

2014.02.03

災害リスク情報 <第54号>

製造事業所におけるリスクアセスメントの重要性と メンテナンス工事の安全管理について

はじめに

近年、化学工場において重大な火災・爆発事故の発生が頻発し、社会の大きな関心事となっている。総務省消防庁のデータでは、石油コンビナート等特別防災区域内の特定事業所において発生した事故件数が平成5年以降増加傾向に転じ、近年は高止まり状態となっていることがわかる。記憶に新しいところでは、本年1月に化学工場にて多数の死傷者を伴う爆発事故が発生している。(図1)

本稿では、1月の化学工場の事故について報道等から得られている情報を基に、事故に至った要因などを考察するとともに、頻発する製造事業所での大規模な火災・爆発事故を踏まえ、事業所におけるリスクアセスメントの重要性と、メンテナンス工事における安全管理のポイントについて概説する。

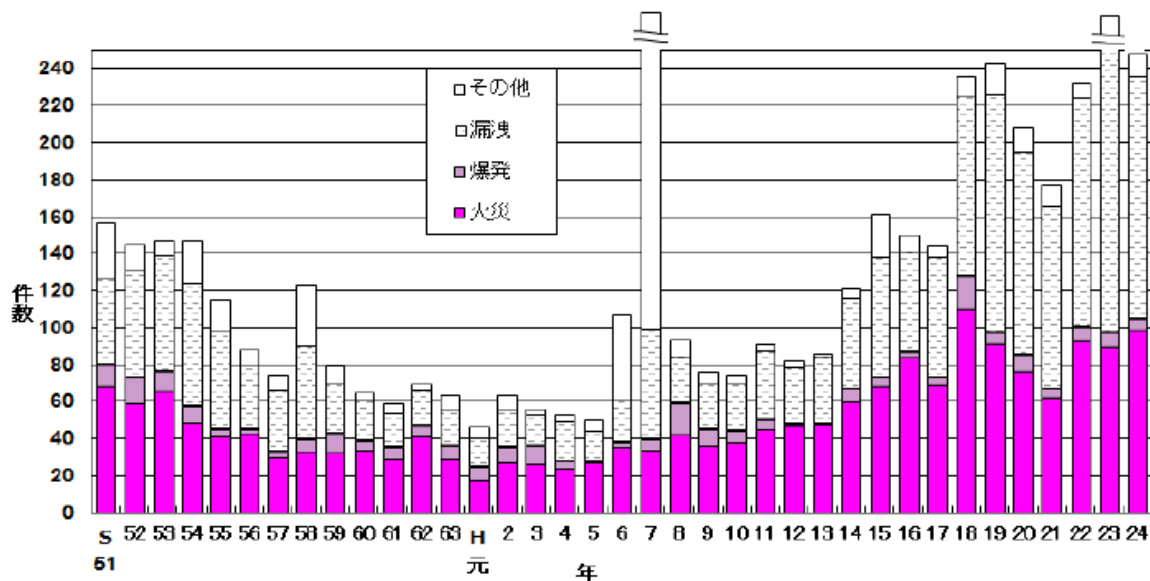


図1 石油コンビナート等特別防災区域内の特定事業所において発生した事故件数の推移
(出典：総務省消防庁)

1. 2014年1月に発生した化学工場での事故概要

2014年1月9日(木) 14時頃、三重県四日市市に所在する化学メーカーの多結晶シリコン製造プラントにおいて爆発事故が発生し、5名が死亡(当該事業所従業員3名、協力会社従業員2名)、12名が負傷(当該事業所従業員10名、協力会社従業員2名)するという大変痛ましい結果となった。

以下に各種報道機関から報じられた情報を収集し、事故の概要をまとめた。

(1) 事故発生設備

排ガス冷却用熱交換器(長さ:6m、直径:約1m、重量:約5t)

(2) 現場状況

熱交換器のチャンネルカバー(重量:約300kg)が10m程度吹き飛んでおり、死亡した5名はチャンネルカバー周辺で作業していたものと考えられる。

(3) 爆発に至る過程

本事故については、現在事故調査委員会による調査の最中であり、詳細は判明していない。そのため、新聞等マスコミ報道や記者会見等で得られた情報に基づいて、爆発事故に至る原因を推測すると次のとおりである。

今回事故が発生した熱交換器は、当該プラントの還元工程から排出される排ガスを冷却するための設備である。その排ガス中にトリクロロシランが含まれ、それが冷却されることにより、シリコン化合物が生成され、チューブ内に詰まりが発生していた。

シリコン化合物は引火性が高いため、詰まり除去のために熱交換器をそのまま開放してしまうと引火・爆発する可能性があるため、事前に熱交換器に加湿窒素を徐々に注入し、1か月間保持していた。この際に、小さな衝撃でも発火の可能性があるシリコシユウ酸が生成されたのではないかと考えられている。

今回の事故では、熱交換器チャンネルカバーを外した際、チューブ内に残留していたシリコシユウ酸が衝撃で発火し、引き続いて何らかの要因で異常な圧力上昇が起こり、爆発に至ったものと考えられている。

なお、後日の県警、市消防本部、労働基準監督署立ち合いで行われた爆発原因調査中に、熱交換器に残った化学物質が何らかの原因で発火し、小爆発を起こしたと報じられた。この状況から、反応性の高い危険物質が生成され残留していたことが推測出来る。

表1にトリクロロシラン、表2にシリコシユウ酸の物性を示す。

表1 トリクロロシランの物性

	内容
別名	三塩化シラン
分子式	SiHCl ₃
危険有害性	<ul style="list-style-type: none"> 極めて引火性の高い液体及び蒸気 水に触れると自然発火する恐れのある可燃性、引火性ガスを発生 水、強酸化剤、強酸、塩基と激しく反応し、塩化水素を生成
取扱上の注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 熱、火花、裸火のような着火源から遠ざけること 激しい反応と火災の発生の危険があるため、水と接触させないこと
融点・凝固点	-126.5°C:ICSC(J)(2002)
沸点	31.8°C:ICSC(J)(2002)
引火点	-27°C(C.C.):ICSC(J)(2002)
自然発火温度	>100°C:NFPA(13th、2002)、185°C:ICSC(J)(2002)
爆発範囲	1.2-90.5vol%(空气中):ICSC(J)(2002)

※ICSC(J)：国際化学物質安全性カード（日本語版）
NFPA：全米防火協会

表2 シリコシユウ酸の物性

	内容
分子式	H ₂ Si ₂ O ₄
取扱上の注意事項	<ul style="list-style-type: none"> 摩擦、加熱により容易に発火する アルカリ処理した場合、水素が発生するため、十分な注意が必要

2. 事故に至る背景

各種報道で、以下のような点が指摘されている。

- 熱交換器の設置以降8年間、チューブ内部の詰まり除去のための洗浄は実施されていなかった。
- 安全な状態で内部開放するための判断基準（温度、圧力値など）が明確ではなく、熱交換器の外側を手で触れて温度確認するという、作業者の感覚に基づく判断を実施していた。
- 熱交換器設置時に、当該機器のメンテナンス作業に関するマニュアルが作成されていなかった。
- 今回の事故以前に当該工場においてメンテナンスに絡んだ事故が発生していたが、それらに対する具体的な安全対策が行われていなかった。

上記の状況から、当該プラントの設置時や過去の事故後の対策検討時に、熱交換器内で詰まりを発生させる物質の物性や化学反応性、詰まり除去作業時の安全対策が十分に検討されていなかった可能性が考えられる。

3. 製造事業所におけるリスクアセスメントの重要性

リスクアセスメントは災害発生の可能性を推測し、事前に安全衛生対策を実施し、災害を未然に防ぐための手段であるが、労働安全衛生法においても事業者の努力義務とされ、経営トップの責任においてリスクアセスメントの実施とその結果に基づくリスク低減措置の実施が求められている。

(労働安全衛生法第 28 条の 2)

大規模災害が発生すると、当該事業所においてリスクアセスメントが適切に実施されていたか、また、リスクアセスメントによって洗い出された危険要因に対して、社会的に許容できるレベルにまでリスクを低減する対策・措置が実行されていたかが、厳しく問われる時代である。

今回の事故に限らず、度重なる製造事業所での災害事例を鑑みると、事業所においてはリスクアセスメントの重要性についての再認識やその方法の見直しがさらに厳しく求められることになると考えられる。

以下リスクアセスメントについて、その実施上、留意しておきたいポイントをまとめた。

(1) 経営トップのコミットメント

災害防止において経営トップの役割と責任は大変重要である。リスクアセスメントの実施においても、経営トップが適切な資源の提供、リスクアセスメントに係る承認、リスクアセスメントに対するレビューに対して積極的に関与することが重要である。

経営トップの安全に関する責務

①	「安全第一」の徹底（企業経営の最重要事項の一つとして安全確保を位置付け）
②	トップ自らの率先した安全衛生管理活動の実施
③	リスクアセスメントの徹底 （設備・作業の危険性の大きさを評価し、災害を防ぐための措置を実施）
④	「人的資源・設備資源」の適切な配分と教育
⑤	協力会社との安全衛生管理の連携や情報交換の徹底

厚生労働省・中央労働災害防止協会「化学工業における元方事業者・関係請負人の安全衛生管理マニュアル」より抜粋

(2) 役割と能力

リスクアセスメントの内容に応じて必要とされる人員、専門家を明確にすることが重要である。また、承認プロセスにおいて、リスクレベルに応じた承認者を明確にしておくことも重要である。

リスクアセスメント検討時には、危険性の認識を判断することができる人材が求められる。実際には以下のような人材が必要とされる。

- ① 運転管理
- ② 保安全管理
- ③ プロセスエンジニア
- ④ 専門エンジニア（電気、機器、検査など）
- ⑤ 保安／緊急時対応の専門家

(3) 文書化と記録

リスクアセスメントとそのレビュー、教育、文書化などは図 2 で示すフローで実施され、体系的な取り組みが重要である。リスクアセスメントを体系的に実施するには、一様な手順に従って実施できるよう手順を文書化しておくことが必要である。また、リスクアセスメントプロセスの各段階における意思決定および結果を、記録文書として残しておくことが重要である。

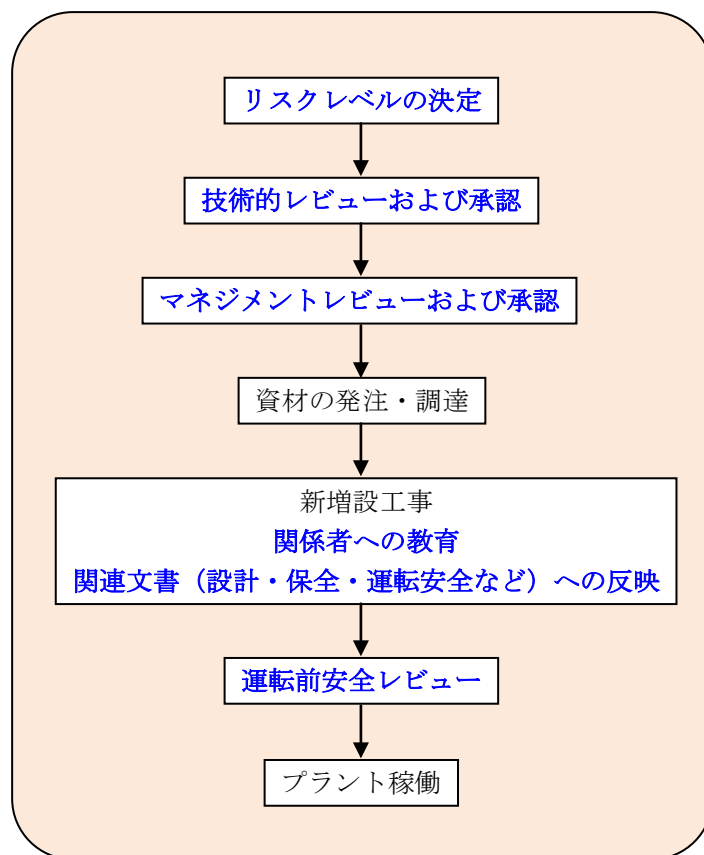


図2 リスクアセスメントとそのレビュー、教育、文書化などのフロー

(4) 監査

リスクアセスメントがうまく機能しているかを把握するためには、定期的に監査を実施することが重要である。

(5) マネジメントレビュー

マネジメントレビューは、リスクアセスメントが効果的に機能しているかを把握するために、経営幹部により定期的実施されることが重要である。このレビューによって、経営幹部はリスクアセスメントの機能度合いや改善点を把握することができる。

(6) 運転前安全レビュー（Pre-start-up Safety Review :PSSR）

運転前レビューはスタートアップ前に必ず実施すべきプロセスであるが、以下のことを確認することが重要である。

- 影響を受ける全ての手順書が更新され、配備されているか。
- 影響を受ける全ての従業員に訓練及び通知がなされているか。
- リスク評価からの全ての推奨事項を実施済みか。
- 図面やマニュアル類などの関連文書は最新版となっているか。

4. メンテナンス工事（非定常作業）の安全管理

製造事業所における火災・爆発事故は製造工程中だけでなく、メンテナンス工事中でも数多く発生している。本節ではメンテナンス工事において求められる安全管理に関して述べる。なお本節は前述の厚生労働省・中央労働災害防止協会「化学工業における元方事業者・関係請負人の安全衛生管理マニュアル」（平成23年2月）および厚生労働省「化学設備の非定常作業における安全衛生対策のためのガイドライン」（基発第0228001号 平成20年2月28日）を参考にしている。

(1) 対象とする工事、作業の明確化

メンテナンス作業（非定常作業）はおおむね以下に分けられる。

- ▶ 「保全的作業」
不定期にまたは長い周期で定期的に行われる改造、修理、清掃、検査等の作業
- ▶ 「トラブル対処作業」
異常、不調、故障等の運転上のトラブルに対処する作業
- ▶ 「移行作業」
原料、製品等の変更作業またはスタートアップ、シャットダウン等の移行作業
- ▶ 「試行作業」
試運転、試作等結果の予測しにくい作業

事業者はこれらの作業のリスクアセスメントを通常の製造工程（定常作業）におけるものと同様、適切に行うことが重要である。特に協力会社などに工事を発注する場合には、安易に当事者任せとせず、事業者の責任のもと、リスクアセスメントの対象範囲をきっちりと検討すべきである。

(2) リスクアセスメントの対象となる危害要因

リスクアセスメントを実施する際には当該設備、プラントの内容や特性、使用されている原材料、物質の特性を十分に把握することが必要である。特に化学物質を扱う場合には化学物質等安全性データシート（MSDS）を使用することが重要である。

協力会社等に工事を発注する場合には、文書等の確実な方法で情報提供を行う必要がある。

対象となる危害要因には以下のものがある。

① 爆発、火災および破裂

- ア. 引火性液体又は可燃性ガスの除去、漏えい防止、遮断及び換気措置
- イ. 引火性液体又は可燃性ガスの漏えい時の検知及び対応措置
- ウ. 電気機械器具、工具等の防爆構造化、溶接、溶断等による火花の飛散防止措置及び静電気時の除去措置
- エ. 異種のもものが接触することにより発火等の恐れがある物の接触防止措置
- オ. 設備の内部圧力又は温度の異常上昇防止措置

② 高温物等との接触

- ア. 高温物等の除去、漏えい防止及び遮断措置
- イ. マンホール、バルブ、フランジ等を解放した際の内容物の流出防止措置
- ウ. 高温部分への接触防止措置
- エ. 液状物質の凝固による配管、ノズル等の内部の閉そく防止措置
- オ. 保護具の適切な使用

③ 有害物質との接触

- ア. 有害物質の除去、漏えい防止、遮断及び換気装置

- イ. 酸素及び硫化水素その他予測される有害ガスの濃度の測定
- ウ. 溶断、研磨等により発生する有害物質のばく露防止措置
- エ. 有害物等の漏えい等の異常時における対応措置
- オ. 送気マスクへの空気供給源の誤操作による酸素欠乏症又はガス中毒の防止措置
- カ. 保護具の適切な使用

④ はさまれ、まきこまれ

- ア. 回転機器等の電源の施錠等による誤作動の防止措置
- イ. 可動部分への手指等の接触防止措置
- ウ. 回転機器等に対する緊急停止スイッチの設置
- エ. 組立、解体作業の安全を確保するための固定治具、吊り具等の使用

⑤ 墜落、転落

- ア. 昇降設備、作業床、手すり等の設置
- イ. 不安定な作業姿勢を避ける措置
- ウ. 移動足場、架台等の安定性を確保するための措置
- エ. 危険箇所への立ち入り禁止措置
- オ. 親綱又は墜落防止ネットの取付け設備の設置
- カ. 安全帯の着用および適切な使用

(3) 過去の類似事故例を検討する

過去に発生した類似の工程、工事、物質等に起因する事故例についてのヒヤリハット、事故情報を収集し、危害要因の洗い出しに活用することが必要である。現在ではインターネットにも各種の事故事例データベースがあるので、それらを活用することも有益である。

以下に主な事故事例データベースの例をいくつか列挙する。

厚生労働省 職場のあんぜんサイト

http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/sai/saigai_index.html

中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター

<https://www.jaish.gr.jp/index.html>

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所 爆発火災データベース

<http://www.jniosh.go.jp/results/2013/0528/index.html>

独立行政法人科学技術振興機構 「失敗知識データベース」

<http://www.jst.go.jp/pr/info/info161/>

高圧ガス保安協会 事故情報

http://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/index.html

(4) 安全管理体制の確立

作業の統括責任、連絡体制の構築が重要である。作業の統括責任者、部門責任者、作業指揮者、立会者の選定、責任の範囲と業務分担を定め、場合によっては各事業者間の連絡会議を設置し、連絡調整を密に図ることが重要である。

(5) 作業計画書の作成

リスクアセスメントの結果およびリスク低減措置を踏まえた作業計画書を作成し、統括責任者の承認を得、作業関係者で共有する。

作業計画書に記載する事項は以下の事項である。

- ① 作業日程
- ② 指揮・命令系統
- ③ 作業目的及び作業手順
- ④ 各部門（請負人を含む。）の業務分担及び責任範囲
- ⑤ 危険性または有害性等の調整及びその結果（＝リスクアセスメント）に基づく必要な措置の内容
- ⑥ 保護具の種類
- ⑦ 作業許可を要する事項
- ⑧ 注意事項及び禁止事項

(6) 作業の実施

作業の実施にあたっては、通常の製造工程（定常作業）では起こりえない、あるいは想定しにくい思わぬ現象やトラブルが発生し、重大事故につながることもある。たとえば、電源の遮断ミスによる感電・漏電、動力の遮断ミスによる「はさまれ」、「まきこまれ」、危険物、有毒ガス類の漏えい、高温・高圧の液体・気体の噴出などである。

そのため、作業分担を明確にし、当該工事における指揮命令系統、手順を明確化し周知徹底することが重要である。

また、作業前教育、ツールボックスミーティング、危険予知の実施、保護具、連絡通信機器の準備を怠りなくすることが重要である。また、一人作業が発生しないような段取りにも注意する必要がある。

さらに、長時間、長期間の作業においては現場パトロールの実施も必要である。パトロールは事業所長、現場責任者、専門家、協力会社など実施者や頻度を変え幅広い視点、順路で複眼的に行うと有効である。

(7) 緊急事態対応

作業中に爆発、火災、労働災害などが発生した場合に備え、緊急事態対応マニュアル、消火栓、消火器、洗眼器、シャワー等の設置を行うこと。また、想定訓練、救急措置訓練の実施も望まれる。

工事において有害物を取り扱う場合にはあらかじめ産業医や救急医療機関への情報連絡を行っておくことも重要である。

おわりに

本稿冒頭で述べたように、化学工場における火災・爆発事故件数は増加傾向で、かつ、高止まり状態にあるといえる。これらの背景には、以下の要因が存在すると言われている。

- 熟練技術者の大量退職に伴う世代交代
- 運転員の年齢構成の偏り
- 現場の自動制御化や省力化に伴う人員削減
- 管理部門と製造現場間のコミュニケーションの希薄化
- 新規または大規模改修などのプラント建設機会の減少
- 安定操業（長期連続運転）化に伴うトラブル経験の減少

続発する大規模事業所での重大事故や上記のような状況・背景を受け、企業、行政、各種業界団体などは産業保安力のさらなる向上を目指し様々な活動に着手し、力を入れ始めているが、規模の大小を問わず、各製造現場においてはリスクアセスメントの重要性を再度認識し、導入していない現場はいち早い導入を、また、すでに実施している現場ではその実施方法に改善の余地がないかを改めて確認していただきたい。

協力業者、外注業者との日常からのリスクに関するコミュニケーション、綿密な情報共有を心掛け、現場関係者が一丸となってリスクの洗い出しと低減活動に注力され、悲しい事故が繰り返されないよう願うばかりである。

以上

コンサルティング第三部 リスクエンジニアリンググループ
マネジャー・上席コンサルタント 吉村 伸啓
コンサルタント 阿部 龍之介

<参考文献>

化学工業における元方事業者・関係請負人の安全衛生管理マニュアル（平成 23 年 2 月）

http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/dl/kagaku_all.pdf

化学設備の非定常作業における安全衛生対策のためのガイドライン（基発第 0228001 号 平成 20 年 2 月 28 日）

<http://www.hourei.mhlw.go.jp/hourei/html/tsuchi/contents.html>

株式会社インターリスク総研は、MS&AD インシュアランスグループに属する、リスクマネジメント専門のコンサルティング会社です。

災害や事故の防止を目的にしたサーベイや各種コンサルティングを実施しています。弊社コンサルティングに関するお問合せは下記の弊社連絡先、または、あいおいニッセイ同和損保、三井住友海上の各社営業担当までお気軽にお寄せ下さい。

株式会社インターリスク総研 コンサルティング第三部
千代田区神田淡路町2-105 TEL:03-5296-8947/FAX:03-5296-8942

本誌は、マスコミ報道など公開されている情報に基づいて作成しております。
また、本誌は、読者の方々に対して企業の災害防止活動等に役立てていただくことを目的としたものであり、事案そのものに対する批評その他を意図しているものではありません。

不許複製／Copyright 株式会社インターリスク総研 2014/