

技術システムのリスクマネジメント

横浜国立大学先端科学高等研究院

副研究院長・教授 三宅淳巳

1. はじめに

イノベーションとは、新たな価値を創造し、その還元によって社会全体に奉仕することが目的である。そこでは従来存在しない物質やシステム、手法等によって新たな価値を求めることになり、挑戦が不可欠である。挑戦には必ずリスクを伴うため、事業活動の推進には事前の準備や評価によって顕在化するリスクを予防、抑制し、トラブルや事故を未然に防止するよう努めるとともに、万一に備え、事故の影響を局限化して拡大を阻止し、被害を小さくすることに努める必要がある¹⁾。

技術システムによる産業災害は従来、安全工学という学問分野で取り扱われてきた。安全工学では、主に自然災害を対象とする防災工学と異なり、人為災害、すなわち人間が作り上げたシステムによって発生する災害を対象としていることから、その設計思想、作動原理、災害発生メカニズムの詳細等が自然現象に比べて把握されており、したがって災害を予知予測することが自然現象に比べて高い確率で可能であると考えられる。防災におけるキーワードが「減災」であるということは、自然現象については予知予測が困難であり、仮に予知予測ができたとしても自然の巨大なエネルギーに基づく現象を制御し未然に防止することは不可能に近い。災害発生後の対応により、適切な避難も含めて、被害の程度を減ずることが当面の課題と位置づけていることによる。これに比べて人為災害を対象にする安全工学では、災害発生メカニズムの詳細を解析し、起こるべき現象を予測することにより、未然防止 (Prevention)、防護 (Protection) そして被害の局小化 (Mitigation) についての対応を事前に施し得る可能性が高く、これらによりリスクの低減が自然災害に比べて効率的に実現可能であると考えられる。

2009年に発行されたISO 31000で用いているリスクマネジメントの用語は、ISO Guide 73に準拠しているが、ISO 31000の2009年の発表にあわせて改訂された。ここでは、リスクは「諸目的に対する不確かさの影響 (effect of uncertainty on objectives)」と定義され²⁾、リスクマネジメントの手順について図1のように定められた³⁾。以前の手順に比べ、様々な組織のリスクに焦点を当て、組織経営のためのリスクマネジメントを明確にし、マネジメントの各段階においてステークホルダーとのコミュニケーションと協議、監視とレビューが加えられており、リスクマネジメントを進める際の透明化が図られている。昨今の産業界においては、生産活動の発展とともにそれを下支えする安全技術も高度化する一方、技術システムに対する社会の安全要求も日ごとに高まっており、そのギャップを埋めるための方策としてのリスク情報の発信やリスクコミュニケーションの必要性が指摘されて久しい。他方、企業各社の安全・環境への取り組みはCSR報告書やホームページ等を通じて公表されているが、ともすればリスクアナウンスメントに留まり、真に求められている安全/リスク情報の双方向での伝達、議論が十分に行える状況に達していないケースも少なくない。事業者は過去の事故事例等を教訓とし、再発防止のためのハード/ソフト的対策の実施を試みている。本稿では、化学プラントのリスクアセスメントを例に技術システムのリス

クマネジメントについて紹介する。

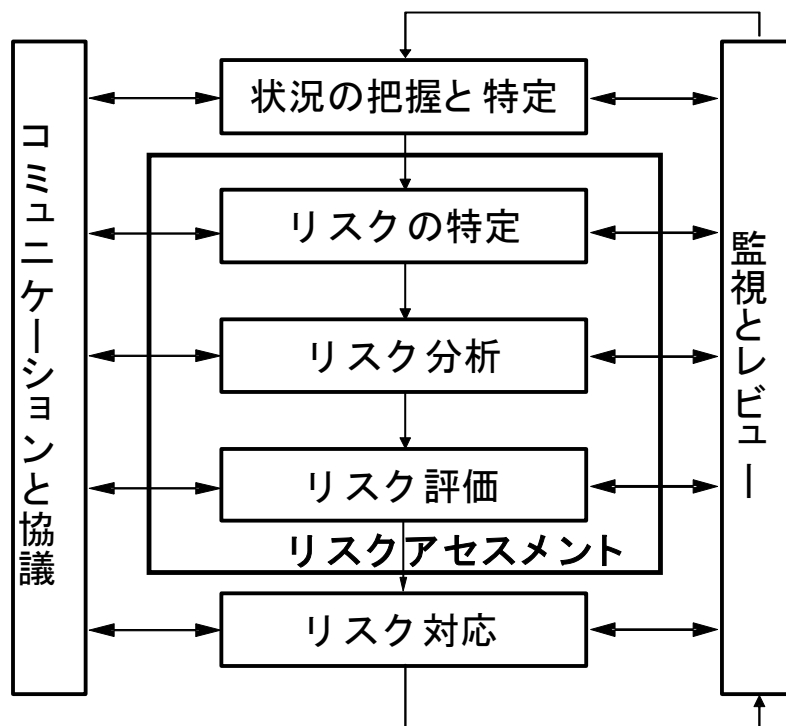


図1 ISO 31000におけるリスクマネジメント手順

2. 化学プラントのリスクマネジメント

化学プラントは、化学物質、プロセス、システムから構成され、それぞれ高い安全性と信頼性が求められる。そこでは、プロセスシステム全体の最適化を求めて、取り扱う物質やプロセスのハザードとリスク、操作する人間のヒューマンファクター、組織の風土等について、階層的に安全を担保する必要がある。過去、プロセスの制御に失敗した幾多の事故を経験し、社会問題となった例も多く、英国 Flixborough, イタリア Seveso, インド Bhopal 等の事故により、欧米では化学プロセスの安全に関する法規制が整備され、安全化が進められてきた。化学物質のもつ性能や有用性と安全性、信頼性はしばしばコスト、企業経営という視点から対立構造をなし、企業の有する資源投入とのバランスにより最適化を図ってきた。一方、高度経済成長期に建設されたプロセスプラントの老朽化、管理者、作業者の交代、現場技術力の低下とともにシステムの更新、ハード/ソフトの変更管理の失敗に起因する事故も多く、社会の安全要求の高まりとあわせ、抜本的な安全性、信頼性向上が強く望まれており、事故や災害発生時の対応を誤ると事業活動の継続中止や事業からの撤退を余儀なくされるケースも珍しくない。近年では国内においても重大災害が続発し、また、自然災害に由来する産業災害も懸念されており、新たな時代におけるリスクマネジメント体制の構築が急務となっている^{4) 5)}。国内外での競争力を高め、事業活動を安定的に継続するためには、より付加価値の高い製品を安全高品質で製造し、S (Safety), H (Health), E (Environment) を担保して社会受容を獲得する必要がある、企業体質の質的転換ならば

に体制の再構築が求められている。

化学プラントでは、多くの場合、化学反応を伴い、化学物質を別の物質や形状に変化させ、その付加価値を高めている。化学プラントのリスクアセスメントは、取り扱われる化学物質、物質を取り扱うプロセス条件、操作を行なう作業員のヒューマンファクター、プラントを管理する組織の状況や経営状態、会社を取り巻く社会環境等、多くの要因に影響を受ける。そこでのリスク算出はまずは想定シナリオの網羅的抽出に大きく依存する。リスク推定過程の概略は以下の通りである。

- (1) 取り扱う物質、混合物のハザードが発現するシナリオの想定
- (2) 機器の故障確率，着火確率等，事故進展シナリオ分析等による発生頻度の推定
- (3) 影響度の物理的効果の推定（漏洩拡散範囲の計算，爆風圧，火炎による放射熱など）
- (4) 事象進展に伴う被害の推定（物的損傷，人的被害，直接的/間接的経済損失など）

これら一連のリスク計算においては、多くの実験データを基にモデル化が進み、数値計算予測もある程度可能な影響評価に比べ、発生頻度や確率の推定が難しく、合理性のある頻度、確率推定手法の確立が求められている。

上記のリスク評価を行った上で、リスク低減の為の安全対策の検討が必要であるが、最近の化学プロセスでは、独立多重防護層（Independent Protection Layer）による安全設計が進められている。米国化学工学会（AIChE）化学プロセス安全センター（CCPS）の提案する独立多重防護設計の基本的考え方を図2に示す⁶⁾。

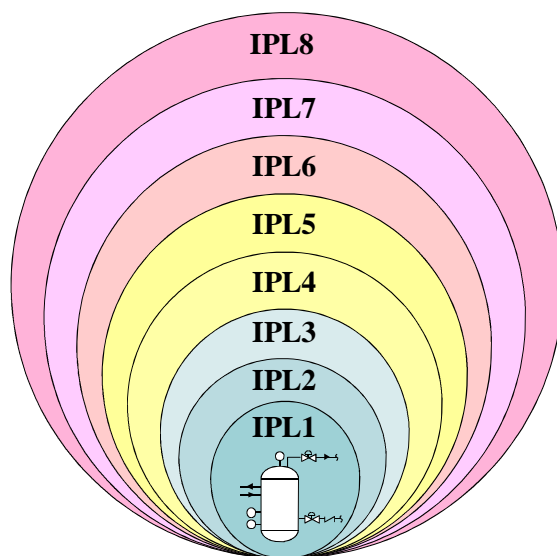


図2 CCPSの提案する独立多重防護層

図2の例では、化学反応器の本質安全設計（IPL-1）、基本プロセス制御システム（IPL-2）、クリティカルアラームや人の介入（IPL-3）、自動安全計装システム（IPL-4）、圧力開放弁など事故に至らせないための物理的防御（IPL-5）、防液堤など被害を拡大させないための物理的防御（IPL-6）、プラント内緊急対応計画（IPL-7）、地域防災計画（IPL-8）よりなる安全システムを示している。装備される安全装置はいずれも完璧なものではないが、各装

置の精度を高めること、ならびに相互に補完しあえるようなシステム設計を行うことにより、プロセス全体の安全性の高度化とリスク低減が図られる。

3. まとめ

本稿では、化学プラントを例に技術システムのリスク管理の考え方を紹介したが、凡そあらゆる技術システムに共通の考え方が適用できる。技術システムのリスクマネジメントでは安全目標の設定が極めて重要であり、長い目で見たビジョンと新たなビジネスモデルの構築が不可欠である。また昨今は、安全を重視する組織風土や安全文化の醸成が叫ばれているが、経営者は安全のための組織を作り、人事で示し、予算を付けてこそ、内外にその意志を示すことになる。さらに、多重防護設計等、他分野における新たな技術を積極的に取り入れること、企業自身ならびに周辺地域に対し短時間の内に影響を及ぼす事態が発生した場合でも、停滞することなく事業が継続できる仕組みを平時から構築しておくことが必要であり、そのための包括的・戦略的なリスクマネジメント科学の創生とその実社会への応用展開はビジネスイノベーションにつながるものとして強く望まれている。

一方、技術の高度化に伴う要素技術の複雑化や専門性の細分化により、限られた人数の安全担当者がシステム全体の安全／リスク情報すべてを把握することは困難となり、情報を迅速に収集整理し対策立案に資する、あるいはリスク分析や評価に必要な情報を取得するための手法が求められている。現在では、多種多様な安全技術情報が各種の刊行物やインターネットを通じて閲覧、入手可能となっているが、それらの情報量、精度や信頼性はまさに玉石混交であり、企業の技術者、研究者に対してさえも、望む結果に対して適切な情報源、評価ツールを明示することが重要である、

さらに、技術システムのリスクを検討する際には、そのシステムの有する工学的リスクの検討だけでは十分ではなく、そのシステムが地域社会や社会全体に及ぼす影響として、市民の不安、災害後の復旧、復興はもとより、行政や科学技術に対する不信感を含む社会リスクについても検討が必要であり、事業者、市民、行政、マスコミ等を含めた連携による情報共有と対策検討が急務である。

引用文献

- 1) 三宅淳巳，改訂増補・リスク学入門 5，科学技術からみたリスク，岩波書店（2012）
- 2) ISO Guide 73: 2009 Risk management - Vocabulary (2009)
- 3) ISO 31000: 2009, Risk management – Principle and guidelines (2009)
- 4) 経済産業省産業構造審議会保安分科会報告書“産業事故の撲滅に向けて（「産業保安」の再構築）”（平成 25 年 3 月 29 日）
- 5) 内閣官房，総務省消防庁，厚生労働省，経済産業省，“石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議報告書”（平成 26 年 5 月）
- 6) Center for Chemical Process Safety, Layer of Protection Analysis, American Institute of Chemical Engineers (2001)