



次世代へ安全をつなげる技術伝承活動について

高橋 清

(旭化成ケミカルズ(株) 生産技術・設備総括部)

1 はじめに

近年、化学プラントの重大事故が続いています。特に2011、2012年に重大事故が発生した2事業所は、高圧ガス保安法の認定(完成・保安)検査実施者に認定(以下、認定という)されており、日頃から安全や教育に並々ならぬ取り組みをされていたものと考えます。このように安全活動に努力し、社員教育も進めている事業所にもかかわらず事故は発生しました。一体なぜ、このような痛ましい重大事故が発生したのでしょうか。多くの企業が同じような事故を起こさないために、懸命に対策を模索し実施していると思います。

しかし、最も悩み苦しんでいるのは、毎日実際に化学プラントで働いている人々かもしれません。「この仕事は、命の危険がある仕事なのか。もしかしたら、今日家へ帰れないことがあるのだろうか」と自問しているかもしれません。今まで、安全を最優先し、安全管理、運転管理、設備管理の改善に努力してきたにもかかわらず、どこに問題があり、どうすればよかったのか。化学プラントで同じように働く者として、最も知りたいところだと思います。最近の3件の事故に対して事故報告書¹⁾²⁾³⁾が公開されていますが、残念ながら事故報告書だけでは、事故防止のために私たちがすべきことを見つけることは難しいと思います。けれども、多大な犠牲を払った今回の一連の事故を無駄にするわけにはいきません。そこから教訓を得て、それを重大事故の防止に活かすことがわれわれの務めだと思います。

本論では、3件の重大事故を解析し、事故の背景にある要因を探り、事故防止対策として、過去の事故・トラブル事例を活用した危険源の特定と、それに対する緊急措置訓練による危機対応の改善活動を提案します。

2 事故と安全文化

事故とは何かを図1の事故に係わるフローを使って説明します。図1は私が事業所の環境安全部長を務めていた時に、参考文献の図⁴⁾を少し変えて、安全文化の醸成・向上のため日頃の安全教育に使用していたものです。

最初に「危険源」が存在します。もし、「危険源」が存在しない場合は特に危険はありません。

次に、「すべきこと」と「したこと」が「ミスマッチ」であった場合「エラー」が発生します。

しかし、通常直ぐに事故にはなりません。運転員が適切に対応した場合や、インターロックなどの安全対策が作動すれば事故を防ぐことができるのです。また、安全対策の中には様々な管理システム、例えば変更管理や非正常作業管理、そして日々のミーティング、上司によるチェックなども含まれます。これらすべての安全システムが安全対策であり、よく言われるチーズモデルの各スライスになります。これに穴が開いていた場合、すなわち安全対策が機能しなければ事故へと進展していきます。

万が一事故が発生しても、消火装置、防火壁や防爆壁などの緩和策が機能すれば、被害を最小限にすることができます。

「すべきこと」とは、安全基本行動からはじま

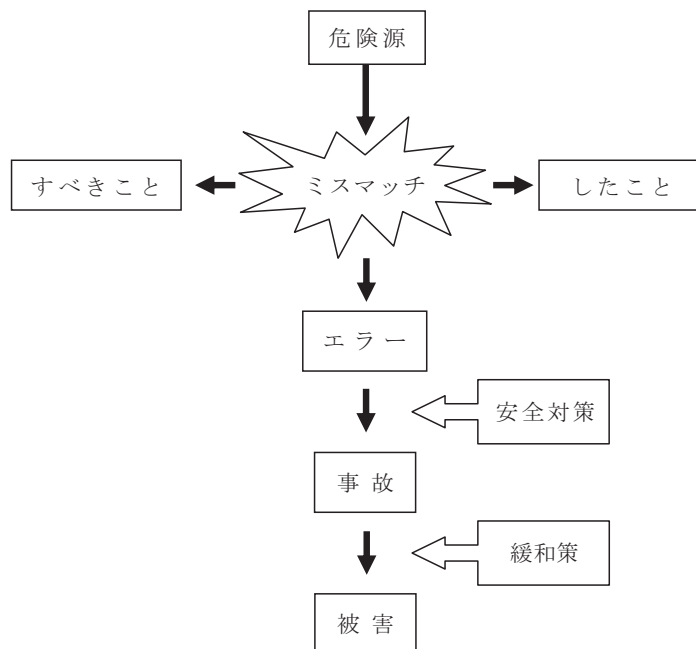


図1 事故に係わるフロー

り、マニュアル、規程、法規まで決められたルールすべてを含みます。もし決められるべきルールが決められていない場合は、明確に決める必要があります。また、ルールを守らなかったための「エラー」は結果であり原因ではない⁵⁾ので、ルールを守れなかった背景を探り、作業方法、設備、教育などハードやソフトの悪いところを根本的に改善します。つまり、ルールが不明確な場合と、ルールを守らなかった場合で事故の対策は変わるのです。

このような考え方のもとに、安全文化とは決めたことを確実に守る「ルールを守る文化」と定義し、これを繰り返し教育することにより、「エラー」の防止を図り安全文化の醸成・向上を図ってきました⁶⁾⁷⁾。

3 今回の重大事故の解析

図1の事故に係わるフローにしたがって、今回の重大事故を検討します。

「危険源」としては、東ソー株式会社での事故（以下、事故Aという）では1,1-EDCの生成

反応、三井化学株式会社での事故（以下、事故Bという）では有機過酸化物の分解反応、株式会社日本触媒での事故（以下、事故Cという）ではアクリル酸の二量体生成反応になります。残念ながら、どの事故もそれぞれの反応を十分認識していなかったと報告されています⁸⁾。

次に、「すべきこと」と「したこと」の「ミスマッチ」により発生した「エラー」について検討します。まず、事故Aでは塩酸塔の制御、事故Bではインターロックの解除、事故Cにおいてはタンクの温度制御に関し、「すべきこと」と「したこと」の「ミスマッチ」により「エラー」が発生しています。

さらに、いずれの事故においても「エラー」が発生した後、チームの一員のヒューマンエラーが他のメンバーによって修復（発見、指摘、修正）されることなく、チームエラー⁹⁾となり事故に至っています。これについては、事故A、事故Bともに、起きている事象から異常に気づくチャンスが何度かあり、事故を回避できた可能性があることが報告されています¹⁰⁾。

表1 3つの重大事故の危険源とエラー

	事故 A	事故 B	事故 C
危険源	1,1-EDC 生成反応	有機過酸化化物分解反応	アクリル酸の二量体生成反応
エラー	塩酸塔の制御の失敗	インターロックの解除	タンクの温度制御の失敗

また、ハードの面でも3件すべてにおいて、温度の検出と制御の失敗が事故につながっていると報告されています⁸⁾。

表1に事故A、事故B、事故Cそれぞれの危険源とエラーについて示します。

4 事故の要因についての考察

以上から、取扱物質に対する知識不足、プロセスの理解不足、装置の不備、管理の不備の4点が一次要因ということになります。それぞれについて、以下で説明します。

取扱物質に対する知識不足とは、混在した時の反応、熱物性データ、二量体生成反応についての知識が不十分であったということです。

プロセスの理解不足とは、蒸留塔、インターロックの作動、タンクの冷却システムについての理解が不十分であったということです。

装置の不備とは、温度検出がなく、冷却コイルも十分でなかったということです。

管理の不備とは、チームとしての機能不足と緊急時の対応の不備があったということです。一つ目のチームとしての機能不足とは、チームの誰かがヒューマンエラーをした時、他のメンバーがそれを修復することができず、チームエラーになってしまったということです。二つ目の緊急時の対応の不備は、蒸留塔で他の成分が混入した時、インターロックを解除する時、タンク内液が重合を開始した時のそれぞれの手順を定めて教育訓練することが不足していたということです。

以上の4つの一次要因を集約すると、取扱物質の異常反応を危険源と認識しておらず、その結果として、温度検出と制御ができないという

装置の不備が起きています。また、プロセスや緊急措置の教育・訓練が不十分で緊急操作の不備が起き、さらにチーム力が弱くて臨機応変な対応が取れなかったために事故に至ったと考えられます。

すなわち、危険源の認識不足、緊急操作の不備、チーム力の低下の3点が二次要因ということになります。それぞれについて、以下で説明します。

まず、危険源の認識不足については、取扱っている物質の物性、特に化学反応についての知識が不足し、しかもそれが組織で共有されていないと指摘されています⁸⁾。高圧ガス保安法の認定取得には、保安に影響を与える危険源を特定する手順を確立・維持し、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ます。その手段として、HAZOPが推奨され、認定を取得する各事業所はリスクアセスメントを完了し、危険源を特定することになっています。ただ、今回の重大事故においては、先に述べた反応が危険源として認識されていなかったと考えられます。

なぜ危険源が認識されにくいのでしょうか。HAZOPでは、プラントをノードに分割し、ノード毎に温度、圧力、流量などのパラメーターの「ずれ」を想定して、網羅的に安全性を検討します。その際、異常の検知が可能でインターロックや安全弁などの安全装置があると、安全は確保されていると判断しリスクレベルも下がってしまいます。その結果、本当に危険な箇所が認識しづらくなり、危険源として組織で情報を共有し伝承されづらくなるのです。

故に、事象の発生時の最悪の災害想定に基づ

き危険源の特定をするべきだと考えます。発生する確率が低く、安全装置が多重にあってリスクが低くても、最悪の災害想定で危険を危険ととらえ伝承するべきです。また危険源の特定には、災害もしくは災害になる可能性のあった社内外の過去の事故・トラブル事例を活用すべきだと考えます。

次に、緊急操作の不備については、教育の問題と考えられます。教育については、高圧ガス保安法の認定制度の効果もあり、私が環境安全部長を務めていた事業所でもスパイラルアップしています。新人教育においては、教育資料の整備も進み個人個人の綿密な教育計画が作成されて、計画の進捗状況をフォローしています。その結果、弊社内で新人の知識はベテランの知識と数年で遜色がなくなるとの事例が報告されています。しかし、新人とベテランの大きな差は、新人はトラブルの経験が少なく、いざという時に異常に対して適切に対応できないことです。私が勤めていた事業所では、各人の教育計画はOJT（On the Job Training）と称して、できる限りすべての作業を一度は経験させ、その後初めて運転員と認定されるシステムとなっています。しかし、緊急事態は何が起きるか分からず、実際に経験もさせられません。

故に、臨機応変な対応力を高めるためには、経験できない事故・トラブル事例を疑似体験する必要があると考えます。

チーム力の低下について考察します。今回の重大事故は、過去に類似事例があると報告されています⁸⁾。異常事態にならずにプラントを安全に停止できたとすれば、その時対応したチームは、適切に作業し事故を防止したということ

になります。その差は、取扱物質についての知識、コミュニケーション、危機対応にあったのではないかと考えます。

この内、取扱物質の知識不足については、先ほど述べたとおりです。

コミュニケーション不足については、コンピューター・コントロールの弱点ではないかと考えます⁵⁾。私が化学プラントで働き始めた30数年前は、パネル計器だったので緊急時課長以下が計器室に陣取り全体を把握し、また記録紙上のペンの動きで全員がプラントの状況変化を認識していました。現在は個々のオペレーターが操作し、個々のコンピューター画面で状況を確認しているので、複数の人が同時に監視することが難しくなっています。これが、ヒューマンエラーがチームエラーになる最大の要因と考えます。現代はより多くのコミュニケーションを必要としているにもかかわらず、パネル計器の時代とコミュニケーションの量と質は変わっていないのです。

故に、プラント全体の状況が把握できるシステムや、コミュニケーションに重点を置いた緊急措置訓練が必要だと考えます。

3つ目の危機対応について考察します。飛行機と化学プラントでの危機対応の比較をしてみると表2のようになります。

飛行機と違い、プラントでは状況を把握するためには現場を見る必要があり、対応範囲が非常に広がります。その結果、よくあるケースはかちかち山の狸のような状態です。つまり、計器室では自分のプラントで火災が起きていることすら分からない場合があるのです。

指揮者は、通常時は直長（勤務している交替

表2 化学プラントと飛行機の危機対応の比較

	化学プラント	飛行機
対応範囲	広い：プラント全体	狭い：操縦室
指揮者	多い：上位者が来場すればするほど複雑	1人：機長
コミュニケーション対象	多い：官庁、本社、マスコミなど	1つ：管制塔

グループの長)です。しかし、事故の場合は係長、課長さらに部長が駆けつけてきます。すると、そのたびに作業の承認を得る手続きが複雑となり、また公設消防が到着すると、災害対策の指揮命令権が公設消防へ移り、ますます複雑になっていきます。その上、その対応に最もプラントを熟知している直長があたることがあります。つまり直長は、災害対策とプラントを安全状態へ移行させる仕事を同時に進めなければならない、様々な人から質問と指示を受けて、対応が非常に困難な状態になります。さらに、本社、マスコミなどからの電話の問合せ、県、警察、労働基準監督署などの関係官庁及びマスコミの方の来場に対応せねばなりません。平日昼間の人員が十分な時でさえ、プラント全体が分かり、適確に対応できる管理者やスタッフの人員は限られているので、その対応は困難を極めます。ましてや夜間休日は、この比ではありません。

この表からも分かるように、化学プラントの危機対応は対応範囲が広く、指揮系統が複雑で、コミュニケーション対象も多いのでかなり困難です。

故に、この困難を克服するためには、チーム全体の危機対応力を改善するための緊急措置訓練が必要だと考えます。緊急措置訓練を繰り返し行い、コミュニケーションを含めハードやソフトを少しずつ改善していく必要があります。

これらの問題は、多くの事業所が抱えている共通の問題ではないかと思えます。

5 対策

今、まさに世代交代の時を迎えておりますが、豊かな知識と経験を持った百戦錬磨のキーマンは続々と退職しています。加えて、次世代への技術伝承が不十分なため、人的・組織的な現場力が弱くなり、臨機応変な対応が取れなくなってきていると思えます。

確かに、教育資料が充実し教育システムも改善されているので、昔に比べて新人は早く育っています。しかし、マニュアルをベースに正しい手順だけを学んでも、危険源は認識できません。また、原理原則（Know-why）を理解していないと、応用問題が解けません。その結果、マニュアルから外れるとどうしてよいか分からなくなります。これは、単純に新人とベテランの違いの問題ではありません。ベテランでも、原理原則を十分理解し経験していなければ、エラーが発生する可能性は同じです。

臨機応変な対応力を身につけるには、事故・トラブルの知識と経験が必要です。ただ、事故・トラブルの情報は伝わりにくく、実際に伝承は不十分だと思います。しかも、事故・トラブルはめったに起きませんし、実際に起こすわけにもいきません。事故事例を学んでも、事故報告書には一般的に事故のシナリオしか書いてありませんので、何が本当に悪くて、どうすべきだったのか分かりづらいのです。しかし、これを訓練として疑似体験することができれば、原理原則が分かり、注意するポイントを心得て、異常を予測し、異常の発見も早くなります。さらに、考慮するポイントを注意して見ながら、すばやく最善の対応が取れるようになります。

今回の重大事故の最も重要な点は、過去に類似事例があることです⁸⁾。繰り返し事例であるにもかかわらず、共有化され教訓が活かされていないのです。確率やリスクというフィルターを通さず、実際に起きた最悪の災害である事故・トラブル事例を使用して危険源を特定すべきであり、そのような事例に対応するための緊急措置訓練をおこなうべきだと考えます。そのような緊急措置訓練は、過去の事故・トラブルを形式知や暗黙知を含めて体得してもらった絶好の機会であると考えます。

故に、事故の二次要因である危険源の認識不足、緊急操作の不備、チーム力の低下に対し、

過去の事故・トラブル事例を活用した危険源の特定と、それに対する緊急措置訓練による危機対応の改善活動を提案します。

6 実際の活動内容

実際の具体的な活動内容について説明します。

- (1) 危険源を事故・トラブルから特定
- (2) 災害想定の評価
- (3) 安全対策の確認とリスク評価
- (4) 伝承資料の作成
- (5) 教育・訓練の実施

まず、危険源は、過去の事故・トラブル事例に加え、設計時に想定されている事象からも特定します。

次に、発生確率は考慮せず、さらにインターロックや安全弁などの安全装置が働かないものとして最悪の災害想定を評価します。災害想定のうち許容できないランクの高い事象を抽出します。

抽出された事象についてHAZOPでリスク評価を行い、リスク評価を低減している安全対策が十分かどうかを確認します。安全対策が不十分な場合、追加対策を検討し実施します。

これらの検討結果をまとめ、伝承資料を作成します。この伝承資料は、保安に影響を与える危険源の情報として組織で共有化し、実際に教育・訓練に使用するだけでなく、人事異動時には業務の引継ぎに活用します。

最後に実際に教育・訓練をおこないます。事故・トラブル事例を机上で勉強して知識は得ても、実際にプラントでの模擬動作を含めた疑似訓練を体験しなければ身につけません。トラブル対応を疑似体験することで初めて成長し、キーマンに育っていくのです。

事故・トラブル事例について、防災訓練のように疑似訓練として実行し、以下の点を検証評価してハードとソフトの改善を図っていきます。

- (a) 取扱物質の物性、特に反応についてはよく理解しているか。
- (b) プロセスの運転方法についてはよく理解しているか。
- (c) 検知方法（温度計、圧力計など）や安全装置がないなど装置の不備はないか。
- (d) 管理ポイントはどこか。
 - ・プロセス上の重要な運転ポイント
 - ・コミュニケーションをとるべきポイント
 - ・管理者の把握すべきポイント
- (e) 危機対応の仕方
 - ・指揮系統の整理
 - ・人員配置とその動きの把握
 - ・指揮権の委譲
 - ・クライシスコミュニケーションの方法 など

7 提言

3件の重大事故を解析した結果、危険源の認識不足、緊急操作の不備、チーム力の低下という3つの要因があることが分かりました。これに対し、過去の事故・トラブル事例を活用した危険源の特定と、それに対する緊急措置訓練による危機対応の改善活動を提案します。

最悪の災害をもたらす危険源を見逃さないためには、過去の事故・トラブル事例を活用して危険源の特定をする必要があります。また、緊急操作やチーム力については、事故・トラブルに対する緊急措置訓練という疑似体験をすることで改善できると考えます。緊急措置訓練を繰り返しておこなうことで、まず現役世代の臨機応変な対応力を伸ばすことができ、さらに伝承資料を組織で共有し活用することで、次世代へ保安に影響を与える危険源とその対応方法を確実に伝承することができると思います。

8 おわりに

今、事業所を取り巻く状況が大きく変わってきています。事業所の安全レベルは確実に向上

してきましたが、知識と経験豊富なキーマン達が退職することにより、人や組織の現場力が弱くなってきています。今まではキーマン達の存在により、少人数でも問題なく安定・安全にプラントが運転されてきましたが、今後は設備の腐食劣化や故障だけでなく、人的・組織的劣化により一層眼を向け、それを改善する努力が必要な時期になってきていると思います。

ただ、ここで留意したいのは、むやみに現場に対し見直しを指示し、安全活動の負荷を重くすることは得策ではないということです。資源（人、時間、金）は有限であり、度重なる見直しや過度な対策をおこなうと往々にして現場が疲弊します。それだけでなく弱っている病人（組織）に、様々な運動（活動）をさせては病気が重くなってしまいます。また、メンバーの注意が同じ見直し点に集中し、大事な点を見逃すような事態が起きかねません。これではかえって事故を招きかねません。安全活動は、急所を押さえて選択的に資源を投入して欲しいと思います。指示する方も、現場の見直しや対策を指示して安心するのではなく、本当に適確な指示をしているのか不安に思ってしまうと考えます。

今回提案した活動が、時間はかかるかもしれませんが、次世代へ安全をつなげる技術伝承の道標になってほしいと願っています。

最後に、化学プラントの事故災害により亡くなられた方のご冥福を、心よりお祈り申し上げます。

参考文献

- 1) 東ソー株式会社南陽事業所 第二塩ビモノマー製造施設爆発火災事故調査対策委員会報告書、爆発火災事故調査対策委員会(2012)
- 2) 三井化学株式会社岩国大竹工場 レゾルシン製造施設事故調査委員会報告書、事故調査委員会(2013)
- 3) 株式会社日本触媒姫路製造所 アクリル酸製造施設爆発・火災事故調査報告書、事故調査委員会(2013)
- 4) 小松原明哲、「ヒューマンエラー」、丸善株式会社、p.7(2008)
- 5) 浅見芳男、「続生産現場がやさしく分かる本」、高圧ガス保安協会(2002)
- 6) 高橋清、「化学会社におけるコンプライアンスへの取り組み」、第45回火災科学セミナーテキスト、社団法人日本火災学会、pp.1~12(2006)
- 7) 高野研一、高橋伸夫、高橋清、田村昌三、「〔座談会〕企業の安全文化」、予防時報234、社団法人日本損害保険協会、pp.28~37(2008)
- 8) 小林英男、赤塚広隆、「最近の重大事故に共通する要因」、高圧ガス、高圧ガス保安協会、Vol.50、No.12、pp.11~17(2013)
- 9) 首藤由紀、「事故・災害のヒューマンファクターズ」、予防時報223、社団法人日本損害保険協会、p.46(2005)
- 10) 中村将也、「石油コンビナート等特別防災区域内における「未来の重大事故」を無くすための提言について」、Safety & Tomorrow、危険物保安技術協会、No.150、pp.18~26(2013)