

これからのプロセス機能安全の役割と実践導入技術

【海外動向】

工場マネジメントからみた プロセス安全管理の動向

大坂システム計画株式会社 大坂 宏

1. はじめに

海外では、1970-1980年代に化学プラントで発生した一連の重大事故の調査によって「マネジメントシステム」が多くの事故の根本原因であることが認識されるようになった。その後、欧米を中心にプロセス安全管理 PSM (Process Safety Management)の仕組みが導入され、1990年代に入ってから、事故の減少傾向がみられる。国内では、4~5年前から学会、エンジニアリング会社やユーザ企業のHSE部門から国際的に普及しているプロセス安全管理または PSM という用語を聞くようになってきた。

本稿では、日本ではまだ広く普及していないプロセス安全管理 PSM について、米国化学工学会 AIChE の下部組織である化学プロセス安全センターCCPSの活動と米国労働安全衛生法 OSHA PSM を中心に、その仕組みと最近の動向について紹介する。

2. プロセス安全管理 PSM とは

化学プロセス安全センターCCPS (Center for Chemical Process Safety)ではプロセス安全管理 PSM を、“プロセスからの大量の化学物質やエネルギーの放出に対する「防止」、「備え」、「軽減」、「対応」、「制限」に重点的に取り組むマネジメントシステム”と定義している。マネジメントシステムは方針、業務プロセス、役割と責任などを管理し、継続的に改善するための仕組みである。つまり、PSM はユーザ企業がプロセス安全に取り組み、改善する仕組みと言える。

欧米では、1970年代以降の重大事故が発生するたびにマネジメントシステムの重要性が議論され、OSHA PSM、EC 指令などの法の整備、ISO、IEC、API などの各種規格や CCPS による技術ガイドラインの発行などマネジメントシステムを支える具体的な動きにつながってきた。(図1) この PSM は長い歴史のなかで、官民一体となった継続的な改善を繰り返し、ユーザ企業に徐々に定着していった。今では重大事故のリスクを軽減し、企業の

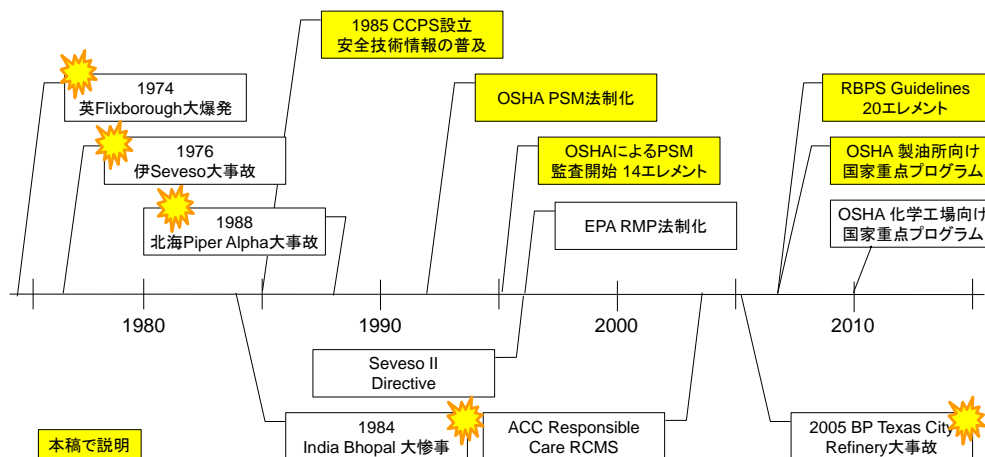


図1 化学プラントの重大事故とプロセス安全管理の歴史

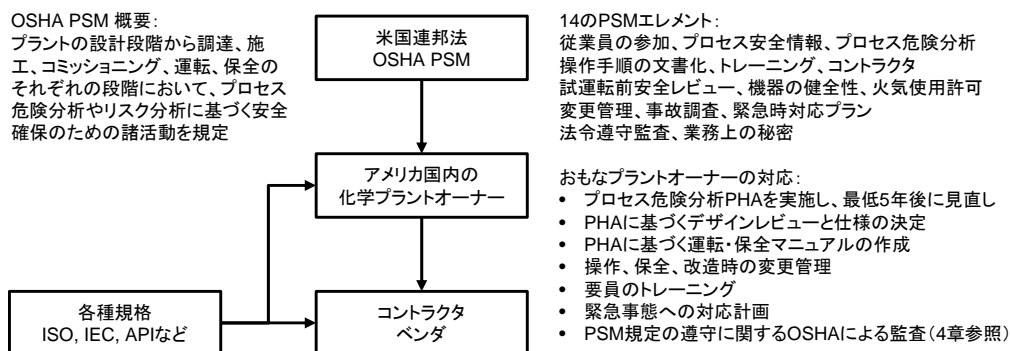


図 2 OSHA PSM

業績を改善する仕組みとして広く認められている。

一方、国内では欧米のような包括的な法律がないため、PSMの体系化された諸活動やマネジメントシステムは普及していない。これまでは小集団活動に基づく現場力の向上を重要視し、事故の少ない生産現場を実現してきた。しかし、ここにきて装置の老朽化、運転部門の人員削減やベテラン社員のリタイヤなどにより、現場の安全維持は難しくなっている。

(1) 米国労働安全衛生法 OSHA の PSM²⁾

PSM 法制化の具体例として米国労働安全衛生法 OSHA PSM を紹介する。米国労働安全衛生法 OSHA (Occupational Safety and Health Act)では1992年に化学プラントを保有する事業所に対して危機管理の履行を求める PSM 規定を導入した。そのアプローチは、「化学プラントの設計段階から調達、施工、コミッショニング、運転、保全の各段階において、プロセス危険分析やリスク分析に基づく安全確保のための諸活動を系統立てて実施することで安全は確保できる」とする考え方が基本になっており、諸活動を 14 の PSM エレメントとして定義している。(図 2)

OSHA PSM は化学プラントの分野でグローバル・スタンダードと言える米国石油協会 API 規格から導入された経緯もあり、米国以外の海外諸国のプラント納入契約においても OSHA PSM の要求条項が設けられることが多い。

3. 最新のプロセス安全技術を提供する化学プロセス安全センターCCPS

国際的にプロセス安全技術を発信する CCPS を紹介する。CCPS は 1984 年のインド Bhopal の大事故の直後、米国化学工学会 AIChE の参加企業

17 社が発起し、重大事故撲滅への取り組みを共同で進め、プロセス安全を改善する技術をリードする組織として 1985 年に設立された。対象とする産業は石油、化学、製薬などのプロセス産業で、製造業、政府機関、コンサルタント、大学・研究機関、保険業者などから構成される AIChE の下部組織である。設立当初はアメリカ国内を中心に活動していたが、現在は、全世界の 160 社以上の企業が参加し、100 種類以上のガイドラインなどの出版物を提供するほか、世界中で国際会議やイベントを実施している。

アジア地区においても中国、インド、マレーシアなどを中心に多くの企業が CCPS に参加し、いまや国際的なプロセス安全技術をリードし、発信する組織になっている。しかし、残念ながら、日本からの参加企業はわずか 1 社のみであり、国際的なプロセス安全のネットワークには参加できていないのが現状である。今後のグローバル化を考えると日本国内だけでプロセス安全の改善を考えることはもはや意味がなく、このようなネットワークを積極的に活用することが望まれる³⁾。

4. CCPS のプロセス安全ガイドライン

CCPS では、毎年、参加企業が取り組みたい PSM のテーマを決め、ワーキンググループで研究・調査した結果をガイドラインとして提供している(表 1)。このガイドラインに法的な拘束力はないものの、PSM を体系的に整理し、技術的なアプローチ手法をまとめている点で、プロセス安全のバイブル的存在と言える。

(1) Risk Based Process Safety (RBPS)ガイドライン¹⁾
各企業において PSM 導入当初は、マネジメントシステム、リソース、成果の面で課題も多く、PSM

表1 おもな CCPS のプロセス安全ガイドライン

リスクベースプロセス安全:	Guidelines for Risk Based Process Safety (2007)
プロセス安全管理システム監査:	Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems (2012)
プロセス危険分析:	Guidelines for Hazard Evaluation Procedures (2008) Revalidating Process Hazard Analyses (2001)
エンジニアリングデザイン:	Guidelines for Engineering Design for Process Safety (2012)
機器の健全性:	Guidelines for Mechanical Integrity Systems (2006)
防護層解析:	Guidelines for Enabling Conditions and Conditional Modifiers in LOPA (2013) Layer of Protection Analysis (2001)
安全計装システム:	Guidelines for Safe and Reliable Instrumented Protective Systems (2007)
プロセス安全メトリクス:	Guidelines for Process Safety Metrics (2009)
変更管理:	Guidelines for the Management of Changes for Process Safety (2008)

表2 RBPS の4つの柱と20の要素

RBPSの4つの柱	RBPSの20の要素		OSHA PSM との対応
Commit to Process Safety プロセス安全への取り組み	Process Safety Culture	プロセス安全文化	
	Compliance with Standards	規則の順守	○
	Process Safety Competency	プロセス安全能力	
	Workforce Involvement	社員の関与	○
	Stakeholder Outreach	ステークホルダーへの働きかけ	
Understand Hazards and Risks 危険とリスクの理解	Process Knowledge Management	プロセス知識管理	○
	Hazard Identification and Risk Analysis	危険同定とリスク分析	○
Manage Risk リスクの管理	Operating Procedures	運転要領書	○
	Safe Work Practices	安全作業プラクティス	○
	Asset Integrity and Reliability	アセット健全性と信頼性	○
	Contractor Management	業者管理	○
	Training and Performance Assurance	トレーニングと性能保証	○
	Management of Changes	変更管理	○
	Operational Readiness	運転準備	○
	Conduct of Operations	運転実行	
Learn from Experience 経験から学ぶ	Emergency Management	緊急事態管理	○
	Incident Investigation	事故調査	○
	Measurement and Metrics	測定とメトリクス	
	Auditing	監査	○
	Mgmt Review and Cont. Improvement	マネジメントレビューと継続的な改善	

の仕組みがうまく機能しないという問題を抱えていた。このような状況を改善するため CCPS では、より効果的な PSM の仕組みの構築と運用を目的に、新たな管理のフレームワークを Risk Based Process Safety ガイドラインとして 2007 年に発行している。

このガイドラインは、プロセスの危険とリスクの理解をベースとし、期待効果に見合った PSM 活動を実施し、その有効性を監視する仕組みを提供するもので、PSM 活動を 4 つの柱と 20 の要素に分類している (OSHA PSM は 14 エlement)。(表 2) さらに、20 の要素に対して、①概要、②指針と基本的な特徴、③作業とその遂行、④有効性を改善する事例、⑤メトリクス、⑥マネジメントレビューを具体的に説明している。

CCPS は各企業に対してこのフレームワークを参考にし、リスクの許容範囲、利用可能なリゾ

ス、プロセス安全文化を考慮しながら、各社独自のプラクティカルな仕組みの構築を勧めている。このガイドラインは、国内のプロセス安全にかかわる専門家の方に、ぜひ目をとってもらいたい一冊である。

(2) プロセス安全管理システム監査ガイドライン⁴⁾

PSM が正常に機能しているか否かを監視する方法として PSM 監査は有効である。CCPS では、(1) 項の RBPS ガイドラインに定めたフレームワークが正常に機能していることを監査する手法として、2010 年にプロセス安全管理システム監査ガイドラインを発行している。ガイドラインは各企業独自の PSM に対して、監査のポイントを網羅的かつ具体的に解説するとともに、PDCA 管理サイクルをベースとした継続的な改善の仕組みを提唱している。

国内でも、PDCA は広く定着しているが、この

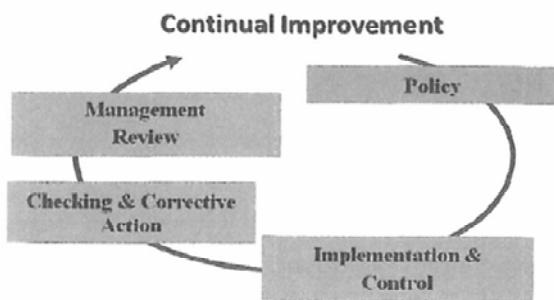


図3 PSMのPDCA管理サイクル

ガイドラインのPDCAには図3に示すようにPSMポリシーの設定やマネジメントレビューの考え方を導入してシステマチックで継続的な改善を目指している。900ページに及ぶガイドラインで、OSHA PSMのみならず各国の法規制も考慮しているPSM監査の実務書である。

5. PSM 監査の動向

PSM 監査の具体例として、米国の OSHA の PSM 監査を紹介する。

OSHA PSM では各企業に自主的な3年ごとの社内監査を義務付けている。一方、OSHA も監査チームを編成し、計画的な PQV 監査(PQV: program-quality-verification)と苦情や照会に基づく抜き打ち監査を行っている。しかし、PQV 監査は広範囲かつオープンエンドな監査のため多くの人手と時間がかかり、1年間で全対象施設の

0.2% (年間 500 施設に対して 1 施設の割合) しか計画できていないという状況にあった。

そのような中、2005年にBPテキサスシティ製油所で大規模な事故が発生している。この事故を契機にOSHAは大事故や犠牲者の多発している業界に対して、より効果の上がる新たなPSM監査の導入を決定した。2007年に製油所向け国家重点プログラム(製油所NEP)⁵⁾の施行を発令し(表3)、数年間で国内のすべての製油所を対象に、OSHA PSMコンプライアンス評価ツールを使った監査を実施している。また、2010年には化学工場向けの国家重点プログラムの実施も決定している。2007年から2011年までに実施した製油所向け国家重点プログラムの結果、1,000件以上のOSHA PSM違反が(1回の監査当たり平均11.2違反)が報告されている⁶⁾。違反の多いOSHA PSMエレメントは多い順からの①機器の健全性維持、②プロセス安全情報の整備、③運転要領書の作成、④プロセス危険分析となっており、この上位の4エレメントで全体の7割以上を占めている。(図4)

6. PSM メトリクスの動向

PSMメトリクスはCCPS活動の中でも最もホットな領域の一つである。PSMのマネジメントシステムをうまく機能させるには管理の対象の目標を設定しその達成状況を把握することが重要である。欧米では、この10年間、マネジメントシステムを構築し、責任を持った担当者がPSMのメトリクス

表3 製油所NEPの概要

タイトル	Petroleum Refinery Process Safety Management National Emphasis Program
対象	OSHAの管理下にあるすべての製油所とその協力会社
目的	石油製油所の非常に危険な化学物質の壊滅的な放出に関係する作業スペースの危険を減らすか、または排除する
実施時期	2007年から2011年
検査チーム	3-4名/検査
所要時間	1000時間/検査(通常の全業種平均OSHA監査の40倍)
主要参考資料	<ul style="list-style-type: none"> • API510 – Pressure Vessel Inspection Code • API570 – Piping Inspection Code • Guidelines for Mechanical Integrity System, CCPS • Guidelines for Engineering Design for Process Safety, CCPS
検査プロセス	質問項目を用いた二段階の検査ステップ ステップ1: 約100項目の固定質問 (Static List) ステップ2: 定期的に変更される質問項目 (Dynamic List)
検査結果	<ul style="list-style-type: none"> • 1992年以来、最大のPSM監査で労働者の安全に大きな効果あり。 • 違反内容: 機器の健全性、プロセス安全情報、運転要領書、プロセス危険分析 • 違反件数: 平均11.2件/検査、罰金: 平均76,800USD/検査

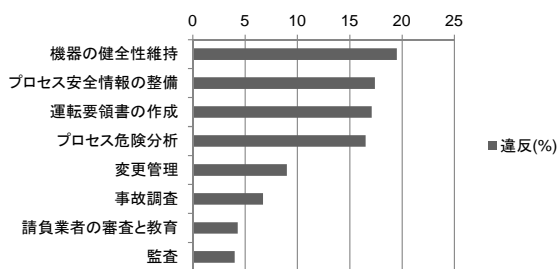


図4 製油所 NEP における PSM エlement別違反比率

(効率や性能を表す測定値や指標)を使って、達成状況を把握する試みをしてきた。メトリクスは管理指標や Indicator と言い換えてもよく、図5に示すように各団体が、先行指標(Leading Indicator)と遅行指標(Lagging Indicator)を組み合わせながら、プロセス安全のパフォーマンスを計測する手法を提唱している。

CCPS においてもメトリクスの調査研究が盛んで、CCPS の参加企業が情報を共有しながら効果的なメトリクスの開発を進めている。最新の CCPS レポート⁷⁾では PSM 運用に耐えうるメトリクスも合意され始めている。日本では、マネジメントシステムが定着していないとともに、業界で情報を共有する動きもなく、PSM メトリクスを導入している企業はほとんどないと見ている。

7. PSM を支える情報システム化の動向

PSM はマネジメントシステムであり、多くのプロセス安全に関するデータや情報を取り扱わなければならない。そのため、業務プロセスを整備し、人と IT を活用した情報システムが連携する仕組みが必要である。表4に PSM を支える情報システム例を示す。

このような情報システムは欧米を中心に導入されているが、発展途上国の新たなプラント建設においても建設当初から PSM の専門家をアサインし、PSM の業務プロセスを設計し、情報システムを導入するケースが増えている。国内の PSM 業務はスプレッドシートや人手に頼っており、情報システム化は遅れている。

(1) 導入事例⁸⁾

図6に2012年にアジア地区の LNG ターミナル建設 PJ において弊社が導入に関わった PSM 関連情報システム事例を示す。図中の★印は弊社が扱っている運転管理システム j5 で構築した PSM 情報システムである。安全なプラント操業の実現のため、建設時に運転部門と HSE 部門、情報システム部門が主体となった PSM ポリシの設定、業務プロセス設計を経て、情報システムを導入している。今後、国内においても操業部門の新たなソリューションとして普及すると予想される非常に興味深い情報システムである。

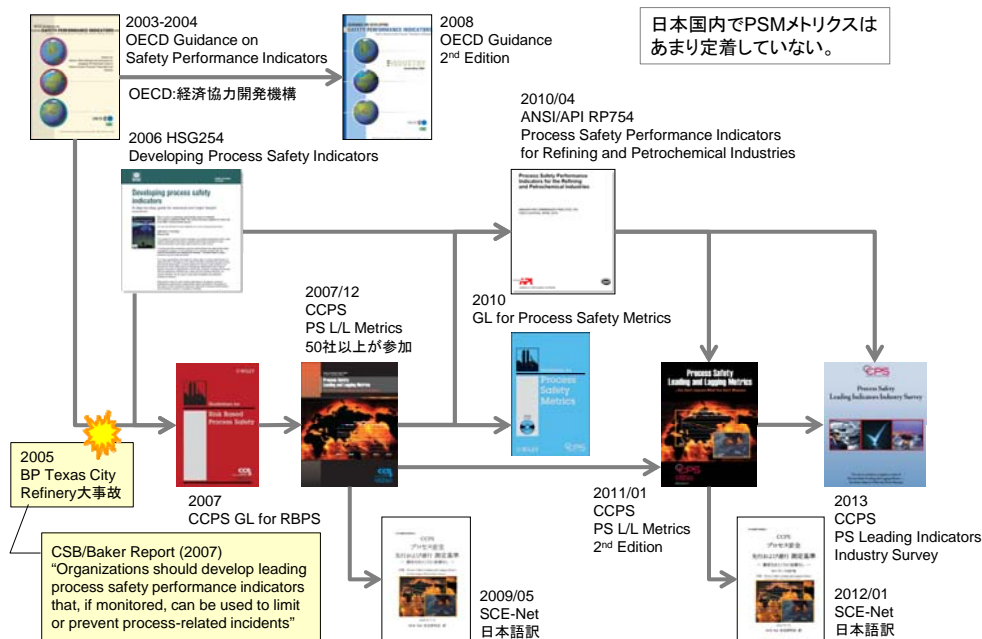


図5 PSM メトリクスの歴史

表4 PSMを支える情報システム

OSHA PSMエレメント	おもな情報システム
プロセス安全情報 操作手順の文書化 トレーニング コントラクト 試運転前安全レビュー 緊急時対応プラン	MSDS 図面、技術文書管理システム、インテリジェントP&ID エンジニアリングデータベース、SOP トレーニングビデオ 3D可視化技術
プロセス危険分析	HAZOPツール
機器の健全性	検査データ管理システム、設備保全管理システム 機器状態監視システム、信頼性管理システム RCM, RBIツール、安全弁設計データ管理システム
火気使用許可	工事許可(PTW), ロックアウトタグアウト(LOTO)
変更管理	変更管理システム(MOC)
事故調査	インシデント管理、ニアミス管理、ヒヤリハット
法令遵守監査	コンプライアンス管理



図6 LNGターミナルへのPSM関連情報システム導入事例

- PSM関連情報システム**
- 文書管理システム
 - エンジニアリング基盤
 - 信頼性管理システム
 - 設備保全管理システム
 - コンプライアンス管理 ★
 - インシデント管理 ★
 - ヒヤリハット管理 ★
 - 変更管理 ★
 - 工事許可 ★
 - LOTO ★

参考資料

- 1) CCPS, Guidelines for Risk Based Process Safety (2007)
- 2) 松本:「プラントのプロセス安全」 日本プラントメンテナンス協会 (2004)
- 3) 宇野:「プロセス安全のネットワークを広げよう」 安全工学会誌 Vol.52 No.3 (2013)
- 4) CCPS, Guidelines for Auditing Process Safety Management System (2010)
- 5) OSHA, Petroleum Refinery Process Safety National Emphasis Program (2009)
- 6) OSHA, OSHA Refinery & Chemical NEPs, 2012 USW HSE Conference (2012)
- 7) CCPS, Process Safety Leading Indicator Industry Survey (2013)
- 8) 大坂:「新たな展開を迎える運転部門の業務高度化ソリューション」計装 2013年1月号/工業技術社

8. おわりに

欧米ではCCPSやOSHAに代表されるPSMが定着している。発展途上国においてもCCPSやOSHAの認知度が高まっている。一方、国内ではPSMは法的に整備されておらず、国内ユーザにPSMは広く普及しているとは言えない。また、プラント建設が減り、プラントの安全を設計する機会も減少している。さらに、装置の老朽化、運転部門の人員削減やベテラン社員のリタイヤにより、日本型のきめの細かい管理による現場の安全維持は厳しい状況に置かれている。今後のグローバル化の流れの中、国内企業が効果的なPSMを構築・運用するには、海外のPSMの情報を収集し、その仕組みをレビューし学び、自社のマネジメントシステムに組み込むことが強く求められる。

オオサカ・ヒロシ
大坂システム計画株式会社
〒230-0046
神奈川県横浜市鶴見区小野町 1-1-514
電話: (045)503-4801
E-mail: hiroshi.osaka@osakasys.com