

# プロセス安全メトリックス —CCPS の提案する新しいプロセス安全測定基準の紹介—

化学工学会 SCE・Net ○(正)牛山 啓\*・(正)澁谷 徹・小谷卓也

## 1. はじめに

SCE・Net 安全研究会ではグリーンテクノロジーの根幹をなす安全について各種情報を提供すると共に、問題解決に向けた取り組みを行っており、その一環として、米国 AIChE 傘下の化学プロセス安全センター (CCPS) が毎月発行している Process Safety Beacon を和訳し、それを基にした安全に関する討議内容を、SCE・Net ホームページに掲載して安全情報を広く提供している。

ここでは、CCPS が 2008 年に発表したプロセス安全メトリックス (Process Safety Leading and Lagging Metrics) について概要を示し、事故の定量的な評価方法として活用可能なことを紹介する。

## 2. CCPS プロセス安全メトリックス作成の経緯

2005 年 9 月に BP 社のテキサス製油所で大事故が発生したが、この調査を行った独立事故調査委員会 (通称 Baker Panel) や米国化学品安全委員会 (CSB) は、BP 社の安全管理体制や規律の欠落を指摘し、業界共通のメトリックス作成を勧告した。

CCPS はこれを受けて、各国の会員各社や関連団体ならびに専門家の協力を得て「プロセス安全メトリックス」という測定基準を作成した。

このメトリックスは次の点を考慮して開発された。

- ・安全成績の改善に貢献できるもの
- ・有意義な安全トレンドが得られるもの
- ・比較融合が可能なもの

(当時) 日本の会社や団体は CCPS に参加しておらず、残念ながらこのメトリックス案の作成に加わることができなかったが、このグローバル方式の考え方を実質的に活用するような業界の取り組みが望まれる。

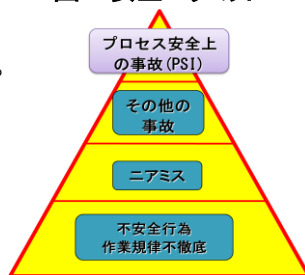
## 3. CCPS 安全メトリックス

CCPS のメトリックスの概念は図 1 に示すような安全ピラミッドで構成されている。

最上段はこのメトリックスで事故と定義される遅行メトリックスの範囲である。次の段は微細な事故でプロセス安全事故と見なされない範囲のものである。3 段目は文字どおりニアミスで事故ではないが、危険を予測される状態を示している。

最下段は事故を起こす可能性のある要因を示しており、先行メトリックスの範囲となる。

図 1: 安全ピラミッド



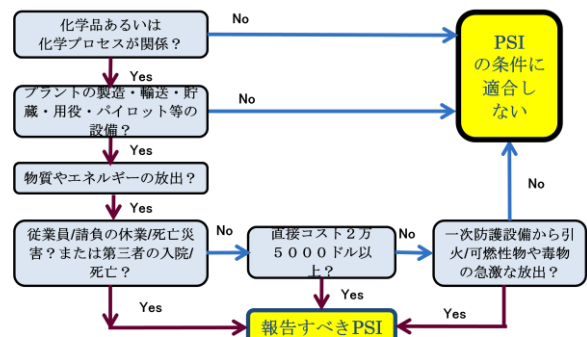
## 3-1. 遅行メトリックス

どのような事故をプロセス安全事故 (PSI) と呼ぶか？これについて以下のように定義されている。

- 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 (またはプラントに直結した) 設備であること
- 3) 下記のいずれかを惹き起す物質またはエネルギーの放出があること
  - a) 従業員等の休業/死亡災害
  - b) 直接コスト 25,000 米ドルの火災/爆発
  - c) 一次防護設備からの閾値を超える化学品の放出 (ただし、フレア・スクラバー・安全弁からの計画的放出を除く)

この関係を図示すると図 2 のようになる。

図 2: PSI 事故定義



ここで、閾値をどのように選定するかが大きなポイントになるが、CCPS ではいろいろな数値の中から、化学品の放出閾値として国連危険物区分 (図 3) の数値を選定した。もちろん会社や団体によって、他の基準値を別途選定することが可能であるが、どの基準を選定するか決めたら、それを変更しないことが重要である。

図 3: 国連危険物区分

国連により危険物と定義された物質の危険区分	閾値(TQ)
TH Class A 物質	5 kg (11 lbs)
TH Class B 物質	25 kg (55 lbs)
TH Class C 物質	100 kg (220 lbs)
TH Class D 物質	200 kg (440 lbs)
“Packing Group I” 物質 & “引火性ガス”	500 kg (1100 lbs)
“Packing Group II” 物質 & “引火性液体”	1000 kg (2200 lbs)
“Packing Group III” 物質 & “可燃性液体 & Division 22 - 不燃物, 無毒性ガス”	2000 kg (4400 lbs)

従業員の被害程度、火災爆発による被害の程度、化学品放出量、社会環境への影響の 4 項目に対し、CCPS はその影響度合いを定量的に整理し、次ページ図 4 の表に示した。この表によって、事故の状況を点数で表示でき、定量的に大きさを表すことができる。

図4：プロセス安全事故と強度カテゴリー

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 25000～10万ドル	放出が二次防護施設内または装置内	短期的な改善対応
3	3	負傷休業	直接コスト 10万～100万ドル	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	予防的なシェルター使用または 100万ドル未満の改善または 地域的閉鎖
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100万～1000万ドル	オフサイトで負傷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	シェルター使用または地域避難、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1000万ドル超	オンサイトまたはオフサイトでかなりの負傷者や死者が出る可能性のある化学品の放出	数日間の全国メディアによる報道または 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

先行メトリックスは安全管理システムの健全性を測る基準であり、重要指数として以下の4点を設定している。

- 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

これらの基準は図6により評価できる。

安全文化に対する直接の指標は示されていないが、企業毎に指標を決めて改善を図ることが重要である。

一方、これらの強度レベルや点数から、労働災害と同じような数式(図5)による評価が可能となり、企業毎にこれらの数値を把握比較していくことをCCPSは推奨している。

図5: 運行メトリックス計算式

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  

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

### 3-2. 先行メトリックス

図6: 先行メトリックス計算式

1. 機械的健全性  
 (期間内に検査されるべき安全上重要な項目の中で  
 期間中に完了したプラント機器の検査項目数)  

$$\frac{\text{(期間中に測定すべき機器の安全上重要な検査項目の数)} \times 100\%}{\text{(検査または故障の結果判明した安全上重要なプラント機器が欠陥状態で生産していた時間)}} \times 100\%$$
2. 要処理事項の追跡管理  
 (プロセス安全上の要処理項目の中で、期間超過および/または延期を承認された項目数)  

$$\frac{\text{(実施中または未処理の要処理事項の総数)}}{\text{(要処理事項の総数)}} \times 100\%$$
3. 変更管理 (代表的な数式例を示す)
  - 適切に実行された変更管理の数  

$$\frac{\text{(適切に実行された変更管理の数)}}{\text{(変更管理の総数)}} \times 100\%$$
  - 変更後の安全なスタートアップの割合  
 (変更に関わる安全上の問題のなかったスタートアップの数)  

$$\frac{\text{(変更後のスタートアップの総数)}}{\text{(変更後のスタートアップの総数)}} \times 100\%$$
4. プロセス安全の訓練および能力(代表的な数式例を示す)
  - 安全管理の訓練  

$$\frac{\text{(予定通りに安全管理の訓練課程を修了した人数)}}{\text{(計画された安全管理の訓練課程参加者合計人数)}} \times 100\%$$
  - 重要なタスクの順守  
 (関連する安全作業手順全部を守っていないことが指摘された安全上重要なタスクの数)  

$$\frac{\text{(監査された安全上重要なタスクの合計数)}}{\text{(安全上重要なタスクの合計数)}} \times 100\%$$

### 3-3. ニアミス

ニアミスはそれ自体大きな事故ではないが、まかり間違えば大事故になりかねないもので、日本の各企業でヒヤリハット等で日常的に対策を行っているものと同じである。実際に微細事故が起きていることから、運行メトリックスの一部だが、ニアミスが増加すると大事故を起こす確率も上がることから、先行メトリックスともいえる。

### 4. まとめ

運行メトリックスについては、JST や PECSAFER などの事故データがあり、企業内には更に詳しいデータも蓄積されているであろう。図4によって定量的な指標が得られるので、それによって各企業や業界のプロセス安全指標を比較し、その傾向を確かめることができ、継続してデータを蓄積していくことが望まれる。

採用する閾値はCCPSの推奨するものはかなり高く、厳しい法規制の下で管理されている日本においては大きな事故も少なく、閾値は低くすべきとの考え方があろう。業界や企業によって、一定の基準によって閾値を選定することが可能である。

石油化学工業協会では、CCPSの提案をベースとして、火災爆発や化学品の影響は閾値以下でも日本では報告義務があり、これをレベル5として加算点0.3を与えるように修正を加え、社会環境影響の内社会的な影響は当面加算対象外として記録のみ残すこととし、今年4月からデータ蓄積を開始するようである。新しい試みとして注目したい。

また、先行メトリックスはデータが公表されている例が殆どなく、現状では計算によって動向を調べることは難しいが、企業内で今後その指標による傾向を把握していくことは重要と考えられる。

参考文献: CCPS; "Process Safety Leading and Lagging Metrics"

<http://www.aiche.org/ccps/publications/psmetrics.aspx>