

化学工学会第77年会

化学技術産業フォーラム XD217

CCPSプロセス安全メトリックス 改訂内容と事例評価

化学工学会 産学連携センターSCE・Net

牛山 啓・小谷卓也

本日の内容

1. はじめに一メトリックス構成

2. 遅行メトリックス

- ー メトリックス内容と閾値
- ー 強度評価と指標

3. 事故事例と評価

4. まとめ

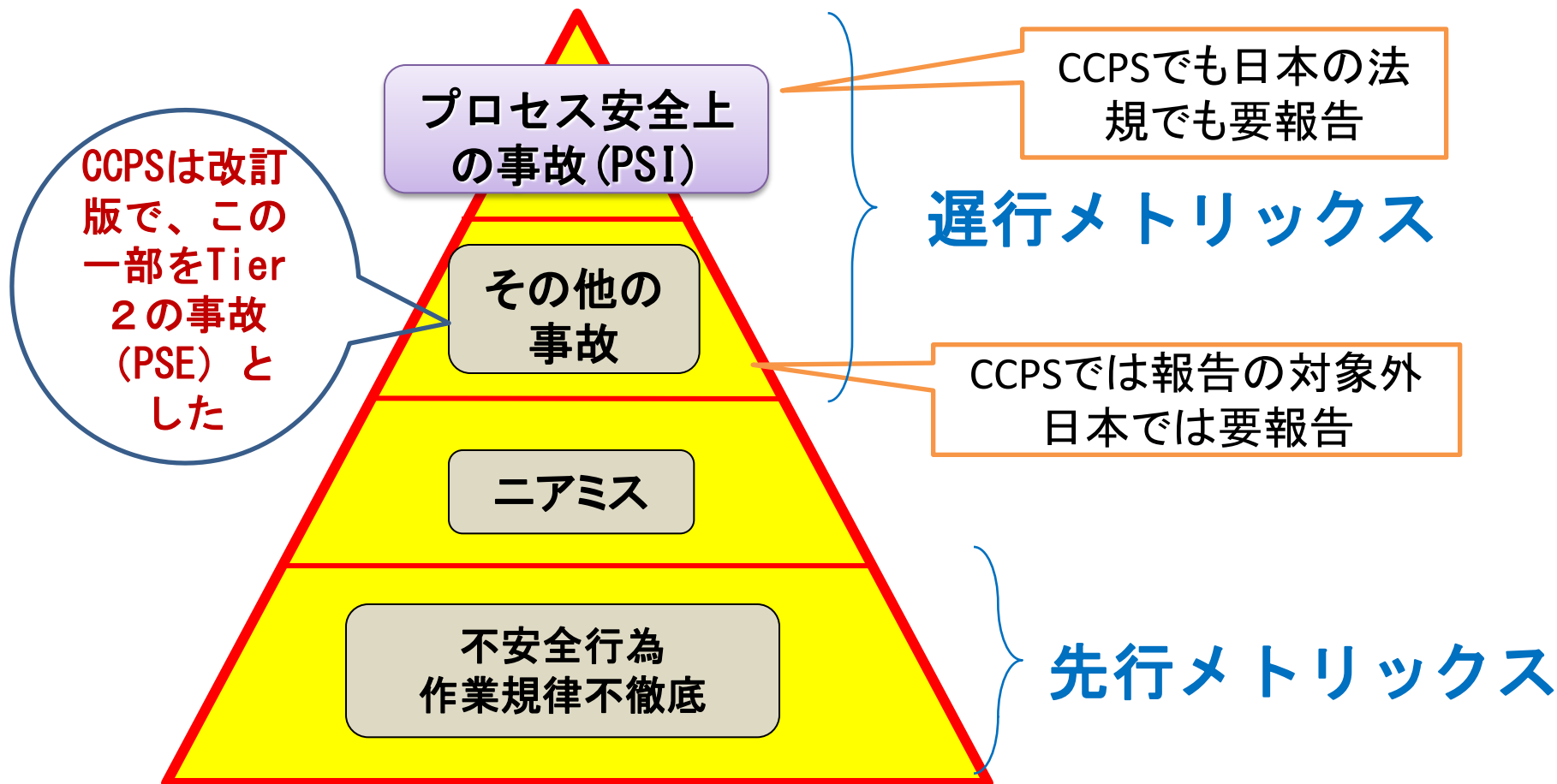
1.はじめに

1-1 CCPS メトリックス作成目的

- 共通して使用できる先行および遅行プロセス安全メトリックスの開発
 - 成績改善への貢献
 - 有意義なトレンドデータの提供
 - 比較融合可能な共通フォーマットの確立
- 世界中の関係者に受け入れられる基準の確立
- 定量的な安全指標の導入

1-2 CCPSメトリックの概念

CCPS安全ピラミッド



2. 遅行メトリックス

実際に起った事故を定量的に評価することにより業界全体のプロセス安全測定基準の構想を共有できるもの

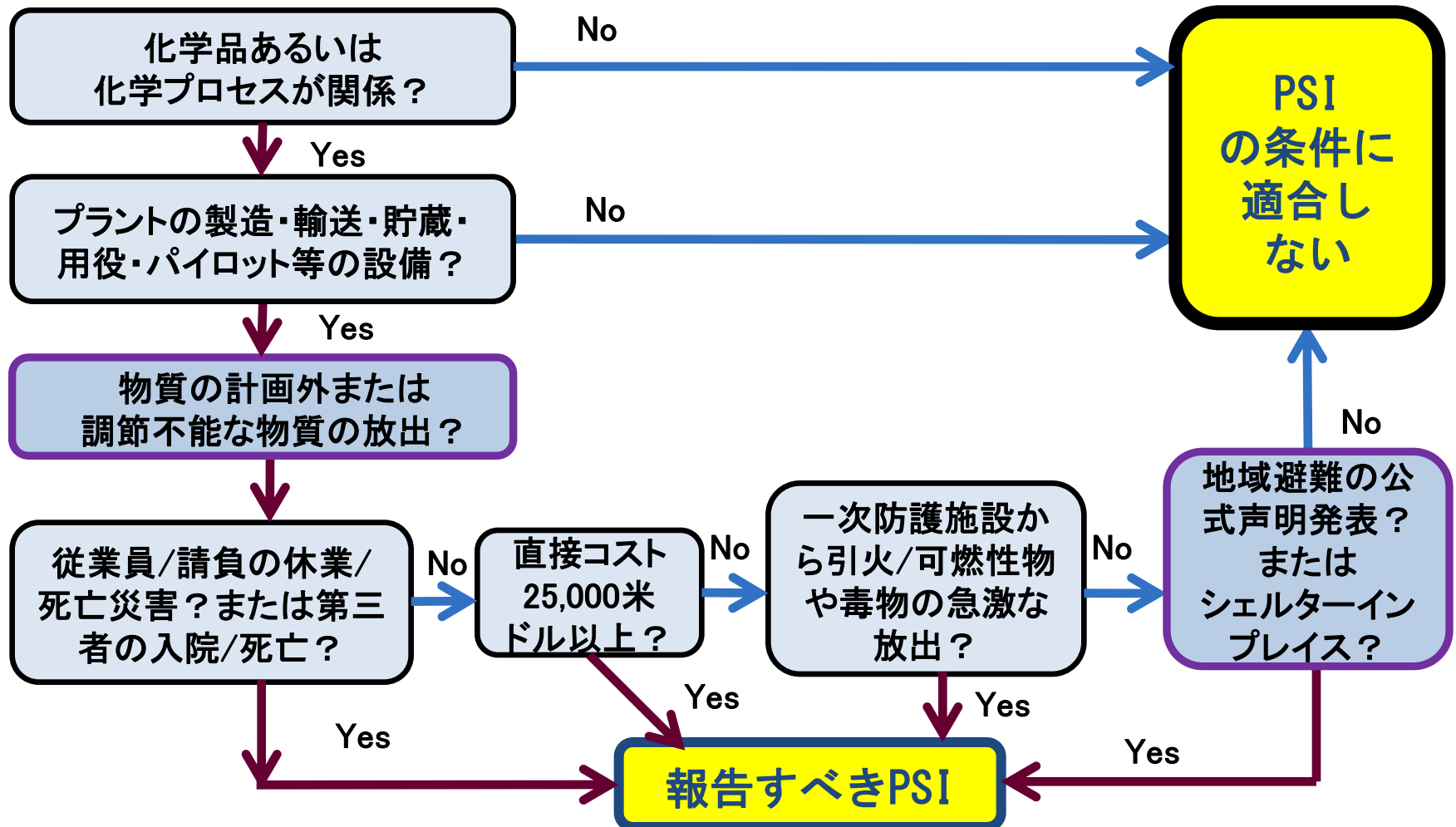
- 報告すべき事故の閾値設定
- 事故の強度
- 事故定量化指標

2-1 プロセス安全事故(PSI)

以下の条件を満たす場合PSI(Tier1 事故)と定義する

- (1) 化学品または化学プロセスが関わっていること
- (2) プラントの(またはプラントに直結した)場所であること
- (3) 報告すべき閾値以上であること
 - ・ 従業員等の休業/死亡災害
 - ・ 直接コスト25,000米ドルの火災/爆発
 - ・ 一次防護施設からの閾値(表-1)を超える化学品の放出
 - ・ 地域避難の公式声明発表 またはシェルターインプレイス
- (4) 急激な放出であること(1時間に閾値以上の化学品放出)

PSIフローチャート



2-2 PSI化学品放出閾値

カテゴリー	物質の危険等級	閾値 (kg)	室内推奨閾値(オプション) (kg)
1	TIHゾーンA物質 ($LC_{50} \leq 200\text{ppm}$)	5	2.5
2	TIHゾーンB物質 ($200\text{ppm} < LC_{50} \leq 1000\text{ppm}$)	25	12.5
3	TIHゾーンC物質 ($1000\text{ppm} < LC_{50} \leq 3000\text{ppm}$)	100	50
4	TIHゾーンD物質 ($3000\text{ppm} < LC_{50} \leq 5000\text{ppm}$)	200	100
5	引火性ガス、 または初溜点 (IBP) $\leq 35^\circ\text{C}$ かつ引火点 (FP) $< 23^\circ\text{C}$ の液体、 または強酸強塩基以外のその他容器等級 I の物質	500	250
6	$35^\circ\text{C} < \text{IBP}$ かつ $\text{FP} < 23^\circ\text{C}$ の液体、 または中程度の酸塩基以外のその他容器等級 II の物質	1000	500
7	$23^\circ\text{C} \leq \text{FP} \leq 60^\circ\text{C}$ の液体、または $60^\circ\text{C} < \text{FP}$ の液体で引火点以上の温度で放出されるもの、 または強酸強塩基、またはその他容器等級 III の物質、 またはDivision 2.2 の非引火性、非毒性ガス (スチーム、熱凝縮水、圧縮あるいは液化空気を除く)	2000	1000

2-3 Tier2 プロセス安全小事故(PSE)

- 改訂版では先に示したPSIの閾値に達しない軽度な事故に対して、Tier2のプロセス安全小事故(PSE)を新たに設定

- PSEの内容

- 1) 従業員や請負業者の負傷事故
- 2) 直接損害額2,500米ドル以上
- 3) 表3に示す数値を超える化学品の急激な放出

プロセス安全小事故閾値

カテゴリー	物質の危険等級	閾 値 (kg)	室内推奨閾値 (オプション) (kg)
1	TIHゾーンA物質 ($LC_{50} \leq 200\text{ppm}$)	0.5	0.25
2	TIHゾーンB物質 ($200\text{ppm} < LC_{50} \leq 1000\text{ppm}$)	2.5	1.2
3	TIHゾーンC物質 ($1000\text{ppm} < LC_{50} \leq 3000\text{ppm}$)	10	5
4	TIHゾーンD物質 ($3000\text{ppm} < LC_{50} \leq 5000\text{ppm}$)	20	10
5	引火性ガス、 または初溜点 (IBP) $\leq 35^\circ\text{C}$ かつ引火点 (FP) $< 23^\circ\text{C}$ の液体、 または強酸強塩基以外のその他容器等級 I の物質	50	25
6	$35^\circ\text{C} < \text{IBP}$ かつ $\text{FP} < 60^\circ\text{C}$ の液体、 または $60^\circ\text{C} < \text{FP}$ の液体で引火点以上の温度で放出されるもの、 またはその他容器等級 II および III の物質で中程度の酸塩基 または強酸強塩基以外のもの	100	50
7	$60^\circ\text{C} < \text{FP}$ の液体で引火点未満の温度で放出されるもの、 または中程度の酸塩基、または Division 2.2 の非引火性、非毒性 ガス (スチーム、熱凝縮水、圧縮あるいは液化空気を除く)	1000	500

2-4 PSI強度

レベル	加算値	人の安全	火災爆発過圧	化学品の影響	社会環境への影響
NA	0	レベル4閾値未満	レベル4閾値未満	レベル4閾値未満	レベル4閾値未満
4	1	応急手当	直接コスト25000～10万米ドル	放出が二次防護施設内または装置内 (放出量:TQの1～3倍)	短期的な改善対応(会社内の汚染除去等)
3	3	負傷休業	直接コスト10万～100万米ドル	化学品の敷地内放出または蒸気雲爆発の可能性のない放出 (放出量:TQの3～9倍)	予防的なシェルターインプレイス(地域への警告) または100万ドル未満の改善または地域的報道
2	9	オンサイトの死亡事故あるいは複数の休業災害、または一人以上のオフサイト休業	直接コスト100万～1000万米ドル	オフサイトで死亡の可能性のある放出 または 大損害を被る可能性のある場所に侵入するような蒸気雲を生ずる引火物の放出 (放出量:TQの9～20倍)	公式避難声明またはシェルターインプレイス(局所被害)、または100万～250万ドルの環境改善 州政府による調査・監視 または地域メディアの報道か全国メディアの簡単な報道
1	27	オフサイト死亡または複数のオンサイト死亡	直接コスト1000万米ドル超	オンサイトまたはオフサイトでかなりの負傷者が出る可能性のある化学品の放出 (放出量:TQの20倍以上)	250万ドルを超える環境改善 連邦政府による調査監視 または地域に対する重大な影響(大規模損壊) または数日間の全国メディアによる報道

2-5 事故定量化の指標

(1) プロセス安全合計事故率 (PSTIR)

$$\frac{(\text{合計PSI数}) \times 200,000}{(\text{従業員および請負の合計作業時間})}$$

(2) プロセス安全事故強度率 (PSISR)

$$\frac{(\text{全PSIに対する合計強度}) \times 200,000}{(\text{従業員および請負の合計作業時間})}$$

(3) レベル“X”のプロセス安全事故率

$$\frac{(\text{強度レベル“X”の合計PSI数}) \times 200,000}{(\text{従業員および請負の合計作業時間})}$$

(4) Tier 2 PSE事故率

$$\frac{(\text{合計PSE数}) \times 200,000}{(\text{従業員および請負の合計作業時間})}$$

3. 事故事例と評価

3-1 評価上の要点

- 一次防護施設の漏れがあること
- 安全な場所で放出された場合はP S Iではない
- 一次防護施設の損害は損害額に含めない
- 一次防護施設の漏れがなく内部の火災爆発等の事故はPSIに含めない

3-2 事故事例強度計算例

事故例

●2006年9月12日22時10分、廃液からジエチレングリコールを回収するため蒸留釜の廃液にソーダ灰と水を仕込み減圧加熱蒸留を行っていたが、突然釜内部圧力が上昇し、安全弁や真空排気口から**ガスが噴出し、引火爆発**が起こって火災となった。直ちに公設消防に通報し、他の応援を得て消火活動を行い23時51分鎮火・処理を完了した。避難する際**作業員1名が中等症の火傷を負った。蒸留ヤードは半壊半焼し、半径400mの範囲内で窓ガラスが破損した。**

●2007年5月11日17時18分ごろ、重油脱硫装置の**原料油フィルター付近より火炎**が出ているのを現場近くで巡回をしていた運転員が発見した。6個あるフィルターの内、Fからの出火を確認したため、重油脱硫装置の緊急停止と脱圧を行った。自衛消防隊と公設消防隊による冷却注水を実施し、18時10分に鎮火した。
人的災害なし。物的損失不明。

●2007年6月16日14時30分船舶から荷揚げ中のガソリンタンクのシール部からガソリンが吹き上げ、ルーフ上のドレン排出弁から防油堤に漏洩しているのを運転員が発見した。直ちに荷揚げ作業を中止し、回収作業を実施した。**漏洩したガソリンは約220ℓ。**
人的物的損失なし。

強度点数計算

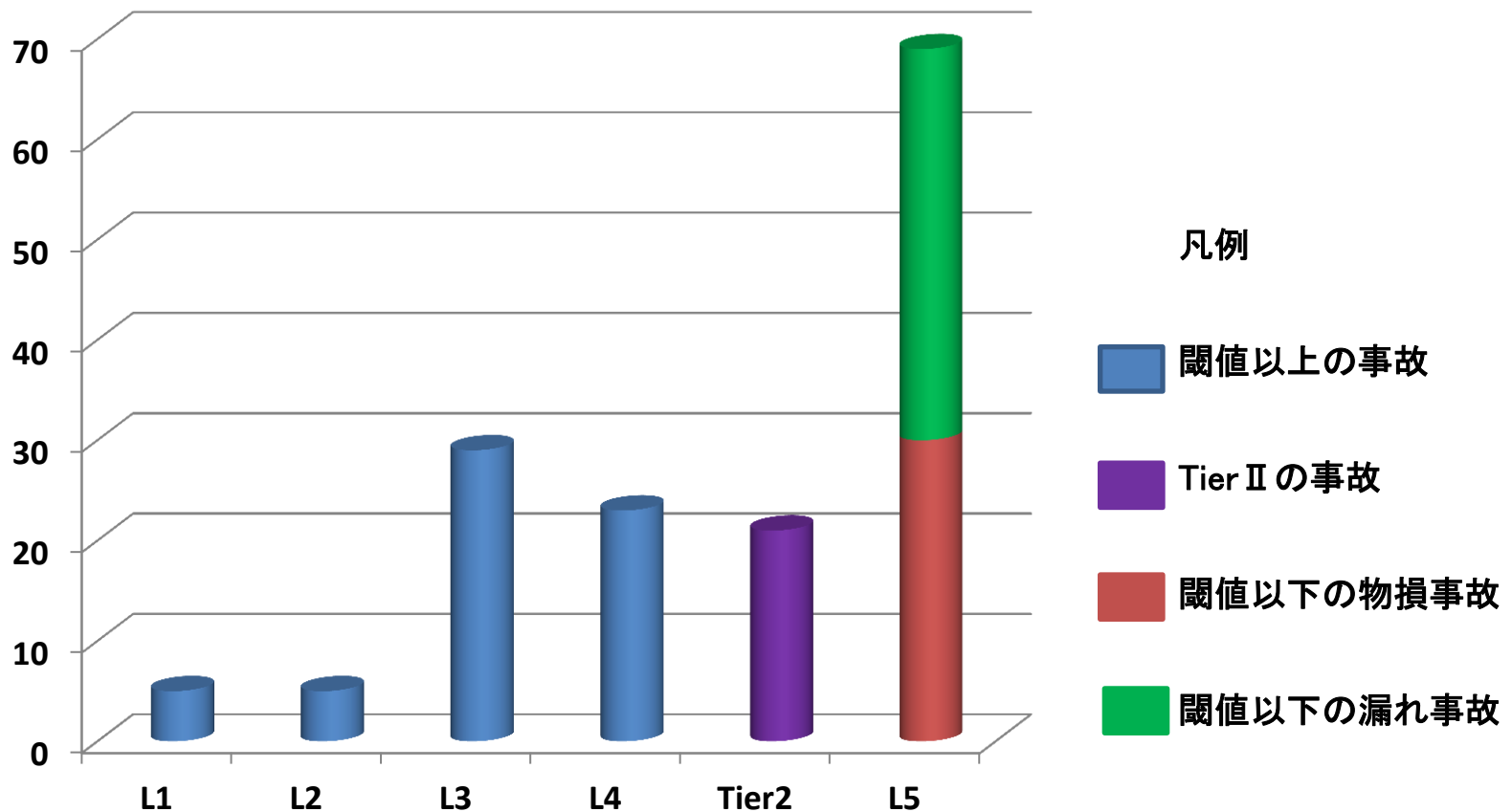
- ・人的被害: 負傷者1名(休業災害と推定)あり⇒3点(レベル3)
- ・物的損害: 損害額不明も蒸留ヤード半焼半壊で損害額1億円以上と推定⇒9点(レベル2)
- ・化学品の影響: ジエチレングリコール放出量不明⇒0点
- ・環境・社会への影響: 近所の被害有1億円未満と推定⇒3点(レベル3)
- ・合計: 強度点15点で最大レベルが2、**この事故はレベル2の事故**

- ・人的被害: なし⇒0点
- ・物的損害: 約1時間の火災で損害はかなりあると推定されるが記述なく損害額不明⇒0点
- ・化学品の影響: 重油放出量不明⇒0点
- ・環境・社会への影響: なし⇒0点
- ・合計: 0点で**レベル4未満の事故**

- ・人的物的被害、環境・社会への影響: いずれもなく各々0点
- ・化学品の影響: ガソリン漏洩220LでTQ(1000 kg)以下⇒0点
- ・合計: 0点でレベル4未満の事故であるが、放出量がTQの1/10以上で**Tier2のPSE**

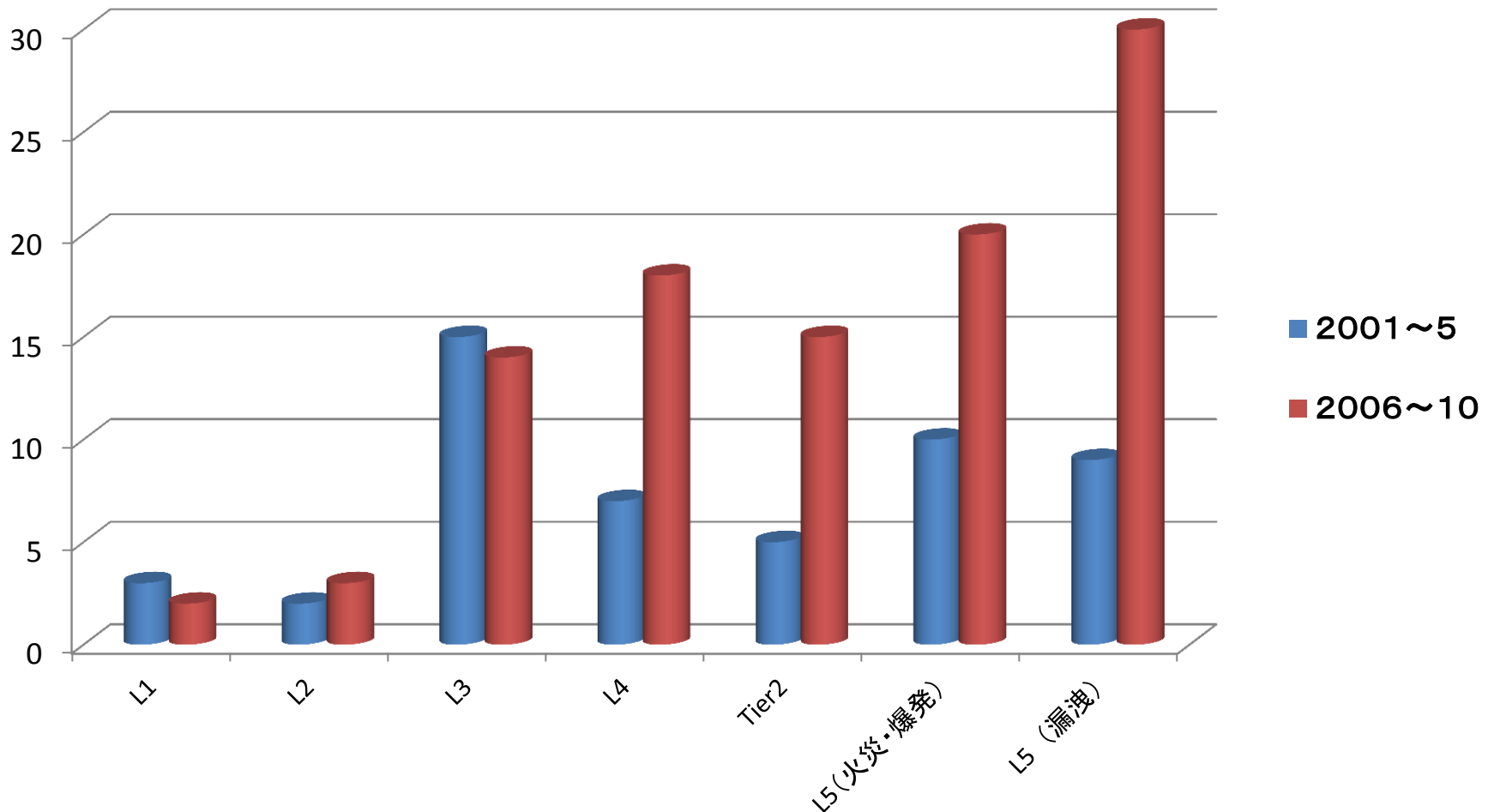
3-3 事故強度計算例結果

●PECSAFER事故事例評価(2001～10年総数152件)



3-3 事故強度計算例結果

●PECSAFER事故事例評価(2006年前後の事故比較)



3-4 強度計算評価

●事故評価上の問題点

- 1) 化学品の漏れ量が不明確・・
記載あっても漏れ時間 不明で急激な漏れかどうか不明
- 2) 損害金額も不明確・・ 簿価か？ 再取得金額か？
金額を明確にしていない案件多数
- 3) 環境・社会への影響・・ 環境以外データ記載殆どなし

●事故評価の今後の取組み

- 1) データ蓄積を図り評価を進める
- 2) 判定が困難な場合は業界で整合を取って決める必要あり
- 3) CCPSとデータを共有し、メトリックスを改善していく

4. まとめ

- CCPSの提唱するメトリックスについて改訂版(2011年1月)も含め紹介した 事故事例評価で分かるように事故の定量的な評価が可能である
- このメトリックスはプロセス安全上の事故に限定しており ここで規定されない事故があることに注意も必要である
- レベル4に満たない事故は 今回の改訂でTier2の事故として設定されたが 強度点を付け評価し報告を義務付けることも今後必要であろう わが国ではTier2未満の微細事故も 法規制により全て報告する義務があり グローバルな評価方法への統一が今後の課題である
- 従来の事故情報において 事故の定量的な評価を行うにはまだデータの精度が不十分である 石油化学工業協会が既にデータ採取・評価を進めているが 他の業界も同様な取組みを進め情報の整合を図ると共に 最適なメトリックスに改善していくことが望まれる
- 今回触れていない先行メトリックスが 事故防止には重要な役割を果たす可能性があり 企業や業界によるデータ収集や活用を期待したい

プロセス安全メトリック参考文献

1 メトリック関係

- 1) Process Safety Leading and Lagging Metrics (2007) CCPS
- 2) Process Safety Metrics全訳, SCE-Net安全研究会 (2009)
- 3) Process Safety Metrics抄訳, SCE-Net安全研究会 (2009) 化学装置
Vol.51, No.11 工業調査会
- 4) Guidelines for Process Safety Metrics (2010) A John Wiley & Sons
- 5) Process Safety Leading and Lagging Metrics, Revised Edition(2011) CCPS

2 BP事故関係

- 1) Fatal Accident Investigation Report ,BP (December, 2005)
- 2) US CSB Investigation Report, Refinery Explosion and Fire (March 2007)
- 3) The Report of The BP US Refineries Independent Safety Review Panel (2007)

プロセス安全メトリック

ご静聴ありがとうございました

参考. メトリックス用語の意味

metric (= standard of measurement)

⇒ メトリック、測定(評価)基準

process safety metric ⇒ PSメトリック、プロセス安全メトリック

lagging metric ⇒ ラギングメトリック、遅行メトリック

— 実際に起こった事故の強度を示すもの—過去の実績

leading metric ⇒ リーディングメトリック、先行メトリック

— 事故前の安全対策の実施状況の健全性を示すもの

near-miss ⇒ ニアミス

— 遅行メトリックの一種、同時に先行基準的な面あり

process safety incident ⇒ PSI、プロセス安全(上の)事故

severity rate ⇒ SR、事故強度

— 事故の結果に応じて算出される比較のための数値

process safety event ⇒ PSE、プロセス安全小事故

参考. 先行メトリック

- 安全管理システムの重要な要素の健全性を示す
- CCPSにおける検討で沢山の要素が考えられた（一説には900くらい）中から7つの重要指数を選定
 1. 機械的健全性
 2. 要処理事項の追跡管理
 3. 変更管理
 4. オペレーター能力
 5. 安全文化
 6. 運転・保守手順
 7. 疲労リスク管理

参考. 先行メトリック

1. 機械的健全性

$$\frac{\begin{array}{c} \text{(期間内に検査されるべき安全上重要な項目の中で} \\ \text{期間中に完了したプラント機器の検査項目数)} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{(期間中に測定すべきプラント機器の安全上重要な検査項目の数)} \end{array}} \times 100 \%$$
$$\frac{\begin{array}{c} \text{(検査または故障の結果判明した安全上重要なプラント} \\ \text{機器が欠陥状態で生産していた時間)} \end{array}}{\text{プラントが生産していた時間}} \times 100 \%$$

2. 要処理事項の追跡管理

$$\frac{\begin{array}{c} \text{(プロセス安全上の要処理項目の中で、期間超過} \\ \text{および/または延期を承認された項目数)} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{(実施中または未処理の要処理事項の総数)} \end{array}} \times 100 \%$$

参考. 先行メトリック

3. 変更管理

$$\text{適切に実行された変更管理の割合} = \frac{(\text{適切に実行された変更管理の数})}{(\text{変更管理の総数})} \times 100 \%$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{変更管理手順を} \\ \text{利用した変更の割合} \end{array} \right] = \frac{(\text{変更管理の数})}{(\text{変更管理の数} + \text{変更管理を省略した変更の数})} \times 100 \%$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{変更後の安全な} \\ \text{スタートアップの割合} \end{array} \right] = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{リコミッショニングやスタートアップ中に} \\ \text{変更に関わる安全上の問題のなかった} \\ \text{スタートアップの数} \end{array} \right]}{(\text{変更後のスタートアップの総数})} \times 100 \%$$

参考. 先行メトリック

4. プロセス安全の訓練および能力

$$\frac{(\text{予定通りにプロセス安全管理の訓練課程を修了した人数})}{(\text{計画されたプロセス安全管理の訓練課程参加者合計人数})} \times 100 \%$$

$$\frac{\left[\begin{array}{c} \text{計画されたプロセス安全管理の訓練課程を} \\ \text{一回で首尾よく完了した受講者の数} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{c} \text{その期間に計画された完了時評価付きプロ} \\ \text{セス安全管理の訓練課程受講者の総数} \end{array} \right]} \times 100 \%$$

$$\frac{\left[\begin{array}{c} \text{関連する安全作業手順全部を守っていない} \\ \text{ことが指摘された安全上重要なタスクの数} \end{array} \right]}{(\text{監査された安全上重要なタスクの合計数})} \times 100 \%$$

参考. 先行メトリック

5. 安全文化

安全文化は会社毎に異なり比較が難しいので、BPテキサスシティ事故の際、報告されたベーカーパネルレポートのAppendix G に記載されている安全文化調査方法を参考 のこと。

6. 運転・保守手順書

$$\frac{(\text{年間に再調査や改訂した運転または保全手順書数})}{(\text{測定期間に再調査や改訂が必要な運転または保全手順書総数})} \times 100 \%$$
$$\frac{(\text{再調査した運転または保全手順書数})}{(\text{運転または保全手順書総数})} \times 100 \%$$
$$\frac{\left[\begin{array}{c} \text{手順書が最新、正確かつ効果的と信じる} \\ \text{運転または保全技術者の数} \end{array} \right]}{(\text{手順書に関わる運転または保全技術者総数})} \times 100 \%$$

参考. 先行メトリック

7. 疲労リスク管理

- $$\frac{\left[\begin{array}{c} \text{疲労の原因、リスク、潜在的な結果等に関する} \\ \text{教育を受けた関係従業員数} \end{array} \right]}{\text{(関係従業員総数)}} \times 100 \%$$
- $$\frac{\text{(合計残業時間)}}{\text{(測定期間の合計標準作業時間)}} \times 100 \%$$
- 測定期間の一人当たりシフト延長回数

参考.ニアミス

● ニアミスとは

- まかり間違えば人・財産・装置・環境に損害を与えたり、内容物の損失 (LOPC)を招いたりするような出来事
- 不安全状態の発見
- エスカレートする可能性の高い不安全状態
- エスカレートすれば悪影響を及ぼしたと思われる出来事

● プロセス安全ニアミスとは

- プロセス安全に関する事故のしきい値に達しない相当量の危険物の放出
または
- 安全システムの問題
 - 安全システム(圧抜き装置、安全計装システム、機械的シャットダウンシステム等)の作動
 - 一次防護設備の点検検査結果が許容範囲を逸脱
 - プロセスの正常範囲からの逸脱、暴走