

化学プラントの災害事例解析と失敗知識の体系化

環境システムコース・環境安全システム工学
26641 貴志 孝洋

1. 緒言

1.1. 化学物質と潜在危険

近年、わが国における科学技術の発達には目を見張るものがある。その中でも化学物質は、エネルギーや材料、ファインケミカル、スペシャリティケミカルなどとしてわれわれの衣食住を始めとする生活や文化、レジャー、スポーツ等さまざまな人間活動においてとても重要な役割を果たしている。しかし一方で、化学物質には「発火・爆発の危険性」や健康を脅かす「有害危険性」、環境破壊を引き起こす「環境汚染の危険性」を潜在的に保有しており、その取り扱いを誤ると潜在危険が顕在化し、「爆発・火災災害」や「健康被害」、「環境汚染」といった社会問題を引き起こし、さらに人命を危険にさらす事となる。まさに諸刃の剣といえる。

21世紀における石油精製などの化学関連産業はよりいっそう高度化、多様化、複雑化、巨大化、国際化していくと考えられ、リスクはますます増大すると考えられる。またこれら化学物質・化学技術を駆使する現場では、コンピュータ化にともなう技術の分散が進み、扱う物質や巨大化・複雑化したシステムのリスクを十分に把握しきれないままで、それらを取り扱う機会も多くなると考えられる。

1.2. 化学物質に起因する災害および化学プラントでの災害と環境影響

化学物質に起因する災害や化学プラントでの災害には環境汚染を引き起こす事例が少なくない。例えば1976年イタリア北部セブソの化学プラントでのダイオキシン類の漏洩事故では工場周辺の土壌約1800haがダイオキシン類に汚染され草木の立ち枯れが起こり、22万人もの住民が健康被害を受けた。さらに廃棄物が国境を越えて無責任に移動するという「越境移動」という環境問題を世間に知らせしめた。他に1984年インド中央部パール化学プラントでのイソシアン酸メチル(MIC)の漏洩事故でも多大な環境汚染や健康被害を引き起こした。このように化学物質に起因する災害・化学プラントでの災害は環境汚染を引き起こす可能性がある。

1.3. 従来の災害事例解析

災害が起こると事故調査が行われ、再発防止策が提案されている。しかし、これまでの災害事例解析では技術面での災害事例解析が中心で、「新の原因はどこにあるのか」といった視点からの事故調査が十分に行われていない。災害にはほぼ必ず人間が関与していて、人間が単独で災害に関与することは稀で、周囲の環境、もの、決まりごとや管理の問題などの複雑な絡みの中で、いくつもの要因が相互に作用しあって災害に至ると考えられる。またそれらの背後には表には現れ難い、いくつもの背後要因が存在している。この背後要因は問題が大きいかつ潜在していて見えにくく、さらに組織の問題であることが多く指摘しにくく、解決策も簡単には構築できないと考えられる。しかし災害の本質的解決および再発防止のためには技術面だけではなく、それら背後要因にまで言及する必要があると考えられる。

1.4. 災害事例解析による失敗知識の体系化と活用

化学物質に起因する災害や化学プラントでの災害による環境汚染の防止と災害の再発防止・発生の軽減といった点から、化学物質に起因する災害事例および化学プラントでの災害事例の収集・解析を行い、そこから事故発生過程や事故の原因、背後関係および事故から得られる教訓を体系化して知識化することは、化学物質に起因する災害および化学プラントでの災害の再発防止・発生の軽減において、ひとつの重要な手段であると考えられる。

1.5. 目的と方針

本研究は、化学物質に起因する災害および化学プラントでの災害の再発防止・発生の軽減を図るため、災害事例を収集・解析し、そこから得られる失敗知識を抽出・体系化し、失敗知識の活用のための情報提供を行うことを目的とした。検討対象としては災害事例だけでなくヒヤリハット事例も考えられるが、ここでは事例が公開されている災害事例を検討対象とした。

失敗知識を抽出するため、化学物質に起因する災害事例を収集して失敗知識データベースの作成に関与した。失敗知識データベースを用いて災害に至る失敗シナリオの整備を行い、災害事例解析と失敗知識の体系化について検討した。

2. 失敗知識データベース

2.1. 事故事例情報データベース

災害事例を解析・活用するためには、まず災害事例を収集する必要がある。そこで国内外の災害事例をまとめた災害事例集を収集した事故事例情報データベースを作成した。現在までに 95 の事故事例週を収集した。

2.2. 事故事例マスターデータベース

作成した事故情報データベースから災害事例を事故発生年月日および時刻、事故発生施設情報、事故の種類、被害状況、事故発生経過、事故発生原因と要因、応急措置と対策等の点から分類・整理・抽出を行って、事故事例マスターデータベースを作成した。失敗知識データベースを作成するに当たり検討対象となる情報を出来るだけ網羅した。

Table 1 失敗知識データベースフォーマット

01) 登録関係	011) 登録番号：分野、事例番号 012) 編集日 013) 著者 ID 014) 事例編集履歴 015) マルチメディアファイル 016) DB 登録の動機
02) 事例	021) 名称 022) 代表図
03) 事故概要	0301) 事例発生日 0302) 事例発生地 0303) 事例発生場所 0304) プロセス 0305) 単位工程 0306) 単位工程フロー 0307) 反応 0308) 化学反応式 0309) 物質 0310) 事故の種類 0311) 死者数 0312) 負傷者数 0313) 物的被害 0314) 損害額 0315) 全経済損失 0316) 社会的影響度
04) 事故発生概要	041) 事象 042) 経過
05) 事故発生原因	
06) 事故基本要因 (事故の背景等)	
07) 事故防止対策	
08) 総括	
09) 知識化	
10) 関連情報	101) 後日談 102) よもやま話 103) その他

2.3. 失敗知識データベース

マスターデータベースの災害事例について事故の種類、事故発生概要(プロセス、単位工程、化学物質、反応等)、事故発生原因、事故による被害等の点から事故事例を体系的に分類し、さらにそれらの中から代表的な事故事例を選定し、それらについて一部現地調査、ヒヤリング等を行い、詳細情報を調査、整理を行い、Table 1 に示す失敗知識データベースフォーマットにより約 300 件の失敗知識データベースを作成した。このデータベースの特徴は、従来の災害事例データベースが事故概要、事故発生概要、事故発生原因、事故防止対策を基本としているのに対し、それらに加えて事故に至る経過と事故の因果関係を示すシナリオと事故から得られる教訓の知識化に重点を置いていることである。さらに後日談、よもやま話等により事故の周辺および背景にある情報を得て、事故原因の本質に迫ろうとしていることも特徴のひとつである。

3. 災害事例解析

失敗知識を抽出するため災害事例を解析した。解析の一例として失敗知識データベースから上述した 1976 年イタリア北部セブソの化学プラントでのダイオキシン類の漏洩事故を挙げる。

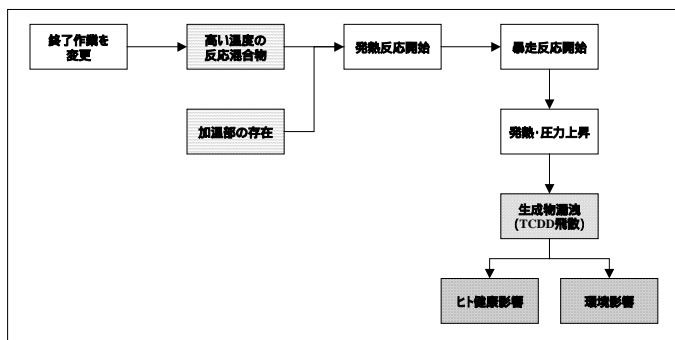


Fig. 1 事故発生フロー

農業工場で除草剤 2,4,5-T を製造するため、1,2,4,5-テトラクロロベンゼン (TCB) のアルカリ加水分解により 2,4,5-トリクロロフェノール (TCP) を製造中、暴走反応により反応器の破裂板が破裂してダイオキシン類を含む内容物が大気中に放出された。この漏洩物は上空に吹き上げきこの雲ようになった。折からの北風に乗って漏洩物が周辺地域に拡散した。この漏洩物には

ダイオキシン類の中でも特に有毒とされる 2,3,7,8-テトラクロロジベンゾパラダイオキシン (TCDD) が大量に含まれていた。事故への過程を Fig. 1 に事故発生フローとして示す。

さらに事故解析の結果、この事故の事故原因は作業員のルール不遵守だけではなく反応危険性把握不十分・設備不備や企業側の教育体制に原因があるということが考えられる。またこの事故の教訓として以下のことが得られた。

- 反応の危険性の事前評価を徹底し、異常反応・暴走反応を引き起こす要因や条件について知見を充実させる必要がある。
- 取り扱う物質の毒性が低いとしても、窒素・硫黄・リンなどの物質を含んでいれば副生成物あるいは異常反応・暴走反応時に発生する物質が強力な毒物となる可能性がある。
- 安易な条件・作業変更が事故につながったため、条件・作業変更に伴う反応性の違いなどについて十分な調査と検討が必要。
- 技術の提供企業は提供先に十分な情報提供と指導を行い、事故を起こさないようにする責任がある。

Etc.

4. 失敗知識の体系化

失敗知識を抽出し体系化するために、災害事例解析を失敗知識データベースの災害事例において行った。

4.1. 教訓の知識化

災害事例解析から得られた教訓を抽出し、知識化を行った。次に一例として貯蔵プロセスでの知識化を示す。

- 危険物に対する認識の甘さから不適切な保管が行われることがある。
- 大雨や気温などの天候条件、地震や雷など自然現象および海沿いなど立地条件などを十分に考慮した安全対策を講じる必要がある。
- 一見安定な化学物質も長期間保管すると環境や条件次第で化学変化を起こし、危険性を持つことがある。
- 企業側は積極的に保存している物質についての情報を行政・周辺住民に提供し、行政側も災害時を想定した対応について事前に検討しておく必要がある。

Etc

4.1. 事故発生フロー

化学物質にはその製造プロセスから輸送プロセス、貯蔵プロセス、使用・消費プロセス、廃棄プロセスに至る五つのライフサイクル (プロセス) が存在する。さらに製造プロセスには反応ユニットプロセス、蒸留・濃縮ユニットプロセス、移送ユニットプロセスなどといった各ユニットプロセスが存在する。事故に

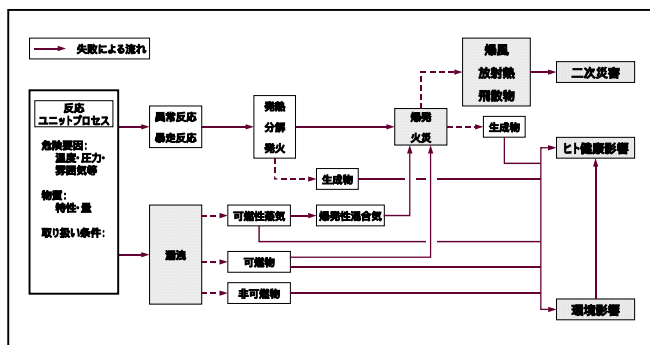


Fig. 2 反応ユニットプロセスにおける失敗の顕在化

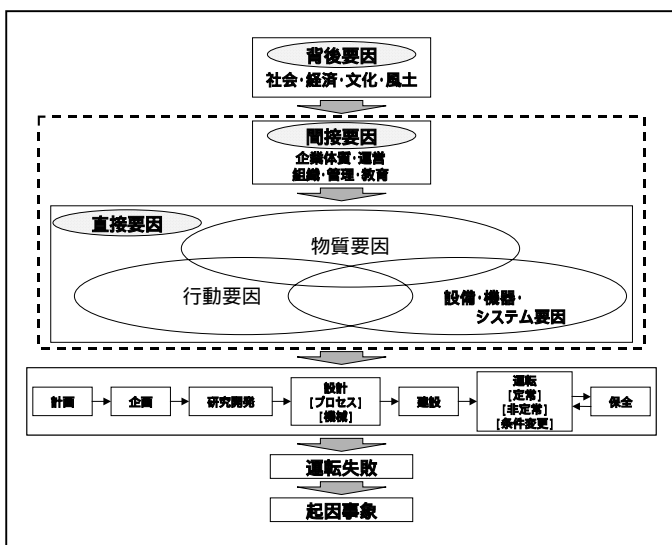


Fig. 3 製造プロセスにおける失敗要因の体系化

備・機器・システム要因に分けられ、物質要因には物質・反応・プロセス潜在危険性に対する知識、行動要因にはルール不遵守・誤判断などのヒューマンファクター、設備・機器・システム要因にはフェールセーフ機構失敗・故障・不具合などが挙げられる。さらに間接要因には安全を軽視するといった企業体質、利益を最優先した運営方針、従業員に対する教育不足などが挙げられる。事故発生フローおよび失敗要因を体系化することによって、失敗が顕在化するの、どこに問題があり、どの点を改善すれば問題が解決するかが分かる。

5. 総括

化学物質に起因する災害および化学プラントでの災害の再発防止・発生の軽減を図るため、災害事例を収集・解析し、得られた失敗知識の抽出・体系化を行った。その結果、有効な災害事例の解析手段および災害の再発防止・発生軽減のための知見が得られた。

また、ヒヤリハット事例は未公開であるが、事例数が多いことから同様な手法によって解析・体系化を行うことが出来れば、さらに有益かつ充実した失敗知識の抽出が可能ではないかと考えられる。

6. 参考文献

- 1) 田村昌三 失敗から化学プロセスの安全を学ぶ 日本機械学会誌 2003.6, Vol. 106, No. 1015, p57-61
- 2) 小川輝繁ら 防火・防爆対策技術ハンドブック 1998, p8-11
- 3) 石橋明 事故は、なぜ繰り返されるのか 2003, p35-37

至る過程にはそれぞれで異なると考えられる。そこで事故発生フローを各プロセス・ユニットプロセスごとに体系化した。Fig. 2 に製造プロセスの代表的なユニットプロセスである反応ユニットプロセスの事故に至る体系化フローを示す。他のプロセス・ユニットプロセスも同様に体系化フローを作成した。

4.2. 事故原因の体系化

災害事例解析から得られた事故原因の体系化を行った。Fig. 3 に製造プロセスにおけるそれら失敗要因の体系化図を示す。化学物質に起因する事故や化学プラントでの事故での原因には、事故として失敗要因が顕在化するに至る行動がありその背後には直接要因が、さらにその背後には間接要因が存在する。また、それらの背後にも経済状況、文化といった背後要因が存在する。製造プロセスには計画から製造・保全に至る流れがある。それら各段階での失敗要因が顕在化して事故に至ると考えられる。例えば物質危険性の把握不十分や作業員の誤操作、装置の材質選定不備などが挙げられる。直接要因には大きく物質要因、行動要因、設