

プロセス安全管理に関する規制としては、世界的に OSHA/PSM (Occupational Safety and Health Administration/Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals standard: 29 CFR 1910.119) が広く浸透してきた。それを受けて、AIChEの化学プロセス安全センター (CCPS) では、産学が連携して OSHA/PSM をさらに発展させた、「リスクに基づくプロセス安全 (RBPS)」を提唱し、そのガイドラインを発刊した (2007年)。既に、ヨーロッパ、アジアで翻訳がされており、この度、ようやく日本でも安全部会のWGがRBPSガイドラインの翻訳に着手し、2018年中に発刊される運びとなった。

本企画では、CCPS RBPSガイドライン日本語版の発刊にあわせて、リスクに基づくプロセス安全の実現に向けた安全部会での取り組みを中心に、重要なRBPSエレメントを紹介する。これらの活動を通じて、化学プロセス産業における健康・安全・環境への取り組みに対する世界的な潮流や我が国の立ち位置について概観し、グローバルに通用する化学プロセス産業の在り方について提言したい。

(編集担当：北島禎二)†

リスクに基づくプロセス安全管理

湊野 哲郎

1. はじめに

欧米では、1970年代から80年代にかけて起きた重大事故の解析により、それらの根本原因が「マネジメント」の不備に起因すると認識されるようになり、プロセス安全管理 (PSM: Process Safety Management) に対する法規の整備がおこなわれてきた。英国のCIMA (1984年): the Control of Industrial Major Accident Hazards Regulations (現在のCOMAH: Control of Major Accident Hazards Regulations/2015)、欧州のSeveso Directive (1986年): (Directive 82/501/EEC) (現在のSeveso III Directive (Directive 2012/18/EU))。そして、米国では、1984年に起きたインドBhopalのイソシアン化メチルの流出事故により、Occupational Safety and Health Administration (OSHA) が、1992年に14エレメントで構成される Process Safety Management of

Highly Hazardous Chemicals (OSHA-PSM) (29CFR1910.119) 規制を発効する契機となった。

一方、米国の化学産業界の指導者は、インドBhopalの事故を機に、プロセス技術と管理手法を進歩させ、プロセスの安全性に関する情報を提供し、エンジニアリングにおけるプロセス安全の支援をおこなうことで、致命的なプロセス災害を防止するためのコンソーシアムの設立を、米国化学工学会 (AIChE: American Institute of Chemical Engineers) に要請し、1985年、AIChEは17主要メンバー企業と化学プロセス安全センター (CCPS: Center for Chemical Process Safety) を設立した。CCPSは、化学プロセス安全管理プログラムが効果的であるためには、プロセス技術だけではなく、トップマネジメントの関与が不可欠であることを早い段階で認識しており、1989年に出版した“Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety¹⁾”で、12エレメントからなるプロセス安全管理 (CCPS-PSM) システムのフレームワークと詳細なコンポーネントを規定し、1992年に出版した“Plant Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety²⁾”で、それを実施するためのオプションや詳細な説明と、実施事例を示した。これにより、法規としてのOSHA-PSMに対して、どのようにPSMを実施してゆく



Risk Based Process Safety Management
Tetsuo FUCHINO (正会員)
1985年 東京工業大学理工学研究科修士課程修了
1995年 同大学同研究科 博士(工学)
現在 東京工業大学物質理工学院応用化学系 准教授
連絡先: 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1
E-mail fuchino@chemeng.titech.ac.jp

2018年8月30日受理

† Kitajima, T. 平成29, 30年度化工誌編集委員 (11号特集主査)
東京農工大学工学部化学システム工学科

かを自主的に定めてゆくための仕組みとしてのCCPS-PSMシステムが規定された。しかし、OSHA-PSMが発効され、CCPS-PSMが発表されたのち、不十分なマネジメントシステム性能、資源不足、進まないプロセス安全結果によって、PSM導入に向けたある種の高まりは、水をさされることになる。PSMシステムの導入には、時間も資金も必要であり、更にはすべてのエレメントが導入または実装されたとしても、時間が経てばシステムは劣化するし、設備に限らず人、技術も変化し、変更がおこなわれる。この問題を解決するために、CCPSは、限られた資源をリスクに基づき、どのマネジメントシステムに分配するかを決め、継続的な改善を実現するためのPSMの枠組みとして、20のエレメントからなる『リスクに基づくプロセス安全』(RBPS)のコンセプトを構築し、それを実施するためのオプションや詳細な説明を含めて2007年に“Guidelines for Risk Based Process Safety³⁾”(「リスクに基づくプロセス安全のためのガイドライン」)を出版した。

化学工学会安全部会は、以前よりプロセス安全管理の重要性を認識し、より論理的なPSMシステムの構築・導入・実装を目指し、キーとなるエレメントについて、ワーキンググループを作り検討をおこなってきた。そして、2016年に、前出の“Guidelines for Risk Based Process Safety”を翻訳出版するワーキンググループ(RBPS翻訳WG)を設立させ、「リスクに基づくプロセス安全のためのガイドライン」を出版する運びとなった。本特集は、その翻訳出版を契機として、RBPSを概観し、化学工学会安全部会のワーキンググループでの議論に基づき、ライフサイクル安全を実現するためにキーとなるエレメントの概要と、解決すべき課題とアプローチについて、概説することを目的としている。

本稿は、RBPS翻訳WGを設立した経緯と留意点を述べ、PSMエレメント(OSHA-PSMをベースに)とライフサイクル業務との関係、ライフサイクル安全を実現するためにキーとなるエレメントと解決すべき課題について概観する。

2. RBPS翻訳WG設立の経緯と留意点

2011年から2014年にかけて、中国、近畿地方の化学プラントで起きた4件の事故は、まだ記憶に新しい。短期間に4件もの重大事故が起きたことは、セーフティスコア的に大きな問題であろうが、それよりも問題なのは、これらの重大事故が、根本的に「マネジメント」の不備に起因すると思われること、米国では、インドBhopalの事故が、CCPS発足の契機となり、自主管理の仕組みとしてCCPS-PSMおよびRBPS構築の契機となったにもかかわらず、日本では何の動きもなかったことである。著者は、当初RBPS翻訳WGの設立に積極的ではなかったが、後押しをしてくれる企業があり、明示的にPSM法規が制定されて

いない日本において、自らPSMシステムを導入するためには、まずはRBPSを理解する必要があるという意見を聞き、2016年にWG設立の運びとなった。RBPSの概要は後に続く記事に任せるが、RBPSを理解するためには、次の点に留意する必要がある。

- (a)RBPSは、リスクに応じてどのマネジメントシステムをどこまで実施、実装するかを、自主的に決め、マネジメントシステムの性能を維持管理するためのフレームワークであること
 - (b)効果的にRBPSを実施するためには、プロセス技術を含めた専門技術力の向上および専門技術者の育成が不可欠であること
 - (c)RBPSシステムにより、効果的にプラントライフサイクルを通じた安全を管理するためには、ライフサイクル業務プロセスと、RBPSエレメントを関連付ける必要があること
- (a)であることは、プロセス技術のみならず、マネジメントシステムとしてのパフォーマンスを測定し、弱点を見つけて改善に繋げる仕組みが必要となるということであり、「測定とメトリクス」エレメントがRBPSに含まれる理由であるとともに、化学工学会安全部会で、「安全管理メトリクスWG」にて検討した理由でもある。同様に、(b)であることは、RBPSでは「プロセス知識の管理」エレメントに加えて、「プロセス安全能力」エレメントが導入されている理由である。そして(c)であることは、RBPS単体では、RBPS(PSM)エレメント間の関係が不明瞭となる原因となっている。

3. RBPS(PSM)エレメントと業務プロセス

表1に、ワサビ色の欄に示す4つの柱(ピラー)によって分類されるRBPSの20のエレメントと、法規としてのエレメントである“企業秘密”を除くOSHA-PSMの13エレメントとの対応を示す。このRBPSの構造(4つのピラーによるエレメントの分類)は、言うなれば「プロセス安全管理」側の都合により構成したものである。一方、プロセス安全の管理対象は、プラント資産を設計建設し、そのライフを通じて生産を継続する「プラントライフサイクルエンジニアリング(LCE)業務」であり、それを構成する業務プロセスは、当然ながらRBPS構造とは異なる。これが、「RBPSシステムにより、効果的にプラントライフサイクルを通じて安全を管理するためには、ライフサイクル業務プロセスと、RBPSエレメントを関連付ける必要がある」理由である。

プラントライフサイクルは、「プロセス/プラント設計」、「建設」、「運転」、「設備保全」の業務ステップに対して、ライフサイクル全体を管理する「ライフサイクルの管理」、評価する「ライフサイクルの評価」の業務プロセスを加え、ライフサイクルでリソースを管理する「資源・情報・基準

表1 RBPS / OSHA-PSM エLEMENTの対応

RBPS ELEMENT	OSHA PSM ELEMENT
プロセス安全を誓う	
プロセス安全文化	
規範の遵守	プロセス安全情報
プロセス安全能力	
従業員の参画	従業員の参画
利害関係者との良好な関係	
ハザードとリスクを理解する	
プロセス知識の管理	プロセス安全情報
ハザードの同定とリスク解析	プロセスハザード解析
リスクを管理する	
運転手順	運転手順
安全な作業の実行	運転手順, 火器使用許可
設備資産の健全性と信頼性	機器の健全性
協力会社の管理	協力会社
訓練と能力保証	訓練
変更管理	変更管理
運転準備	運転前安全レビュー
操業の遂行	
緊急時の管理	緊急時の対応計画
経験から学ぶ	
事故調査	事故調査
測定とメトリクス	
監査	プロセス安全監査
マネジメント・レビューと継続的な改善	

の提供」業務プロセスからなる。これに対して、主要な RBPS ELEMENT を関連付けてゆく。但し、RBPS ELEMENT と業務プロセスとの対応は、各 RBPS ELEMENT の実行・実装レベルによって変わる。そこで、図1では最小要求である OSHA-PSM ELEMENT に対して対応する RBPS ELEMENT を括弧内に示した。RBPS では、初期の「プロセス/プラントの設計」は不備なくおこなわれることを前提としており、「プロセスハザード解析」の実施と対応がおこなわれ、必要なすべての運転モードに対する「運転手順」、「緊急時の対応計画」が設計される。これら設計情報およびプロセス開発からの技術移転情報は、「プロセス安全情報」として「資源・情報・基準の提供」で管理される。

「建設」は、プラント設計情報との間の「機器の健全性」の管理下でおこなわれ、「運転」実施前に「運転前安全レビュー」として、「プロセス安全情報」の準備、「プロセスハザード解析」の実施と対応の完了、設計と整合した「建設」の完了等がレビューされ、不備があれば運転開始は回避されなければならない。また、「運転」中の補修・保全是「火器使用許可」が管理され、「運転」と「設備保全」との間で「機器の健全性」が管理されることによって、設備状態に整合した運転計画、運転計画に整合した設備保全計画の作成とその実施を可能にする。これらライフサイクル業務ステッ

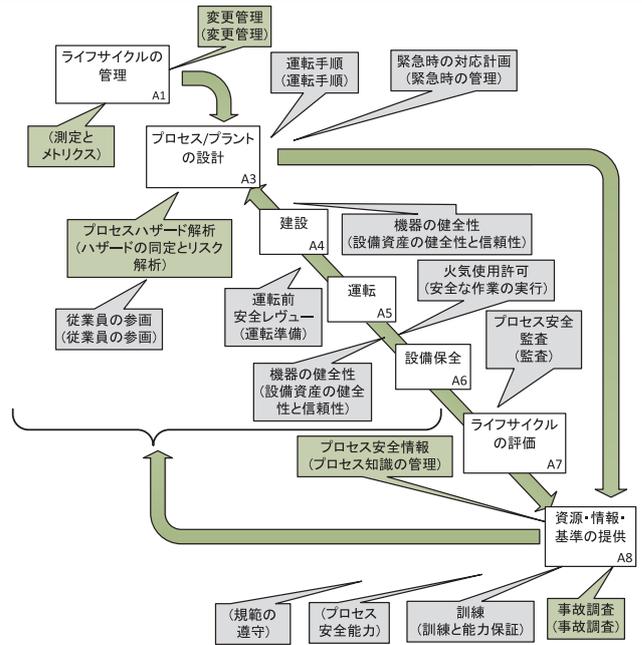


図1 PSM ELEMENT とライフサイクル業務プロセス

プからの出力また進捗情報、OSHA-PSM (RBPS) ELEMENT の実施状況は、「ライフサイクルの評価」に送られ、「プロセス安全監査」によって評価され、結果は「資源・情報・基準の提供」業務機能に送られる。この業務プロセスが提供する「資源」には、人や組織に帰属する技能、能力、技術が含まれ、「訓練(訓練と能力保障)」、「(プロセス安全能力)」がそれらを担う。「情報」には、「ライフサイクルの評価」からの評価結果、「プロセス安全情報」、そして当該プラント、およびそれ以外の関連するプラントを含めて、事故(重大事故、その他の事故、ニアミス事故、不安全な挙動)解析情報が含まれ、「基準」にはエンジニアリング基準の他、「規範の遵守」によって管理される規範類が含まれる。「資源・情報・基準の提供」業務プロセスによって提供されるこれらリソースは、「ライフサイクルの管理」をはじめ、ライフサイクルエンジニアリング業務ステップにフィードバックされることを意図している。

4. 変更管理の仕組みに基づくライフサイクル安全

図2は、図1より、ライフサイクル業務プロセスを消し、OSHA-PSM (RBPS) ELEMENT とそれらの主要な繋がりを出したものである。図1では、ライフサイクル業務プロセスに対して、RBPS ELEMENT が如何に機能するかを表し、図2はRBPS ELEMENT の繋がりを表現しているため、ライフサイクルプロセス安全に対して、RBPS が如何に機能するかを表す。

元来、OSHA-PSM は、ライフサイクルプロセス安全を、「変更管理」の仕組みの下で達成することを意図している

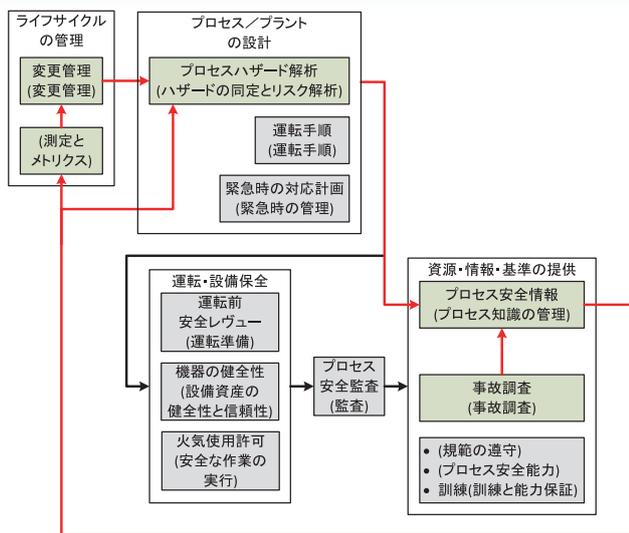


図2 ライフサイクルにおけるRBPSエレメントの関係

(図1, 2のよもぎ色で塗ったエレメントは“変更管理”に特に関係するものを表わす)。このために、OSHA-PSMの“プロセスハザード解析”では、「最初のプロセスハザード解析の完了後少なくとも5年ごとに、ハザード解析が現在のプロセスと一致することを確実にするために、プロセスハザード解析を更新し、再検証する必要がある。」としており、これがライフサイクルプロセス安全管理として有効となるためには、時間の経過に伴う変化、変更に対して、新たなハザードを導出するための仕組みが必要となる。その一つが、“事故調査”であり、もう一つは「プロセス／プラントの設計」による、操作、現象、プロセス構造の変更に伴う“プロセス安全情報”の更新である。“事故調査”により、事故の直接原因、根本原因が解析される。この事故は、当該プラントの事故のみならず、当該プラント以外のプラントで起きた事故も含む。しかし、事故自体は顕在化した時の操作状況や、顕在化した装置固有のものであり、多くの場合、そのままでは“プロセスハザード解析”にフィードバックすることは難しい。固有の事故原因情報を、広く“経験に学ぶ”ための一般化の仕組みが“プロセス安全情報(プロセス知識の管理)”エレメントであり、この一般化された事故原因情報があって初めて、事故調査の結果が“プロセスハザード解析”にフィードバックすることが可能となり、ひいては“変更管理”の仕組みで、ライフサイクルプロセス安全管理に繋げることが可能となる。また、一般化された事故原因情報が利用できるのであれば、“(測定とメトリクス)”により、RBPSエレメントの弱点を見つけ出し、継続的な改善の仕組みにより、RBPSのパフォーマンスを維持管理することも可能となる。

5. 事故発生状況と課題

RBPSが正しく実行、実装され、効果的に機能すれば、

重大事故の減少が期待できる。しかし、米国の、化学物質に関わる重大事故の根本原因の調査、究明を目的とする独立連邦機関である、U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) のWebサイト⁴⁾からは、重大事故の発生件数の劇的な減少は見受けられない。勿論CSBの報告書に記載されている指摘事項からは、「Inherently Safer Design (本質的により安全な設計) アプローチを怠っていた」、「Aging Plant (老朽化)の問題」、「根本的な Safety Culture (安全文化)の問題」など、新たな問題が顕在化していることも事実であるが、大部分の事故調査レポートでは、「変更管理の不備」、「変更に対する、不十分なプロセスハザード解析」、「事故の繰り返し(経験に学ぶことができなかった)」が指摘されている。「4. 変更管理の仕組みに基づくライフサイクル安全」で述べたように、OSHA-PSM, RBPSは、ライフサイクル安全を、“変更管理”の仕組みにより管理することを意図し、“変更管理”の仕組みを効果的に実行するためには、プラントやプロセス固有(個別)の事故原因情報を、一般化する仕組みが不可欠である。これまで、RBPSでは、「プロセス安全能力」エレメントにより、この問題を解決してきたように思える。しかし、最近のCSBのレポートでは、「専門知識の欠如」や「専門家の不在」が指摘されるようになり、より体系的に、“事故調査”情報を一般化し、“プロセスハザード解析”にフィードバックし、効果的に“変更管理”を実施するための方法、方法論の開発が急務ではないだろうか。

6. おわりに

「5. 事故発生状況と課題」で述べた問題意識に基づき、化学工学会安全部会では、これまで、変更管理WG、プロセス安全メトリクスWG、プロセスケミストリWG、そしてRBPS翻訳WGを設置し、活動をおこなってきた。更に、事故解析WGを設置し活動を開始する。本特集記事では、プロセス安全管理の動向を概観したうえで、RBPS翻訳WGを含め、上記WGでの議論、見出されたことから(Findings)や今後の課題などをまとめる。各WGでの議論等詳細については、化学工学会安全部会の報告書(今後発行されるものも含めて)等を参照してもらいたい。願わくは、本特集記事や、安全部会のWG報告書が、欧米からの単なる技術移転ではなく、日本発、世界に通用するプロセス安全管理フレームワークの構築とその実行・実装環境の整備に向けた取り組みを開始する契機とならんことを期待する。

参考文献

- 1) CCPS; Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety, AIChE, New York, U.S.A. (1989)
- 2) CCPS; Plant Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety, AIChE, New York, U.S.A. (1992)
- 3) CCPS; Guidelines for Risk Based Process Safety, Wiley & Sons, Hoboken (2007)
- 4) <https://www.csb.gov/> (2018)