE となる。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C.6-2 パイロット弁の凍結により圧力放出装置がセットポイントの 30 % で作動/開放し、放出量が Tier 1 PSE のしきい値を超えた場合、圧力放出装置が設計通りに機能しなかったため、これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>圧力放出装置からの放出の Tier 1 基準は、圧力放出装置が設定点以上または以下で開いたかどうか、または設計と設置に関連する他の要因とは関係ない。圧力放出装置からの放出が Tier 1 または Tier 2 PSE に分類されるのは、表に示された現象の 1 つ以上が発生し（すなわち、レインアウト、潜在的に危険な場所への放出、敷地内のシェルターインプレイス、公的な防災対策）、圧力放出装置からの放出量が付録 A のしきい値を超えた場合のみである。これらの悪い現象は、いずれもこの質問では言及されていない。したがって、この事象は Tier 1 PSE ではない。</p>	<p>Tier 1 PSE ではない 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p>
<p>C.6-3 ある施設で、ホットオイルシステムが圧力過剰になり、リリーフ弁が開いて少量の熱媒が二次格納容器に流れ込む事象が発生した。負傷者またはその他への影響はなく、放出された量は Tier 1 や Tier 2 の放出しきい値を超えなかった。この事象はどのように分類されるべきか？</p> <p>この事象は、Tier 1 または Tier 2 のいずれの結果も生じなかったため、Tier 1 でも Tier 2 の PSE でもない。しかし、会社はこれを Tier 3 の安全システムに対する起動要求に分類する可能性がある。セクション 7 では、安全システムに対する起動要求や他の LOPC を含むいくつかの Tier 3 の例について説明している。ホットオイルシステムなどのユーティリティシステムは、API 754 の報告事項に適用される「プロセス」の定義に該当する。したがって、会社はこのイベントを Tier 3 「その他の LOPC」および Tier 3 「安全システムに対する起動要求」として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 用語集、プロセスの定義 1.2 節 Tier 1 の定義 1.2 節 Tier 2 の定義 付録 A</p>

圧力放出装置と不安全な場所に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C.6-4 圧力放出装置（及びその下流の除外設備）が実際には液体放出又は二相流の放出用に設計されていた場合、圧力放出装置からの放出事象をどのように分類するのが適切か。</p> <p>例えば：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 凝縮液ポンプの吐出側のリリーフ弁が開き、凝縮液が凝縮液タンクに戻されたとする。そのリリーフ弁と下流配管は液体用に設計されている。 2) ガスと凝縮液の二相流配管上（分離プロセスの上流側）にある圧力放出装置が開放して、ガスと凝縮液がフレアシステムのノックアウトドラムに送られ、そこで液体を分離除去してガスをフレアに送ったとする。圧力放出装置は二相流の圧力開放目的で設計され、フレアシステムはその液体を処理するために設計されている。 3) ガスと凝縮液の二相流の配管上（分離プロセスの上流側）の圧力放出装置が開放して、ガスと凝縮液が廃液タンクに送られ、液体は廃液タンクに留まり、ガスは安全な場所に排気されたとする。圧力放出装置は二相流の圧力放出用として、廃液タンクは液体を処理するように設計されている。 <p>単相流か二相流であるかとか、圧力放出装置の設計は、圧力放出装置からの排出を Tier 1 または Tier 2 PSE に分類する要因ではない。定義上、すべての圧力放出装置からの排出は LOPC である。したがって、大気への排出（直接または除外装置経由に拘わらず）は、次の 4 つの事象の有無について評価しなければならない。 [(1) レインアウト、(2) 潜在的に不安全な場所への排出、(3) 警戒のための行動を除く敷地内のシェルターインプレイスまたは避難場所への避難、(4) 警戒のための行動も含む公的な防災対策（例えば道路封鎖）]</p> <p>例 1 では、圧力放出装置からの排出は大気や下流の除害装置ではなく、凝縮液タンクに再循環されるため、PSE には該当しない。</p> <p>例 2 では、圧力放出装置から二相流 が下流の除害装置へ排出されており、液相はフレアシステムのノックアウトドラムに留まり、ガスはフレアで燃焼されている。したがって、示された 4 つの事象のいずれも発生していないため、PSE ではない。</p> <p>例 3 も例 2 と同様である。圧力放出装置から二相流は液体を捕捉する廃液タンクに排出され、ガスは安全な場所に排気されている。圧力放出装置からの排出に関する 4 つの事象のいずれも発生していないため、これも PSE ではない。</p> <p>会社はこれらの事象を Tier3 として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C.6-5 シェル&チューブ型熱交換器のシェル側は、チューブ漏れ発生時の破損を防ぐため、大気開放の圧力放出装置で保護されている。チューブにはエチレン、シェルには冷却水が入っている。チューブが破裂し、シェル側の圧力放出装置が開いて、エチレンが大気中に飛散して、巻き込まれた冷却水はレインアウトしたとする。冷却水は常温であり、火傷の心配はない。これは PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 でも Tier 2 の PSE でもない。PSE として認定されるには、圧力放出装置からの放出が 1 つ以上の定義された事象をもたらす、放出量はその物質のしきい値を超えなければならない。冷却水のレインアウトは圧力放出装置からの放出の定義された事象に該当するが、付録 A には冷却水のしきい値がないため、この圧力放出装置からの放出を分類するもう一つの条件は満たされていない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>付録 A</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>付録 A</p> <p>用語集、レインアウトの定義</p>

圧力放出装置と不安全な場所に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C.6-6 大気開放装置が開いて Tier 1 のしきい値を超える量の物質が排出された。圧力開放装置を設計する際に実施された拡散モデリングでは、可燃性混合物が隣接するタワーの高所作業用プラットフォームに影響を与える可能性を示していた。このプラットフォームが影響を受ける可能性を知った会社は、許可制度を取ってプラットフォームへのアクセスを制限していた。放出時、風は高所作業用プラットフォームの方向に吹いていたが、そこには誰もいなかった。これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 の PSE ではない。放出量は Tier 1 のしきい値を超えたが、4 つの定義された事象のうちどの 1 つにも該当しなかった。これらの事象の 1 つは、潜在的に安全でない場所への放出である。安全でない場所の定義では、可燃性混合物、毒性物質、腐食性物質、熱放射に人がさらされる可能性がある地上や高所作業用の構造物が、アクセス制限や適切な警告標識を備えたバリケードによって管理されている場合を特に除外している。</p> <p><u>別のシナリオ: 1</u></p> <p>サイトの許可制度に従い、作業員がプラットフォームに立ち会っていたが、無傷で脱出することができたとする。これは Tier 1 の PSE ではない。作業員がいたとしても、定義上、作業用プラットフォームは、アクセス管理に関する除外事項のもとでは「安全でない場所」ではない。作業員が負傷していた場合は、負傷の重大性に応じて、Tier 1 または Tier 2 の PSE に該当する。</p> <p><u>別のシナリオ: 2</u></p> <p>会社は、許可制度またはバリケードや標識によってプラットフォームへのアクセスを制限していなかったとする。高所作業場所が放出の影響を受けており、アクセス制御による除外も適用されないため、これは Tier 1 の PSE となる。安全でない場所の定義は、圧力放出装置の開放時に実際に人員がいたかどうかとは無関係である。</p> <p><u>別のシナリオ: 3</u></p> <p>会社は、許可制度またはバリケードや標識によってプラットフォームへのアクセスを制限してはいなかった。圧力放出装置の開放時、作業員が高所作業用プラットフォームにいたが、風向きがプラットフォームから外れていたとする。これは Tier 1 PSE ではない。放出時に作業用プラットフォームは実際に影響を受けなかったため、安全でない場所とは解釈されない。LOPC を Tier 1 または Tier 2 に分類するための評価は、放出時の実際の条件と結果に基づいており、「もし〜だったら」という条件は考慮しない。</p>	<p>Tier 1 PSE ではない 1.2 節 Tier 1 の定義 用語集, 安全でない場所の定義</p> <p>Tier 1 PSE ではない 1.2 節 Tier 1 の定義 用語集, 安全でない場所の定義</p> <p>Tier 1 PSE である 1.2 節 Tier 1 の定義 用語集, 安全でない場所の定義</p> <p>Tier 1 PSE ではない 1.2 節 Tier 1 の定義 用語集, 安全でない場所の定義</p>

表 C-7 パイプラインと複数の結果に関する PSE の例と質問

パイプラインと複数の結果に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 7- 1 パイプラインが漏洩し、1 時間以内に 2000 ポンドの可燃性ガスが地上に放出されたが、放出は施設内の遠隔地で発生した。その放出は施設のプロセス又は貯蔵エリア内で発生し（「遠隔地」であることは考慮されない）、Tier 1 のしきい値を超えたので、Tier 1 の PSE である。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p>
<p>C. 7- 2 パイプラインが漏洩し、1 時間以内に 2000 ポンドの可燃性ガスが地上に放出された。主要施設とその海上ドックの間には公道が通っている。このパイプラインはプラントからドックまで続いている。漏洩は、たまたま施設の敷地外の公道上を通る短い配管の区間で起こった。技術的には敷地外で発生した漏れであるが、パイプラインの全区間をプラントが所有し運営しているため、これは Tier 1 の PSE である。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.4 節 適用範囲 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p>
<p>C. 7- 3 引火点<23 ° C (73 ° F)の液体が 200 バレル 流出して、それに着火して他の設備に損害を与え、報告基準値を超える有毒ガスが放出され、さらに休業災害 3 名と死者 1 名を出す事故になった場合。 これは Tier 1 の PSE である。この施設では、複数の結果を伴う一件の事象（つまり、死者 1 名、休業災害 3 名、火災、引火点<23°C (73° F) の液体と毒性ガスのしきい値を超える放出）を記録することになる。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C. 7- 4 A 社（パイプライン会社）が所有、運営、保守する輸送用パイプラインが B 社の敷地（精製所）を通過している。そのパイプラインから可燃性ガスが放出され、着火して B 社の設備に 10 万ドル以上の損害を与えた。これはどちらの会社の PSE となるか？ これは、10 万ドルの火災被害をもたらした計画外または制御不能の LOPC があったため、A 社の Tier 1 PSE である。A 社は、パイプラインを所有し、運転し、維持しているので、責任当事者である。</p>	<p>Tier 1 PSE 付録 A [2], 適用範囲 用語集, 直接費の定義 用語集, 責任当事者の定義 1.2 節 Tier 1 の定義</p>

表 C-8 海上輸送に関する PSE の例と質問

海上輸送に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 8-1 プロセスから切り離されたばかりの海上輸送船で、引火点 60°C を超える物質が引火点以下の温度で放出され、船内に 14 バレルが流出する事故となった。船舶が原料や製品の移送のためにプロセスに接続されている場合を除き、海上輸送の運行に関する事象は明確に除外されているため、この事象は PSE ではない。 もし、流出が発生したときに海上輸送船がまだプロセスに接続されていたら、それは Tier 2 PSE に該当する。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.4 節 適用範囲 1.2 節 Tier 1 の定義 1.2 節 Tier 2 の定義 付録 A</p>
<p>C. 8-2 タグボートに押されていた他社の艀(はしけ)が自社のドックに衝突し、艀の隔室が破損してディーゼル油 50 バレル (8 m³) を水中に放出した。破損した艀が、原料または製品の移送の目的でプロセスに接続されてはいなかったため、この事故は PSE には該当しない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.4 節 適用範囲</p>

表 C-9 トラック及び鉄道に関する PSE の例と質問

トラック及び鉄道に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C.9-1 会社の貨車が脱線し、輸送中に 7 バレルを超えるガソリンが流出した。この事故は、原料や製品の移送を目的としてプロセスに接続されていたのではないため、PSE に該当しない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.4 節 適用範囲</p>
<p>C.9-2 塩素用タンク貨車 2 両が施設の荷降ろし用のステーションに搬入された；受入タンクは 2 台のタンク貨車の量を受け入れられる容量がある。1 台のタンク貨車はプロセスに接続され、もう 1 台はステーションに入っているがプロセスには接続されていない。2 台目のタンク貨車で漏れが発生し、1 時間以内に 6 ポンドの塩素が放出された。これは PSE となるか？</p> <p>2 台目の貨車は「荷降ろし待機」の定義を満たすため、これは Tier 1 でも Tier 2 の PSE でもない。待機中は輸送の一部であり、PSE の適用範囲から明確に除外されている。</p> <p>別のシナリオ： 受入タンクに 2 両目のタンク貨車の量を受け入れるのに十分な空き容量がないことを除けば、上記と同じ場合。 これは Tier 2 PSE である。2 台目のタンク貨車は「荷降ろし待機」の定義を満たさず、現場貯蔵とみなされる。6 ポンドの塩素放出は TIH ゾーン B 物質 (TRC-2) の Tier 2 のしきい値を超える。</p> <p>註：これらは、「荷降ろし待機」と「現場貯蔵」の概念、及び輸送とプロセスの区別を説明する例である。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.4 節 適用範囲 用語集, 荷降ろし待機の定義</p> <p>Tier 2 PSE 1.4 節 適用範囲 用語集, 荷降ろし待機の定義</p>
<p>C.9-3 会社の敷地内でプロセスに接続された他社のタンクローリーに充填作業中に、1 時間以内に 7 バレルを超えるガソリンが流出した。ローリーは、原料又は製品の移送のためにプロセスに接続している間、又はプロセスとの接続/切離しをしている間はプロセスの一部とみなされるため、この事象は Tier 1 PSE である。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.4 節 適用範囲 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C.9-4 タンクローリーが製油所に入り、駐車して充填口に接続された。製品を積み込んだ後、ローリーが切り離され、充填エリアを出て、製油所の敷地内で LOPC につながる事故を起こした。これは PSE となるか？</p> <p>これは PSE ではない。ローリーはプロセスに接続されておらず、切り離しの作業中でもない。したがって、その後の LOPC は輸送中の事故と見なされる。PSE ではないが、調査し、再発防止のための是正措置を講じるべきである。</p> <p>別のシナリオ： あるタンクローリーが製油所に入り、他のローリーと共に駐車して積み込みを待っていた。そのローリーには、以前の積み荷の製品が数百ガロン含まれていた。そのトラックが漏洩事故を起こし、その結果、Tier 1 のしきい値を超える量の製品が放出された。これは Tier 1 PSE となるか？ このローリーはプロセスに接続されておらず、プロセスとの接続や切り離しの作業中でもなかったため、Tier 1 PSE ではない。同様に、定義上、荷降ろし待機は荷降ろし待ちの車両や貨車にのみ適用されるため、トラックは「荷降ろし待機」に該当しない。従って、この漏洩事故は輸送中の事故と見なされる。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.4 節 適用範囲</p> <p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.4 節 適用範囲 用語集, 荷降ろし待機の定義</p>

表 C-60 除害設備に関する PSE の例と質問

除害設備に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 10-1 フレア先端のパイロットバーナー(口火)が点火しなかった為、フレアシステムが正常に機能していなかった。この間に、プロセス設備で圧力過剰が発生し、排出された蒸気がフレアシステムに送られた。圧力放出装置を通る蒸気量は Tier 1 のしきい値を超えていて、可燃性混合物が形成される事象となった。リリース弁の排出量が付録 A のしきい値より大きく、潜在的に安全でない場所への放出につながったため、これは Tier 1 PSE に分類される。</p> <p>別のシナリオ: 上記と同じであるが、蒸気が大気中に拡散して、定義された 4 つの事象のうち 1 つも生じなかった。これは Tier 1 でも Tier 2 の PSE でもない。会社はこれを Tier 3 として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p> <p>Tier 3 PSE</p>
<p>C. 10-2 100 バレル のナフサ液が誤って圧力放出装置からフレアシステムに流れた。フレアノックアウトドラムで放出の大部分は捉えられたが、フレアからわずかにレインアウトした。圧力放出装置から下流の除害設備に放出された量が付録 A のしきい値を超え、定義された 4 つの事象のうち 1 つ (レインアウト) が生じたため、これは Tier 1 PSE である。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 付録 A</p>
<p>C. 10-3 圧力放出装置から、Tier 1 のしきい値量より少ないが Tier 2 のしきい値量より多い放出があり、スクラバーに流れたが、設計値より多い流量であったため、人が有毒な蒸気にさらされ、数日間の休業災害となった。これは Tier 1 か Tier 2 の PSE となるか？</p> <p>記述されたように、Tier 1 と Tier 2 の両方の結果が生じた。Tier 1 の結果は、休業災害である。Tier 2 の結果は、圧力放出装置からの排出が Tier 2 のしきい値を超えて潜在的に安全でない場所に排出されたことである。これは Tier 1 の PSE である。複数の結果を伴う事故については、最も高い分類が優先される。</p> <p>別のシナリオ: 立入り制限のない高所作業場所で毒性物質が検出されたが、人身事故がなかったこと以外、上記と同じ場合。圧力放出装置から下流の除害設備への放出量が Tier 2 のしきい値を超え、Tier 2 のリストに定義されている危険な放出 (安全でない場所への放出) となったため、これは Tier 2 PSE である。高所作業場所の立入りが制限されていた場合 (用語集を参照) は、これは Tier 1 でも Tier 2 PSE でもないため、会社はこのことを Tier 3 の指標とする可能性がある。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 2 の定義 用語集, 安全でない場所の定義</p>
<p>C. 10-4 プロパンタンクが圧力過剰となった場合、圧力放出装置からフレアシステムに流す構造になっている。フレアシステムのパイロットバーナー(口火)が点火せず、可燃性ガスが燃焼されなかった。この事象は 45 分間に渡って続いた。プロパンの放出量は 1300 ポンドと推定される。フレアの高さと位置のお陰で、放出されたガスは地上および作業足場よりも上方の大気中で放散された。圧力放出装置からの放出が Tier 1 のしきい値を超えたとしても、Tier 1 に記載されているいづれの事象もなかったため、これは Tier 1 の PSE ではない。</p> <p>この放出は、環境規制の観点からは報告すべき事故の可能性があり、会社は、Tier 3 のその他の LOPC として、また Tier 3 の安全システムの作動要求として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 1.2 節 Tier 1 の定義 1.2 節 Tier 2 の定義 付録 A</p>

除害設備に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 10-5 プロセス異常により圧力放出装置が開き、燃料ガスが施設のフレアシステムに放出された。フレアシステムは適切に動作し、圧力放出装置からの蒸気を燃焼させた。圧力放出装置からの放出物は下流の除害設備に送られ、意図したとおりに処理された（すなわち、定義された 4 つの事象のどれも引き起こさなかった）ので、これは Tier 1 または Tier 2 PSE ではない。</p> <p>会社はこの事象を Tier 3 の安全システムの作動要求として記録する可能性がある。</p> <p>別のシナリオ:</p> <p>プロセス異常により圧力放出装置が開き、Tier 1 または Tier 2 のしきい値を超える気液二相流が放出された。液体がフレアドラムロックアウトに流れたが、レインアウトという形で大気への放出は起こらなかった。これは Tier 1 または Tier 2 の PSE となるか？</p> <p>圧力放出装置からの放出は下流の除害設備に送られ、意図したとおりに処理された（すなわち、定義された 4 つの事象のどれも引き起こさなかった）ので、これは Tier 1 または Tier 2 PSE ではない。</p> <p>会社は、これを Tier 3 の安全装置への作動要求として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>付録 A</p> <p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>付録 A</p>

表 C-71 バキュームカーの操作に関する PSE の例と質問

バキュームカーの操作に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 11-1 あるバキュームカーが付近の施設から排液を回収した後、廃水処理施設の近くに駐車し、プロセスへの接続と排液の排出についてオペレーターの承認を待っていた。待機中にバキュームカーが故障し、排液を環境に放出してしまった。バキュームカーの操作は、回収、排出、またはバキュームカーの移送ポンプを使用しない限り除外されるため、これは PSE ではない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.4 節 適用範囲</p>
<p>C. 11-2 ベントに活性炭吸着装置を装備したバキュームカーが、流出した炭化水素を吸引していた。活性炭吸着装置に着火し、それが延焼してバキュームカーに 1 万ドル以上の損害が発生した。炭化水素の最初の放出が LOPC に該当し、LOPC への対応が Tier 2 の結果の 1 つをもたらしたので、これは Tier 2 の PSE である。</p> <p>バキュームカーがプロセスに接続されている以外は、上記と同じとする。火災被害による直接費が 2,500 ドルを超えたため、Tier 2 の PSE である。活性炭吸着装置に吸着された過剰な炭化水素蒸気が制御されていない LOPC である。</p>	<p>Tier 2 PSE</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>1.4 節 適用範囲</p>
<p>C. 11-3 業者のバキュームカーを使用してタンクからスラッジを定期的に清掃中、バキュームカーに取り付けられたサイクロン式セパレータの 1 つがそのハウジングから飛び出した（10,000 ドルの損害）。タンクから外部格納容器に材料を移動させるためにバキュームカーの移送ポンプが使用されていた。そのセパレータはバキュームカーから数フィート離れた場所に落ちたが、人の怪我や機器の損傷はなかった。予備調査の結果、過剰圧力はサイクロン式セパレータ内部の爆燃によるものと判明した。この事象は、バキュームカーの移送ポンプを使用していたため、Tier 3 LOPC に分類されるのか。それとも、トラックが原料や製品の移送を目的としてプロセスに接続されていないトラック運転として除外されるのか。</p> <p>記述された通り、バキュームカーの移送ポンプが使用されていたため、バキュームカーはプロセスの一部であったとみなされる。サイクロン式セパレータが「ハウジングから飛び出した」とき、物質の放出もあったはずである。したがって、これは PSE となる。爆発による直接費の損害が 2500 ドルを超えることから、この事象は Tier 2 PSE に分類される。</p>	<p>Tier 2 PSE</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p>

表 C-82 直接費に関する PSE の例と質問

直接費に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 12-1 ポンプのシールが破れて漏洩し、それに火が着いて火災になった。火災は直ぐに消火され、人への被害はなかった。しかし、この火災により、損傷した計装機器の修理と断熱材の交換が必要になった。損傷の程度と必要な修理を査定するための費用は、合計 8,500 ドルであった。修理、交換、清掃の費用は、合計で 20,000 ドルとなった。これは Tier 1 または Tier 2 の PSE となるか？</p> <p>火災による直接費は Tier 2 のしきい値である 2500 ドルを超えたが、Tier 1 のしきい値である 10 万ドルを下回ったため、これは Tier 2 の PSE となる。なお、シールの交換費用は直接費の計算に含まれない。火災で損傷した機器の修理と交換にかかる費用のみで、火災の原因となった機器の故障を修理する費用は含まないことに注意のこと。また、損害の程度や必要な修理内容を判断するためのエンジニアリングや査定にかかる費用も直接費の対象外である。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.2 節 Tier 1 の定義 用語集, 直接費の定義</p>
<p>C. 12-2 水素を輸送する 4 インチのパイプラインが、冷却塔からの水滴が掛かるエリアを通過して、外部腐食が発生した。その結果ピンホールの漏れが生じて着火した。夜勤中に小さな青い炎が確認されたので、ラインを隔離し減圧操作したことで、炎が上向きで、他の機器に影響を与えなかったため、火災による被害は生じなかった。適切に仮修理を行うためにラインを検査したところ、300 フィート以上の配管が、交換が必要な悪い状態であり、使用を再開することはできないと判断された。その区間の交換費用は 10 万ドル以上である。これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 でも Tier 2 の PSE でもない。定義により、パイプラインの損傷は火災によるものではない。LOPC を起こした故障部品の修理や交換のコストは、それが火災によってさらに損傷を受けたのでなければ除外される。</p> <p>会社はこの事象を Tier3 のその他の LOPC として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない 用語集, 直接費の定義</p>
<p>C. 12-3 H₂/CO ガス発生装置（ガス化炉）の停止中に、高圧窒素による O₂ 供給配管のバージに失敗した。ガス化炉からの高温の合成ガスが、逆止弁とガス化炉の間の酸素供給ラインに残っていた酸素と反応し、酸素供給配管と逆止弁の内部で爆発を起こし、配管を破裂させた。約 350 ポンド（Tier 1 基準量以下）の合成ガスが流出し、熱傷と配管の破片により 1 名が負傷して応急処置を受けた。内部爆発による配管と逆止弁の修理費用は 175,000 ドルであった。合成ガスの LOPC を起こした配管以外に損傷はなかった。</p> <p>損害の直接費が Tier 1 のしきい値の 10 万ドルを超えたため、これは Tier 1 の PSE となる。定義により、内部/外部の爆発や過圧によって破損した場合、LOPC を起こした部品の修理費用も直接費に含まれる。</p>	<p>Tier 1 PSE 用語集, 直接費の定義 1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C. 12-4 有機金属系の化学物質を加熱していた反応器が過熱状態になり、発熱分解が発生して反応器で BLEVE が起こった。その結果生じた LOPC は Tier 1 のしきい値放出量以下であり、負傷者はなく、反応器の破損（交換/修理に 225,000 ドル）以外の損害は生じなかった。当社は破損した反応器を交換/修理しないことを決定した。これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>損害の直接費が Tier 1 のしきい値である 10 万ドルを超えたため、これは Tier 1 PSE となる。内部/外部の爆発や過圧によって損傷した場合、定義によりその修理を行ったか否かにかかわらず、LOPC を起こした部品の修理費も直接費に含まれる。</p>	<p>Tier 1 PSE 用語集, 直接費の定義 1.2 節 Tier 1 の定義</p>

表 C-93 公的避難命令とシェルターインプレイスに関する PSE の例と質問

公的避難命令とシェルターインプレイスに関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 13-1 チューブの漏れにより、非常に臭いの強い物質が少量、冷却水システムに混入して、その物質が冷却塔から大気中に放散された。当局は避難不要と判断したが、ある小学校の教員は、臭いがきついため休み時間に生徒を外に出さないことを決めた。これは Tier 1 か Tier 2 の PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 でも Tier 2 PSE でもない。学校の教師が慎重になって、休み時間を外で過ごさないことを決定しても、公式に宣言された避難やシェルターインプレイスにはならない。</p> <p>会社はこの事故を Tier3 のその他の LOPC として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>用語集, 公的な命令の定義</p>
<p>C. 13-2 製油所でローリーから荷降ろしをしている際にフッ化水素ガスが 1 ポンド (0.454 kg) 弱、放出された。現場のセンサーが放出を検知して、ユニットの緊急アラームが鳴った。近隣在住の非番の警察官が、「そのような警報は製油所に問題があることを意味する」ということで、近所の住民に避難を勧めた。これは Tier 1 か Tier 2 の PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 でも Tier 2 PSE でもない。この場合、警察官はシェルターインプレイスや避難を公式に宣言したのではなく、一個人として予防措置を提案しただけである。</p> <p>会社はこの事象を Tier3 のその他の LOPC として記録する可能性がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p> <p>用語集, 公的な宣言の定義</p>
<p>C. 13-3 ある製油所で炭化水素の LOPC が発生し、製油所の外に悪臭が流れた。地元の高校の多くの生徒と教員が悪臭のために気分が悪くなり、数人が地域の緊急治療室に運ばれた。全員が診察を受けたが、誰も治療や入院をすることなく帰された。学校の管理者は学校から避難させ、生徒と教職員はその日は帰宅させられた。放出された炭化水素の推定量は、Tier 1 や Tier 2 のしきい値量を超えていなかった。この避難は、警察、地域の緊急対応指揮者、地域の緊急管理行政官、または製油所の緊急管理担当者によって宣言されたものではなかった。この事象は Tier 1 PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 の PSE ではない。学校の管理者は、「地域」での避難やシェルターインプレイスを宣言する権限を持っていない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>用語集, 公的な宣言の定義</p>

表 C-14 異常時排出に関する PSE の例と質問

異常時排出に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 14-1 コーンルーフトankのブリーザー弁やベントからは、タンク充填時や内容物が日光で温められた時に炭化水素の蒸気が日常的に放出されている。これらの放出は LOPC として PSE の可能性があるか？</p> <p>タンクの充填や大気温度の変化に伴うこの種の日常的な排出は、通常、容認されている。許可された排出源や規制された排出源からの定常的な排出は、本書の対象外である。従って、このような日常的な排出は、PSE とはならない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.4 節 適用範囲</p>

異常時排出に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 14-2 あるプロセスの加熱炉からは、SO_xの排出が許容されている。プロセスの異常により、加熱炉への燃焼用燃料ガスに含まれる硫黄濃度が通常より高くなり、SO_xの許容限界濃度を超えたが、他に影響は出なかった。これは LOPC として PSE となる可能性があるか？</p> <p>許可または規制された排出源からの日常の排出は、API 754 の適用範囲外である。異常時の排出は、その事象が PSE であるかを判定する 4 つの基準で評価する。(1) レインアウト、(2) 潜在的に不安全な場所への排出、(3) 警戒のための行動を除く敷地内のシェルターインプレイスまたは避難場所への避難、(4) 警戒のためも含む公的な防災対策（例えば道路封鎖）のいずれかを引き起こした場合、それは PSE とみなされる。プロセス異常の間の排出量が、任意の 1 時間において付録 A のしきい値を超え、かつ、上記の 4 つの事象のうち 1 つにでも該当する場合、その事象はそれぞれ排出量に応じて Tier 1 または Tier 2 PSE に分類される。</p> <p>このプロセス異常時の SO_x の排出は、いずれの悪影響も引き起こさなかったため、PSE には該当しない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>用語集, 異常時排出の定義</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 14-3 施設の漏洩検知修理を担当する請負業者による定期検査で、バルブのパッキンから体積基準で 10,000 ppm の揮発性有機化合物を漏出していたと報告された。この漏れは LOPC として、PSE となる可能性があるか？</p> <p>定義上、この漏れは一時的な排出とみなされ、漏洩検知修理の管理下に置かれる。許可または規制された排出源からの日常的な排出は、本書の適用範囲外である。したがって、この種の規制された排出は、PSE ではない。</p> <p>「漏洩」した部品は、LDAR プログラムにおける EPA の要件に従って記録および修復する必要がある。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.4 節 適用範囲</p>
<p>C. 14-4 ローリーからのプロピレン搬入ステーションでは、搬入用ホース内の残留プロピレンを約 100 フィート（約 30m）の高さで大気中に放出する設計になっている。プロピレンの搬入頻度を考慮して、バントスタックはプロピレンの放出が認められている。このプロセスの PHA で、PHA チームは、受け入れ作業中にバントバルブから漏れる可能性を検討した。対策として、PHA チームは、1) 流量制限オリフィス、2) ノックアウトポット、3) 分散分析 の実施、を推奨した。バルブが全開状態の場合も含み、想定されるバント弁からの漏れ範囲の分散分析により、100 フィートあれば、プロピレンの放出は、現場の人やプラント外の地域に危険を及ぼさないことが示された。</p> <p>ある時、搬入作業終了後、従業員がホースのバントバルブを閉め忘れた。その後の搬入作業で、このミスに気付かず、液体のプロピレンがバントシステムに流れ込んだ。大気中に放出されたプロピレン蒸気量は、Tier 1 PSE のしきい値を超えたが、レインアウト、現場での避難誘導、避難、公的な防災対策はなく、放出先は安全な場所であることが事前に証明されていた。これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 の PSE ではない。この放出はプロセス異常による放出の定義を満たしているので、Tier 1 または Tier 2 PSE に分類される可能性を評価するのは正しい。放出量は Tier 1 PSE のしきい値を超えたが、この放出は定義された 4 つの事象のどれも生じていないので、Tier 1 PSE には該当しない。</p>	<p>Tier 1 でも Tier 2 でもない</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>用語集, 異常時排出の定義</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p>

異常時排出に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 14-5 原油タンカーの貨物タンクは、停泊しプロセスに接続して船積みしている間、通常作業の一つとして圧力上昇を抑えるために手動で大気開放にしている。この排気操作は、定められた気象条件下（例えば、風向及び風速）で規制当局から許可されている。あるオペレーターが、はじめに気象条件が許可要件を満たしているかを確認せずに、タンクを手動で通気し、Tier 1 のしきい値を超える量の物質を放出させた。通気させた時、気象条件は許可要件を満たしていなかった。安全でない場所に放出されたガス雲が、ガス検知器で LEL の 20 % であると判明した為、プラントを緊急停止したが、他には影響はなかった。これは PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 の PSE である。貨物タンクの排気は許可要件を満たしていなかったため、この事象は異常時排出の定義に該当する。セクション 1.2 により、異常時排出は Tier 1 または Tier 2 PSE の可能性を評価することが求められている。安全でない場所への放出と Tier 1 のしきい値を超える放出量により、この事象は Tier 1 PSE として認定される。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.4 節 適用範囲 用語集, 異常時排出の定義 1.2 節 Tier 1 の定義</p>

表 C-15 付帯設備、荷降ろし待機、アクティブな倉庫に関する PSE の例と質問

付帯設備、荷降ろし待機、アクティブな倉庫に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 15-1 「プロセス」の定義には、装置の消耗品（例：油圧用の作動油、エンジン/モーターの潤滑油）は含まれるか。そのような消耗品からの LOPC は報告範囲に含めるべきか？報告対象は、処理対象の物質（例：炭化水素ガス）及びプロセスのために添加される化学物質に限定されるか、それとも、それらがすべて「プロセス」の一部である限り、すべての物質を含むのか？</p> <p>施設内に「プロセス」とは関係なく作動する機器や活動があることを認めた上で、「プロセス」の範囲の定義は可能な限り広く取られている。レポート範囲には、プロセスの一部、敷地内の倉庫やアクティブ在庫にあるすべての物質が含まれる。言及されている様な消耗品（油圧用の作動油、潤滑油など）の付帯設備から放出も報告範囲に含まれる（用語集を参照）。付帯設備からの放出がレポート範囲に含まれるにはプロセスに接続されている必要がある。事業所内での移動式および固定式機器からの給油作業中の放出は、1.4 節の 12 項により報告範囲外である。</p>	<p>1.4 節 適用範囲 用語集, プロセスの定義 用語集, 付帯設備の定義</p>
<p>C. 15-2 プロセスユニットの定修工事中に、機器の液抜きに使用されていた可搬式タンクから Tier 2 のしきい値量の原油が流出した。放出時、可搬式タンクはプロセスエリアにあり、処分場への輸送を待っていたが、プロセスには接続されていなかった。これは Tier 2 PSE となるか？</p> <p>これは Tier 2 PSE ではない。可搬式タンクはプロセスに接続されていたのではなく、廃棄またはリサイクルのための輸送を待っていた。可搬式タンクは、プロセスの一部（接続中）の状態から輸送中の状態になっていた。この例は、バキュームカーを使用して物質を移動する場合の、荷積み、荷降ろし、バキュームカーのポンプ使用に該当していない状態と類似している。企業は、これを輸送中の事故として記録する可能性がある。</p> <p><u>別のシナリオ:</u> 可搬式タンクは処分場への輸送を待っていたのではなく、定修工事後に内容物をプロセスに再利用できる原油タンクへの輸送を待っている状態であった。この場合、可搬式タンクは工程に接続されていなくても敷地内貯蔵とみなされ、LOPC は製油所の Tier 2 PSE に該当する。</p>	<p>Tier 2 PSE ではない 1.4 節 適用範囲</p> <p>Tier 2 PSE 1.4 節 適用範囲 1.2 節 Tier 2 の定義</p>

付帯設備、荷降ろし待機、アクティブな倉庫に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 15-3 夜勤のオペレーターが、反応器 #3 での次の生産のために、フォークリフトで反応物の中間体用バルクコンテナ (IBC) を倉庫から取り出そうとしていた。ラックからフォークの爪を引き抜いた際、IBC コンテナがフォークの爪から滑り落ち、ひっくり返って地面に落ちた。上蓋が開いて反応物が放出された。これは PSE となるか？</p> <p>この場合の倉庫は、「アクティブな倉庫」(つまり、プロセスで使用または製造された原材料、中間体、または完成品を保管する敷地内の倉庫)の定義を満たしている。アクティブな倉庫はプロセスの一部であるため、プロセスからの物質の計画外または制御されていない放出となる。放出の結果を Tier 1 および Tier 2 の定義と比較して、Tier 1 PSE または Tier 2 PSE のいずれかに該当するかを判断する必要がある。</p>	<p>Tier 1 か Tier 2 PSE の可能性</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>用語集, アクティブな倉庫の定義</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 15-4 消火システムの誤作動により、ハロングスが機器室に放出された。ハロングスは、UNDG Class 2, Division 2.2 の窒息性ガスとして認定されている。放出された量は、Class 2, Division 2.2 物質の屋内放出の Tier 1 のしきい値を超えている。これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>これは Tier 1 PSE ではない。消火システムは、緩和装置であってプロセスに接続されていない。したがって、定義上、プロセスからの計画外または制御されていない放出ではない。</p> <p>注：地域によっては、ハロンを排出した際に関係当局へ環境事故として報告が必要となる場合もある。</p>	<p>Tier 1 PSE ではない</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>用語集, UNDG Class 2, Division 2.2 の定義</p>
<p>C. 15-5 箱型トレーラーから酢酸のドラム缶を現場の倉庫に荷揚げしている最中に、ドラム缶に穴が開き、417 ポンドがトレーラーの中に放出された。酢酸は複数の危険性を持っている。TRC-8 物質の皮膚腐食 (1A) と TRC-7 物質の引火点 (39 °C) がある。これは PSE となるか？</p> <p>これは Tier 2 の PSE である。定義によれば、アクティブな倉庫はプロセスの一部であり、箱型トレーラーからのドラム缶の荷降ろし作業は、トレーラーとプロセスを「つなぐ」ことになる。この酢酸 417 ポンドの放出は、TRC-7 物質の Tier 2 の屋内しきい値量を超えている。</p>	<p>A Tier 2 PSE</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>用語集, アクティブな倉庫の定義</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p>
<p>C. 15-6 原料の入ったトートを実アクティブな倉庫内のあるエリアから別のエリアへ移動していた。そのトートは屋外の荷積み場に置かれていたが転倒し、Tier 2 の屋外放出のしきい値を超える引火性液体がトートから放出された。これは PSE となるか？</p> <p>これは Tier 2 の PSE である。アクティブな倉庫は、定義上、プロセスの一部である。したがって、Tier 2 の屋外しきい値を超えるプロセスからの計画外で管理されていない物質の放出となす。</p>	<p>A Tier 2 PSE</p> <p>1.4 節 適用範囲</p> <p>用語集, アクティブな倉庫の定義</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p>

表 C-16 責任当事者に関する PSE の例と質問

責任当事者に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 16-1 海上輸送、トラック及び鉄道業務に関連する LOPC 事故であるが、ある会社で 1) 「原料又は製品の輸送を目的としてプロセスに接続されている」という要件を満たし、2) Tier 1 又は Tier 2 のしきい値量のいずれかを超えたとする。事故を分類する際、所有権や移送作業は考慮の対象となるのか？輸送機器 (船舶、はしけ、トラック、鉄道車両) が運送会社の所有または運営されていた場合、それでも PSE となるのか？</p> <p>海上輸送、トラック、鉄道の業務に関わる輸送機器の所有権は、PSE か否かとは関係なく、契約労働者の関与も関係ない。施設が他社との共同事業であっても、PSE の報告は責任当事者の責任である。</p>	<p>1.4 節 適用範囲</p> <p>用語集, 責任当事者の定義</p>

責任当事者に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 16-2 ある施設で Tier 1 の PSE が発生した。その施設は A 社が所有しているが、B 社によって運営されている。責任当事者はどちらで、どちらの PSE となるのか？</p> <p>答えは、両者間の契約内容によって異なる。協力会社として、B 社は施設の安全性能に対する責任があるのか（つまり、この場合、調査を行い、是正措置を特定して実施することが期待されているのか）。「はい」の場合、B 社は責任当事者であり、PSE を記録することになる。「いいえ」の場合、B 社は単に A 社の指示に従って行動しているだけなので、A 社が責任当事者で、A 社の PSE</p>	<p>用語集, 責任当事者の定義</p>
<p>C. 16-3 運送会社のタンクローリーの運転手が、誰もいない積載施設でローリーに充填を開始した。タンクローリーの腹部バルブが開いたままになっており、運転手が積載用ホースを外したところ、Tier 1 の量の引火性液体が流出した。これは Tier 1 PSE となるか？</p> <p>LOPC はプロセス（すなわち積載施設）からの切り離し作業中に発生したため、これは Tier 1 PSE となる。運送会社のタンクローリー運転手は、作業手順に従う義務はあるが（荷積みホースを外す前に腹部バルブを閉めるなど）、タンクローリーの運転手は施設の運転員ではないため、責任当事者ではない。</p> <p>積載施設を所有または運営する会社が責任当事者である。その会社は、作業手順の確立、防止策の設置、第三者による施設の使用許可等を行っている。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.4 節 適用範囲 用語集, 責任当事者の定義</p>
<p>C. 16-4 請負業者が、作業中にプロセスに接続されている請負業者の 供給タンクを過圧した。タンクの屋根が吹き飛び、45 フィート飛んで請負業者の CO2 供給トラックの運転席を直撃して、15,000 ドルの損害が発生した。これは請負業者によるターンキー・ジョブであったため、会社にはこの事故や損害に対する契約上の責任はない。これは会社の PSE となるか？</p> <p>請負業者が会社に代わってターンキー・ジョブを実行しているが、会社は依然として責任当事者（すなわち、安全、コンプライアンス、および信頼性のある作業を提供する責任を負う当事者）であり、会社はこの事故を自社の Tier 2 PSE として記録する必要がある。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.4 節 適用範囲 用語集, 責任当事者の定義 1.2 節 Tier 2 の定義</p>
<p>C. 16-5 パイプライン会社が所有し、運営し、維持する精製油のパイプラインを計測する流量計が、精製所の敷地内にある。四半期ごとに、パイプライン会社はメーターをチェックし、校正している。校正作業中にバルブ操作を誤り、Tier 1 のしきい値量の引火性液体を放出させた。これは、パイプライン会社の Tier 1 PSE か、それとも製油所の Tier 1 PSE となるのか？</p> <p>これはパイプライン会社の Tier 1 PSE である。LOPC は製油所の敷地内で発生したが、パイプライン会社が流量計と可搬式計器の検定所を所有、運用、保守しているので、パイプライン会社の Tier 1 PSE となる。パイプライン会社が責任当事者である。</p>	<p>Tier 1 PSE 1.4 節 適用範囲 1.2 節 Tier 1 の定義 用語集, 責任当事者の定義</p>
<p>C. 16-6 A 社は、2 年間使用していないパイプラインを所有している。このパイプラインは A 社の施設から政府所有の海上ターミナルまで続いている。A 社は、パイプラインの撤去のため、ピグ作業による清掃と廃棄の作業中であった。この作業中に配管部品の故障により、放出のしきい値がカテゴリ-8 の物質（60℃ < FP < 93℃、FP 未満の放出）を 1 時間に 23 バレル放出させた。この故障は A 社の敷地内ではなく、政府の敷地内で発生した。放出物はすべて政府所有のコンクリート防油堤に留まった。この配管は何年も使用されておらず、もはやプロセスには接続されておらず、放出は A 社の敷地内で発生したわけではない。これは A 社の PSE に該当するか？</p> <p>これは A 社の Tier 2 PSE である。プロセスから、1 時間に 付録 A のしきい値を超える TRC-8 物質が計画外または制御されずに放出された。パイプラインは数年前から使用されておらず、もはやプロセスに接続されていなかったとしても、それはまだプロセス機器である。A 社が責任当事者であって、放出が政府の敷地内で起こったことは問題ではない。</p>	<p>Tier 2 PSE 1.4 節 適用範囲 用語集, 責任当事者の定義 1.2 節 Tier 1 の定義</p>

責任当事者に関する PSE の例と質問	Tier 1 or Tier 2
<p>C. 16-7 2つのパイプライン会社が経路の使用権を共有している。パイプラインはそれぞれが所有、運用している。A社のパイプラインでLOPCが発生し、Tier 1の火災と爆発が起こり、その後B社のパイプラインでもTier 1のLOPCが発生した。両社ともAPI RP 754のAnnex Aに従っている。これは1つのTier 1 PSEか2つのTier 1 PSEか、また誰がPSEを報告するべきか？</p> <p>この場合、両社とも責任当事者である。どちらのパイプライン会社も、自分たちのパイプラインに対して責任を負っている。どちらのパイプライン会社も、Tier 1の結果をもたらすLOPCを経験した。両社ともTier 1 PSEを報告することになる。A社のLOPCと火災がB社のLOPCの原因であったとしても、B社のLOPCはA社のLOPCの続きにはならない。</p> <p><u>別のシナリオ:</u></p> <p>両方のパイプラインが同じ一つの会社の所有物で、上の2つのLOPCが同じ人や設備に影響を与えた場合、責任当事者は一社であり、Tier 1 PSEは1件だけ記録される。</p>	<p>Tier 1 PSE</p> <p>1.4 節 適用範囲 用語集, 責任当事者の定義</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p> <p>Tier 1 PSE</p> <p>1.4 節 適用範囲 用語集, 責任当事者の定義</p> <p>1.2 節 Tier 1 の定義</p>

付録 D 多成分物質への放出しきい値分類の適用

D.1 一般

一次封じ込めの失敗 (LOPC) で流出する流体の多くは、複数の成分を含み、複数のしきい値放出カテゴリーにまたがる可能性がある。次に続く節は、この様な流出物の放出しきい値の分類 (TRC) の決定に関するガイダンスである。

放出しきい値の分類を決定する際に、企業は、放出時に実験室で分析した放出物質の物性、あるいは安全データシートに記載されている物性のどちらかを使用することを選択できる。企業は、すべての LOPC に対して一貫性のアプローチを取る必要がある。

D.2 有毒成分を含むガスまたは蒸気

多くの場合、ガスまたは蒸気流出の LOPC において、吸入毒性の危険 (TIH) 物質は、一成分だけである。ほとんどの場合、TIH 成分は放出された他の成分とは関係なく健康被害を及ぼす。複数の TIH 物質がある場合は、その影響は相加的であると考えられる。

したがって、TIH 成分を含むガスまたは蒸気の LOPC の場合、放出されたその TIH 成分の量で、Tier 1 または Tier 2 のしきい値の放出が発生したかを判断する。放出物に複数の TIH 成分がある場合、個々の成分ごとにしきい値量に対するパーセンテージを計算して合計する。合計のパーセンテージが 100% を超えれば、C.5-1 の例の様にしきい値を超える放出が発生したことになる。

D.3 可燃性ガス

ガスには、空気と混合して燃えるものと燃えないものがある。可燃性成分が可燃性ガス放出のしきい値を超えたかどうかを判断するのに、可燃性成分と不燃性成分に分離する必要はない。不活性成分を含むガスは、純粋な可燃性成分よりも空気と混合した場合の燃焼範囲が狭いかもしれないが、空気と混合して可燃領域となる比率がある限り、その流出物は可燃性ガスとして扱われる (放出のしきい値の分類 5)。メタンと窒素の混合物の可燃限界を示すグラフ (図 D-1 を参照) により、窒素約 81% を超えるメタンと窒素の混合物は、いかなる濃度で空気と混合しても可燃物を形成できないことが示される。

複数の成分を含む複雑な混合物の燃焼範囲の境界を推定する方法が公開されている [46]。

D.4 窒息性ガス (UNDG クラス 2、区分 2.2 [非可燃性、非毒性ガス])

一次封じ込めの失敗で出たガスは、吸入毒性の危険性や可燃性ガスがなくても、人命にとって酸素が不十分な雰囲気を作り出すことがある。人間が酸素欠乏環境で生き残る能力は、酸素濃度と暴露時間の長さの関数となる。酸素濃度が 12% 未満になると、一時的なメンタル機能の障害が発生する可能性がある。酸素が 12vol% 未満の多成分系ガスは、Tier 1 および Tier 2 の放出しきい値の分類 7 (TRC-7) の判定から、窒息性ガス [UNDG クラス 2、区分 2.2 (非可燃性、非毒性ガス)] と見なされる。

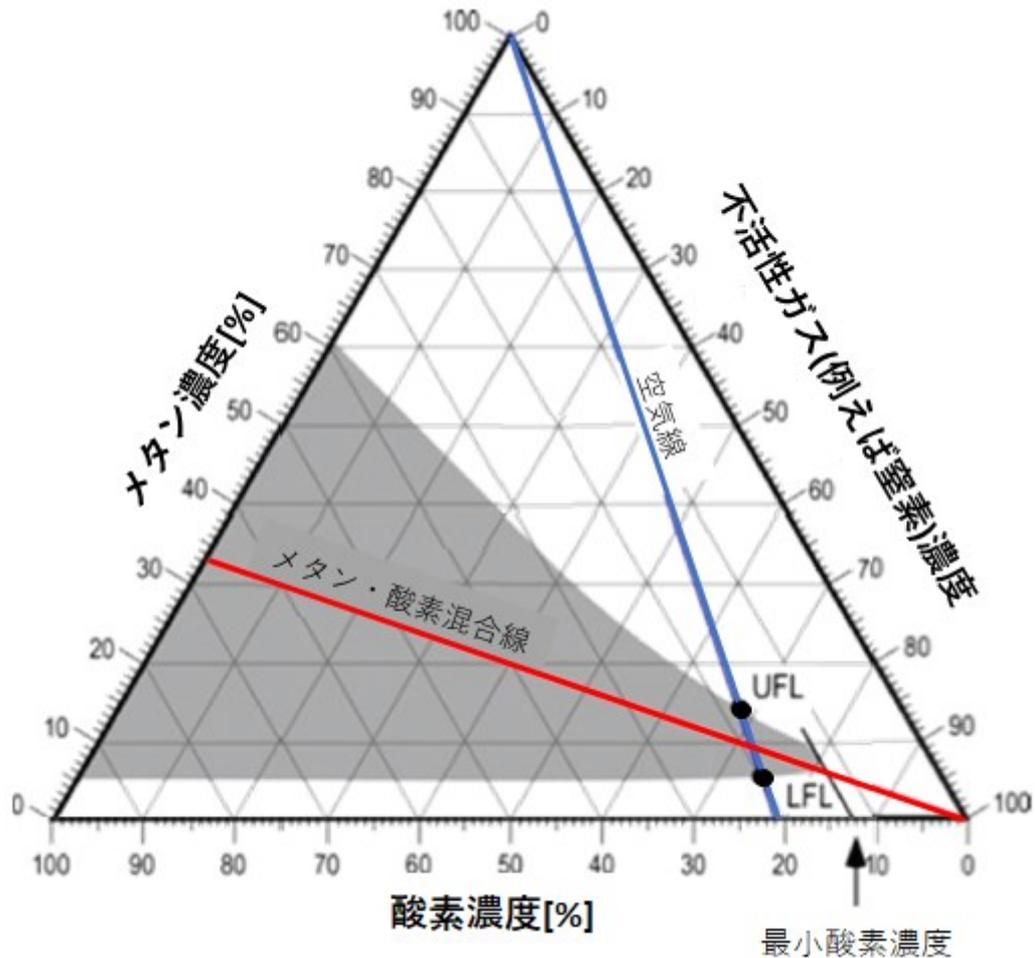


図 D-1 メタン、窒素、および酸素混合物の可燃限界

例えば、95%のフロン22と5%の酸素の混合物が考えられる。フロンも酸素のどちらも、放出のしきい値の他の分類では危険性を示さないが、この混合ガスが放出すれば周辺に窒息雰囲気を作り出す可能性がある。この混合ガスが1時間以内に2000 kgを超えて放出されれば、Tier 1 PSEと見なされる。

D.5 吸入毒性の危険性 (TIH) を有する蒸発性液体の流出

大気条件により、多成分系の液体の流出物は、LOPCとなった時にTIH物質を空气中に放散する可能性がある。液体自体のしきい値量とは関係なく、TIH物質のしきい値量が放散されたかどうかを判断するには、フラッシュ計算が必要となる。表C-1、PSEの例と質問C.5-2およびC.5-4を参照すること。

D.6 引火性液体

多成分系の液体が流出した場合、その液の引火点、標準沸点、および放出温度を用いて、付録Aの放出しきい値量に該当するかが決められる。その引火性の特性を判定するのに、流出物の個々の成分の割合を求める必要はない。

D.7 引火性および不活性液体（水など）を含む多成分系の流出

D.7.1 引火性液体の明確な液相を伴う液体の流出

放出された流出物が明らかに引火性液体の液相をなす場合、しきい値にはその相のしきい値が適用される。これは、炭化水素と水の混合物の場合によくあり、混合物は炭化水素相と水相の2つの明瞭な相に急速に分離する。

例えば、油水分離槽の脱水弁を開けたままにしておくと、水と油の相が分離して出てくる。

D.7.2 不活性液体（水など）に溶解した引火性成分を含む液体の流出

放出された流出物が、引火性成分が不活性液体に溶解している場合、流出物の放出量がしきい値に該当するかは、その液全体の引火性で決定する。個々の成分に対して、流出物を成分別に分離してしきい値の数量が放出されたかどうかを判断するのではない。

例として、水とメタノールは完全に混和する。それらは重力では分離しない。メタノールが 3% 混入した流出物には、引火点がない。この流出物には、Tier 1 および Tier 2 の放出しきい値の種別に表される危険が一切ないため、放出量のしきい値が存在しない。流出物のメタノール濃度が約 15% に増加した場合は、流出物は 93° C (200° F) 未満の引火点を有し、1,000 kg (2,200 ポンド) または 7 バレルの Tier 2 放出量のしきい値に適合する。この場合、流出の全量を、1,000 kg (2,200 ポンド) または 7 バレルのしきい値と比較する。

D.7.3 引火性成分の安定なエマルジョンと不活性液体（水など）を含む液体の流出

放出された流出物が、引火性成分の安定なエマルジョン（すなわち、放出された状態で 1 時間以上にわたり安定）と不活性液体を含む場合、放出量のしきい値に該当するかは、その液全体の引火性で決定する。個々の成分に対して、流出物を成分別に分離してしきい値の数量が放出されたかどうかを判断するのではない。

水と乳化剤（石鹸など）入りの油の混合物を移送する遠心ポンプの吐出流は、非常に長時間に渡り各成分の層に分離することなく、安定したエマルジョンを形成する。そのような液体が流出した場合、表 1-1 および 2-1 で流出物を判定する際には、個々の成分を比較するのではなく、流出したエマルジョン全体の特性を使用する。

D.8 溶液

溶液は、単一の相からなる均一な混合物である。このような混合物では、溶質が溶媒という別の物質に溶解している。

放出物全体の放出しきい値の分類(**TRC**)を決定する際は、溶液の特性が用いられる。溶液の特性や危険性が不明な場合は、放出しきい値の分類と放出のしきい値を決定するために、企業は溶質と溶媒の個々の特性や危険性としきい値を用いてもよい。

改訂履歴

発行日	改訂番号	変更内容
2007年12月15日	1.0	CCPS と業界関係者の共同作業による初版発行
2011年2月15日	2.0	2010年にCCPSのメンバー企業とAPIの共同作業により発行されたAPI RP 754に合わせて改訂。
2018年4月16日	3.0	2016年にCCPSのメンバー企業とAPIとの新たな共同作業により発行されたAPI RP 754の第2版に合わせて再調整し、改訂。
2019年2月26日	3.1	表11の誤植を確認し、修正 「会社に2,500ドルから100,000ドルまでの直接費をもたらす火災または爆発。」
2019年4月22日	3.2	軽微な誤植の確認と訂正
2021年10月26日	4.0	2021年に発行されたAPI RP 754の第3版に合わせて改訂。これらには、Tier表記の明確化としきい値量の改訂、GHS基準、詳細な例、新しいWebサイトへのリンク、新しい参考文献の追加、用語集、図、表、付録の更新、および必要に応じて軽微な誤植と文言の修正が含まれる。
2022年6月06日	4.1	軽微な誤植の訂正及びTOCフォーマットの修正、参考資料の改訂、用語集内の重複用語の削除。

改訂履歴の補足

2006年、CCPSの技術運営委員会は、プロセス安全の先行及び遅行指標の作成と利用するためのガイドを作成するプロジェクト委員会の設立を承認した。CCPSのメトリクス委員会は、業界の先行および遅行メトリクスを進展させることが、業界革新の重要な機会となると認めた。このメトリクスは化学および石油工業会共通のプロセス安全のパフォーマンスを評価するベンチマークとして利用可能である。この目的を達成するために、大手の化学および石油工業団体のみならず、主要な関係団体からも代表者およびメンバーがこの委員会に積極的に参加した。

CCPSのメトリクス委員会の活動成果は2007年に公表され、多くの企業がこの定義を採用し始めた。加えて、これらの定義がベースとなって、新しいANSI/APIの推奨手法、API RP 754が作成された。API RP 754は2010年に完成し公表された。API RP 754の改訂に際しては、CCPSメンバーおよびCCPSメトリクス委員会の当初のメンバーからも数名がAPI標準化委員会に参加している。2011年にはAPI RP 754の発行を受けて、CCPSはAPI RP 754との整合を図るために2007年改訂版ガイドを発行した。その目的は、企業や団体が、CCPSかAPIどちらの文書を利用しても、最上位の階層（tier）のプロセス安全事故の定義や事故の分類を一貫して行えるようにするためであった。

2016年4月、APIはAPI RP 754の第2版を発行した。この版では、以前の定義の明確化、新しい定義の追加、オプションとしての事故強度の重み付けガイダンスの組み込み、Tier 1とTier 2のしきい値などの改訂が行われた。2006年当時のCCPSプロジェクトの最終目標は、業界全体および国際的に共通のメトリクスを開発し、その利用を促進する事であった。2018年にCCPSは業界共通のパフォーマンス評価のメトリクスとして使える様に、再度API RP 754との整合を図ってガイドを改訂している。

2021年、CCPSとAPIは工業会や流通部門からフィードバックされた情報を基にメトリクスを再改訂した。