

プラントの安全性評価

第1回 安全性評価の概要



日本防災システム協会 副幹事長
松岡 俊介

はじめに

平成17年3月31日に改正された高圧ガス保安法により、高圧ガス認定事業所は保安水準を維持向上するために保安管理システムを確立、運用することが義務付けられた。そのなかで、保安に影響を与える危険源を特定する手順を確立・維持するとともに、危険源に関する情報を最新のものとすることが求められている。このため、高圧ガス認定の申請時あるいは更新時に、危険源の特定作業を実施したことを示す報告書を提出することが必要となった。

高圧ガス保安法と相前後して、消防法および労働安全衛生法も改正され、消防法では「危険要因の把握」、労働安全衛生法では「危険性・有害性の調査」として同様の要求が加えられた。

この危険源の特定、危険要因の把握あるいは危険性・有害性の調査は、国内で一般に安全性評価、危険性評価、あるいはリスクアセスメントと呼ばれているプラントの安全性あるいは潜在危険性に関する事前評価あるいは再評価と同様の作業と見なすことができる（以下、安全性評価と呼ぶ）。

本稿では、高圧ガス認定事業所やその他の化学工場において安全性評価を実施する際の参考として、プラントの安全性評価およびその手法の概要について、数回に分けて解説する。初回は、安全性評価に関する全般的な事項について述べる。

安全性評価の方法

安全性評価の方法としては、以下に挙げる方法が安全関連図書¹⁾に紹介、解説されている。これらは

いずれも欧米産であるが、化学産業で開発、使用されてきたものと、本来、軍事、航空宇宙、通信、原子力などの産業分野で開発、確立され、のちに化学産業分野に導入、活用されたものが混在している。

- (1) チェックリスト (CL)
- (2) 相対的危険度評価 (RR)
- (3) 予備的危険性評価 (PHA)
- (4) What-If (WI)
- (5) What-If/チェックリスト (WI/CL)
- (6) HAZOP
- (7) 故障モード影響 (重大性) 解析 (FMEA/FMECA)
- (8) フォルトツリー解析 (FTA)
- (9) イベントツリー解析 (ETA)
- (10) 原因結果解析 (CCA)
- (11) 作業安全解析/誤操作解析 (JSA/HRA)

これらの手法は、成立過程、性格、用途、適用分野などそれぞれ異なっており、特定の目的に対してどれでも使用可能というわけではない。使用目的に対する適用性は、おおむね表1のように示すことができる。

改正高圧ガス保安法は、危険源特定の方法については触れていないが、関係機関の推奨によりHAZOPを選定する事業所が多いようである。しかしながら、HAZOP以外にも、チェックリスト、予備的危険性評価、What-If、What-If/チェックリスト、故障モード影響解析 (FMEA) および作業安全解析/誤操作解析のような手法も適用可能と考えられる。これらの手法にはそれぞれ一長一短があり、また、危険源の特定作業は継続的に実施することが

表1 安全性評価手法の種類と適用

○は適用可能

主な安全性評価手法	適用目的	潜在危険性・危険源の特定	設備・結果事象の危険度ランク	既存安全対策の確認・評価	システムの弱点解析	故障・緊急事象・事故の頻度解析	備考
(1) チェックリスト (CL)		○		○			主要な危険性項目ごとに潜在危険性の把握、必要な対策の有無および適切さを質問形式により確認
(2) 相対的危険度評価 (RR)			○	○			主要な危険性項目に点数を割り当て、その合計点によって危険度ランクを決定
(3) 予備的危険性評価 (PHA)		○	○	○			立地特性、危険物性、その他の主要危険性項目について、おおまかな潜在危険性を把握
(4) What-If (WI)		○	○	○			故障、誤操作、外乱等のWhat-If質問を創出し、それらから起こる危険事象を特定
(5) What-If/チェックリスト (WI/CL)		○	○	○			チェックリストとの併用によりWhat-If質問の抜け落ちを補完し、それらから起こる危険事象を特定
(6) HAZOP		○	○	○			HAZOPガイドワードによりプロセス異常(ずれ)を網羅的に設定し、それらの原因と最終危険事象を特定
(7) 故障モード影響(重大性)解析 (FME(C)A)		○	○	○		○	計機器の故障モードを設定し、それらから起こるシステム機能への影響、危険事象を特定
(8) フォルトツリー解析 (FTA)				○	○	○	望ましくない危険事象を想定し、その発生過程(因果関係)、基本要因を演繹的に特定
(9) イベントツリー解析 (ETA)				○	○	○	望ましくない危険事象を初期事象として想定し、その進展過程(災害拡大)、最終結果事象を帰納的に特定
(10) 原因結果解析 (CCA)				○	○	○	FTAとETAを組み合わせ、望ましくない危険事象の基本要因と最終結果事象を特定
(11) 作業安全解析/誤操作解析 (JSA/HRA)		○	○	○			ヒューマンファクターに焦点をあてたタスク分析により、誤操作の発生要因を特定

CL: Checklist
 PHA: Preliminary Hazard Analysis
 FME(C)A: Failure Modes and Effects (Criticality) Analysis
 ETA: Event Tree Analysis
 JSA/HRA: Job Safety Analysis / Human Reliability Analysis

RR: Relative Ranking
 HAZOP: Hazard and Operability Studies
 HAZOP: Hazard and Operability Studies
 HAZOP: Hazard and Operability Studies

求められているので、ひとつの手法に限定、固定するのは得策とはいえない。

さらに、特定された危険源（潜在危険性）のなかで特に重大な事故に結びつく可能性のあるものについては、その発生要因の特定、事故への進展過程、事故の発生頻度の推定などを行い、事故防止のための対策が十分なされていることを定量的に確認することが望ましい。

これらの作業に対しては、故障モード影響・重大性解析 (FMECA)、フォルトツリー解析 (FTA)、イベントツリー解析 (ETA)、原因結果解析 (CCA) などの方法が有効である。また、相対的危険度評価 (例えばダウ火災爆発指数の方法) は、プラントを構成する機器や設備の潜在危険度を総合的に相対評価することができるので、重点的な安全対策の実施や見直しに活用することができる。

リスクマネジメントと安全性評価

現在、リスクという用語はさまざまな分野で使われているが、企業活動に関するものだけでも、自然災害、事故、製品安全、環境、法務、財務、労務、社会、政治・外交など多岐にわたるリスクがある。一般にリスクを定義する場合、次の共通した2つの要素が含まれる²⁾。

①その事象が顕在化すると好ましくない影響が発生する。

②しかし、その事象がいつ顕在化するかは明らかでないという不確定性がある。

また、リスクマネジメントという用語は、本来、リスクの顕在化を防止するための事前の日常的な予防管理と、顕在化した後の緊急事態における緊急時対応および復旧対応を含む一連の時系列的な組織活動を意味しているが、最近では、前者の事前対応としてはリスクマネジメント、後者の事後対応としてはクライシスマネジメントまたは危機管理という用語が使われる場合が多い。

本稿で解説する安全性評価は、企業における日常的な安全・保安管理活動の一環としての検討作業であり、事前対応としてのリスクマネジメントに属する。また、取り扱うリスクは事故リスクであり、化学産業においては機械設備や作業現場における労働災害(怪我・酸欠・中毒・薬傷など)と、化学プラントの運転における設備災害(火災・爆発・流出)が対象となる。

前述の高圧ガス保安法の危険源の特定および消防法の危険要因の把握は、設備災害リスクを対象としており、労働安全衛生法の危険性・有害性の調査は、労働災害リスクおよび設備災害リスクの双方を対象

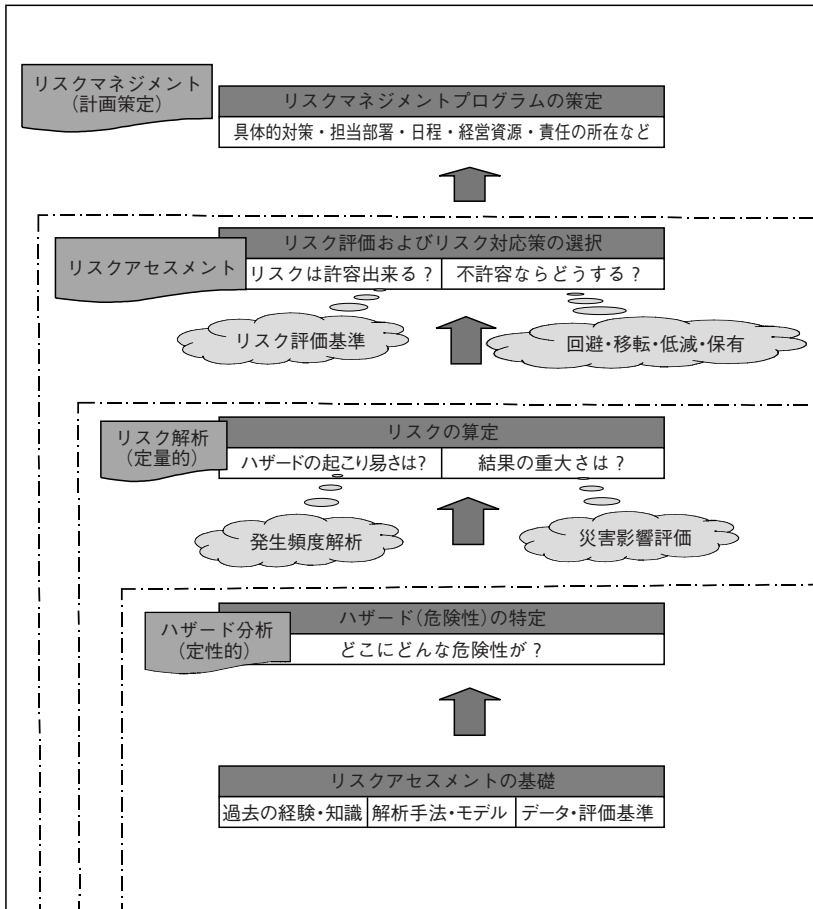


図1 化学プラントにおけるリスクマネジメント (計画の策定段階)

としている。

化学プラントにおける設備災害リスクを対象とするリスクマネジメント (計画の策定段階) は、一般に図1に示すように、ハザード (危険性) の特定、リスクの算定、リスク評価及びリスク対応策の選択、リスクマネジメントプログラムの策定という順に進められる。ここで、危険性の特定までの作業をハザード分析、リスクの算定までの作業をリスク解析、そして、リスク評価及び対応策の選択までの作業をリスクアセスメントと称している。このなかで、上に挙げた安全性評価手法はハザード分析およびリスク解析のなかの発生頻度解析に活用される。

すなわち、ハザード分析では、まず対象とする生産設備の潜在危険性を網羅的に特定し、それに基づいて主要な災害シナリオを想定する。この段階では潜在危険性・危険源の特定に適した手法すなわちCL、PHA、WI、WI/CL、HAZOP、FMEAなどが使

用される。

次にリスク解析では、発生頻度解析に適したFMECA、FTA、ETA、CCAなどを用いて各想定災害シナリオにおける最終災害事象の起こり易さを定量的に推定する。これらの手法は初期事故の発生要因の解析や最終災害事象に至る拡大過程の解析など定性的な解析目的にも使用することができる。

なお、発生頻度解析と並行して行われる災害影響評価は、可燃性ガスあるいは毒性ガスの拡散濃度、火災時の輻射熱、爆発による爆風圧力などを推定するもので、安全性評価手法とは別の数学的な災害モデルに基づく計算手法が使用される。

参考文献

- 1) 例えば、Guidelines for Hazard Evaluation Procedures Second Edition with Worked Examples, 1992, Center for Chemical Process Safety (CCPS) of American Institute of Chemical Engineers (AIChE).
- 2) リスクマネジメントシステム構築のための指針 JIS Q 2001.