

化学工場の爆発火災事故の増加とその影響について

鈴木 拓人 Takuto Suzuki

リスクエンジニアリング事業本部 リスクエンジニアリング部
主任コンサルタント

はじめに

化学工場における大規模な爆発火災が続発している。大量の危険物や高圧ガスを扱う化学工場には火災爆発リスクが潜在するが、そのリスクは綿密な安全体制を維持することにより最小限に抑えられてきたはずである。

本稿では、最近発生した化学工場の爆発火災事故の概要を紹介するとともに、近年の化学工場における環境変化とそれによるリスクの増大要因、爆発火災事故による直接・間接的な被害状況、また、事故から派生する影響について考察する。

1. A 社 X 事業所の事故事例

2011 年 11 月 13 日の午後 3 時 15 分頃に、A 社 X 事業所の第二塩ビモノマー製造設備で爆発火災が発生した。被害状況は以下が伝えられている。

人的被害として社員 1 名が死亡

物的被害として、塩ビモノマー（以下、VCM）製造工程の塩酸塔還流槽付近を中心に甚大な損壊、爆風及び飛来物による周辺プラントでの一部損壊

環境への被害として、1, 2 - 二塩化エタンによる一時的な排水基準値の超過

事故の調査及び原因究明は、「X 事業所事故対策委員会」と社内委員 5 名、社外委員 5 名による「事故調査対策委員会」により行われ、事故の状況及び事故原因の特定、並びに再発防止策が承認された。事故原因は複雑な要因が絡まりあって発生しているため、事故の発端事象から事故の発生までを 4 つのフェーズに分類整理して報告されている。報告内容は専門性の高いものであり、理解するのが困難な部分もあるが、事故概要、原因の要約と筆者の考察は次のとおりである。

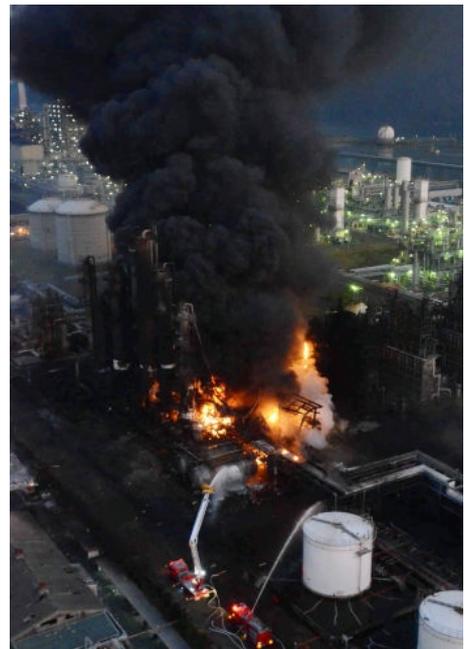


写真 1 爆発火災事故の様子
(毎日新聞社)

フェーズ1：発端事象 11月13日 3:39~3:52

概要：VCM 精製工程と一連のプラントにある機器の緊急遮断弁が誤作動により閉止し、VCM 精製工程の一部がインターロックにより緊急停止した。

原因：誤作動の原因は、緊急遮断弁に設けられたバルブポジショナーのトルクモーターコイルの温度変化による接触不良であった。

考察：事故の発端事象であるが、点検や保全作業が十分に行われていても、機器の故障や誤作動といった不具合を皆無にすることは難しい。発端事象としての直接原因は緊急遮断弁の誤作動であるが、大事故となった真の要因はフェーズ2以降にあると考えるのが一般的であろう。一方で、点検や保全の管理運用に問題がなかったかという視点も必要である。緊急遮断弁の誤作動がなければ、今回の事故は防止できたとも考えられ、日ごろの点検や保全により、機器の故障や誤作動を最小限に抑える管理が重要である。

フェーズ2：進展事象 11月13日 3:53~5:56

概要：フェーズ1で緊急停止したVCM 精製工程と関連したプラントを順次緊急停止した。このため、プラント中の塩酸（以下、HCL）の組成が異常となった。また、塩酸還流槽にVCMが多量に流入した。

原因：アラーム（温度異常によるアラームと推定される）に気がつかなかったなど、塩酸塔の塔頂温度が適切に管理されなかったために、HCLが組成異常となった。これにより塩酸還流槽内では組成異常のHCLとVCMの混合状態が作られた。

考察：HCLに可燃性はないが、VCMは沸点が -13.9 、引火点が -78 の可燃性物質であり、不燃物用に作られた塩酸還流槽にVCMが流入した状態は、かなり火災危険が高まっていたものと推定される。HCLの組成異常と、塩酸還流槽にVCMが流入する事態は想定されていたようであるが、このような状態を作り出した原因がHCLの組成異常にあるのであれば、HCLの組成異常は防がなければならなかった事象である。

フェーズ3：確定事象 11月13日 5:57~8:40

概要：HCLの組成異常により、VCMプラントの全工程を停止した。また、フェーズ2でVCMが多量に流入した塩酸還流槽での還流操作を停止し、閉鎖した。

原因：HCLとVCMから1,1-二塩化エタン（消防法危険物第4類第1石油類）を生ずる異常反応の知識が不十分であった。塩酸還流槽を閉鎖したことにより、急激な温度圧力上昇の要因を作った。

考察：HCLとVCMによる1,1-二塩化エタンが精製する異常反応の知識がなく、塩酸還流槽を閉鎖してしまったことで爆発のリスクが著しく高まってしまった。この反応は、通常のVCM精製工程では起こりえない異常反応であるが、さらに、発熱を伴う反応であったため、密閉されたタンクの中で反応が急速進行し、最終的には急激な温度と圧力の上昇（暴走反応）を招いてしまった。化学工場の爆発事故は暴走反応、あるいは異常反応によることが多く、今回のケースでは異常反応が発熱を伴ったために暴走反応に発展したが、暴走反応による温度上昇が異常反応とつながり爆発にいたるケースもみられる。化学工場では通常取り扱う原料、中間体、製品についての危険性を把握しなければならないことはもちろんであるが、圧力、温度、触媒といった条件の変化によって、さまざまな反応が起こる可能性があるため、あらゆるケースで起こりえる異常反応についても把握しておくことが望まれる。今回

の事例では、同一プラント内で、場合によっては混合する危険のあった HCL と VCM の反応を把握していなかったために、爆発環境を作り出してしまっている。

フェーズ 4 : 終末事象 11 月 13 日 8:41 ~ 15 : 24

概要 : 塩酸還流槽内では、HCL と VCM の混合物の液面が高かったため、混合物が槽内の塩化第二鉄 (さび) と接触した。これによる触媒作用で 1,1 - 二塩化エタンを生ずる化学反応が起きた。この反応は発熱反応であったため、約 6 時間の間に槽内の温度圧力が急上昇し、槽が破損した結果、内容物に着火して爆発が発生した。さらに、この爆発により他の塔槽類から多量の VCM、プロピレンが漏えいし、火災が発生した。一方、塩酸還流槽には、退避設備として塩酸一時受タンク (通常は空) が設けられているが、塩酸還流槽から HCL と VCM の混合物が塩酸一時受タンクへ移液したため、塩酸一時受タンクでも 1,1 - 二塩化エタンの生成反応が起き、塩酸還流槽同様に温度と圧力が急上昇して爆発火災が発生した。

原因 : 塩酸還流槽と塩酸一時受タンク内に反応触媒となる塩化第二鉄 (さび) が存在したため、1,1 - 二塩化エタンを生ずる発熱反応が進行し、温度圧力が急上昇して槽を破壊した。

考察 : フェーズ 3 で爆発環境となった HCL と VCM の混合物であるが、タンク内のさびがこの反応の触媒となり反応を促進させる結果となった。タンク内部のさびは、突然発生するものではないことから、少なくとも通常使用される塩酸還流槽の内側上部と、不測の事態のために設置された塩酸一時受タンクについては、点検や保全が十分に行われていなかったということになる。このさびが、触媒となり、異常反応、暴走反応を加速させ、最終的には爆発に至っている。

X 事業所は、2012 年 4 月 27 日付けで「高圧ガス保安法に基づく X 事業所の認定保安検査実施者」の認定取消しの行政処分を受けている。認定取消しの影響は、X 事業所は自ら保安検査を行うことができなくなり、所在地の県知事等が行う検査をうけることになった。認定取消しの理由として、爆発火災事故の影響が大きいこととともに、平成 19 年に作業リスクを低減するためのマニュアルの修正が提案されていたが、マニュアルの改定が行われておらず、保安管理システムの継続的改善を求める認定基準への不適合となったことが挙げられている。

2. B社Y工場の事故事例

2012年4月22日の午前2時15分にB社Y工場のレゾルシンプラントで爆発火災事故が発生した。現在のところ（2012年5月15日現在）事故内容は、午前2時にaプラントで爆発火災発生、その後bプラント及び動力プラント配管ラックに延焼、午前8時にレゾルシンタンクで爆発というものであり、被害状況は以下のように伝えられている。

人的被害として社員1名が死亡、社員7名と協力会社社員2名および社外で16名の合計25名が負傷（うち2名が重症）

物的被害として a、b プラントが損傷、他16プラントでガラス・スレート等の破損、近隣家屋の損傷 999 件



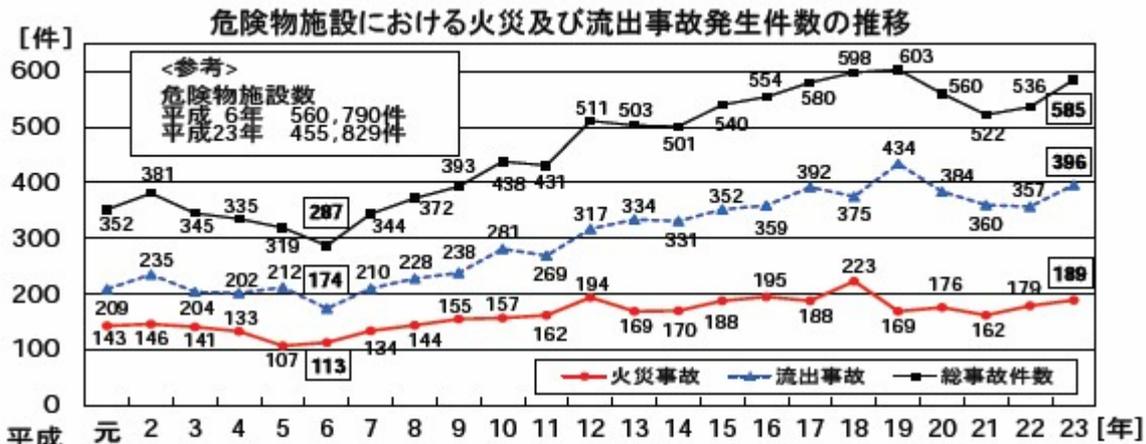
写真 2 爆発火災の様子
（毎日新聞社）

この事故の影響により5月2日現在でY工場の全29プラント中26プラントが停止中であり、復旧にはかなりの時間を要するものと推定される。

爆発火災が発生したプラントで精製されるレゾルシンは、主にタイヤ、木材の接着剤原料であり、その他、還元力の強さを活かした殺菌剤や蛍光染料の原料としても利用される。その精製は、フェノールとアセトンの合成法として知られるクメン法に近いもので行われていると推定される。レゾルシンの原料として用いられる、ベンゼン（消防法危険物第4類第1石油類）、プロピレン（可燃性ガス）は、ひとたび漏えいすると、静電気や高温により容易に着火する。また、精製工程の中間体となる、1,3-ジイソプロピルベンゼンパーオキサイド（消防法危険物第5類第2種自己反応性物質）は反応性に富み、可燃性はもちろんのこと、衝撃、金属、酸と爆発的に反応するおそれがある。このため、事故原因は漏えい、異常反応、暴走反応などさまざまな要因が考えられる。B社は、事故原因の究明及び類似事故防止策を講じるべく、社外の学識経験者及び専門家のみにより構成される「事故調査委員会」を設置し、5月1日に第1回委員会を開催しているが、具体的な事故原因の究明はこれからであり、「事故調査委員会」の報告が待たれる。

3. 事故増加の背景

化学工場のように危険物を取り扱う施設は、一般取扱所、製造所など、定められた用途によって消防法により規制されており、その事故統計は総務省消防庁から公表されている。化学工場の事故は近年どのような推移となっているのだろうか。



(注1) 事故発生件数の年別の傾向を把握するために、震度6弱以上(平成8年9月以前は震度6以上)の地震により発生した件数を除いています。なお、東北地方太平洋沖地震及びその後の余震のうち、震度6弱未満で発生した火災及び流出事故はありませんでした。

(注2) 東日本大震災による事故件数等については、「東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書」(平成23年12月消防庁危険物保安室・特殊災害室)をご覧ください(ホームページURL http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shinji_kento/jishin_tsunami/index.html)。

図 1 危険物施設の事故発生状況

報道資料「平成23年の危険物に係る事故の概要の公表」(平成24年5月25日)総務省消防庁

危険物施設からの火災・流出事故は、平成6年を境に全国的に増加傾向に転じ、現在は過去最悪で推移している(図1)。一方で、危険物施設数は平成6年の560,790件に対し、平成23年455,829件と減少傾向(104,961件、22.8%)にあることから、危険物施設における火災・流出事故のリスクは高まっていると見ることができる。前述のA社X事業所やB社Y工場の事故事例はとくに大規模であるが、危険物施設の事故が近年増加傾向であることは、問題視され続けている。また、この背景として、以下に示すような社会環境の変化が指摘されている。

- 熟練技術者の大量退職による技術伝承の不足
- 設備管理・保全業務のアウトソーシング化
- 生産ラインの省力化や高度なシステム化
- 設備の経年劣化による老朽化、メンテナンスコストの削減

このような状況を鑑み、総務省消防庁では平成15年から、危険物関係業界・団体、研究機関、消防関係行政機関等から構成される「危険物等事故防止対策情報連絡会」を開催するとともに、構成メンバーが行う事故防止対策の行動計画として、年度ごとに「危険物事故防止アクションプラン」をとりまとめ、官民一体となった事故防止対策を推進している。

平成 24 年度の危険物事故防止アクションプランは、「業種を超えた事故の情報の共有」により同様の事故をできるだけ減らすとのスローガンを掲げており、具体的には、地震・津波対策の推進、日常点検の推進、保安教育の充実、経年劣化による流出事故防止対策の推進、の 4 点を重点項目として取り上げている。事故が増加している背景からも一朝一夕に解決できる問題はないことは明らかであるが、官民一体となった取組みによる事故防止効果が期待される。

4. 事故の影響について

4.1. 財務に与える影響

爆発火災事故の発生により企業は損失を受けることになるが、この損失はどの程度の大きさになるのだろうか。まず、一般的に爆発火災によって発生する損失は以下のものが考えられ、これらの合計が企業にとっての損失となる。

建物、機械設備など固定資産の滅失や破損による損失

原料、製品、仕掛品など棚卸資産の滅失や毀損による損失

残存物の撤去費用による損失

使用者に人的被害が発生した場合には労働災害補償による損失

近隣に被害が及んだ場合にはその損害賠償または見舞金による損失（火災の被害は、故意、重過失がなければ失火責任法により賠償責任を問われないが、爆発事故は失火責任法の適用対象外となる）

生産停止にともなう売上高の減少による損失

製品の供給継続のために行う代替品の調達による損失

その他の風評被害、マーケットシェアの喪失による損失など

損失の大きさは爆発火災や資産の規模によって当然変わるが、前述した A 社は株式上場企業なので、財務諸表が公開されている。これを基に X 事業所の爆発火災事故を例に損失の中身を推定してみる。

業績への見通しに関する情報開示は 2012 年 2 月 3 日に、爆発火災による 2012 年 3 月期通期連結決算への影響として、営業利益の減少額（生産・販売の減少および代替品の調達による損失等、上記の ~ が該当）50 億円と、特別損失（事故に起因するプラント停止に伴う固定費等、上記の ~ が該当）20 億円がニュースリリースされた。その後 2012 年 5 月 10 日の決算短信で 2011 年度 3 月期通期連結決算が発表され、爆発火災事故の 2011 年度決算への影響が確定した。その結果、売上高が 195 億円、営業利益が 64 億円、特別損失が 24 億円（損益計算書の爆発火災損失は 2,433 百万円）で、2011 年度損失額の合計は 88 億円となった（受取保険金による収入が 30 億円であるため、差額が爆発火災による純損失となる）。また、2012 年度も生産・販売の減少および代替品の調達による損失は継続的に発生し、同決算短信によれば、2012 年度の見通しとして、営業利益 70 億円（主に売上高の減少）、経常利益 10 億円（営業外費用の増加）が発生し、損失の合計は 80 億円（受取保険金見込 70 億円）となっている。

このように、爆発火災の損失は一時的（火災の発生から半年程度）には ~ である。体力の弱い企業であれば、この時点で事業継続に影響しかねない重大事であるが、企業が被る損失はこれらにとどまらない。一時的な損失をカバーしたとしても、依然として ~ の損失は継続的に発生し、その後数年間に及ぶこと

が通常である。上記のケースでも、一時的に発生する損失（特別損失）は24億円であるが、継続的に発生する損失（営業利益・経常利益の減少額）は、事故発生から翌年度末決算までの約1年半で144億円である。さらに、損失の額こそ徐々に減少するものの、翌年度決算（2013年度）以降も引き続き影響が残ると推測される。こうしてみると、改めて爆発火災事故が経営に与える影響の大きさを認識することができる。

4.2. サプライチェーンに与える影響

A社X事業所で製造されるVCM、苛性ソーダは、全国的に見ても同事業所のシェアが高いため、爆発火災事故によるサプライチェーンへの影響が心配された。製造から物流、小売までの各企業が販売情報や需要予想の数値を共有化することで、品切れや在庫を減らし、過不足なく低コストでタイムリーに商品を提供するという考え方、いわゆるサプライチェーンマネジメントが一般的となり、近年は各企業が経営課題として取り組んできた。その結果として、在庫の削減や生産、物流の効率化が図られてきたわけであるが、一方で、在庫の削減、生産や物流拠点の集約は大規模自然災害に脆弱であり、原料や部品の調達ができないために、生産ができない、あるいは調達コストが高騰したという事例が東日本大震災後に取り沙汰されたのは記憶に新しいところである。そのため、ここではVCMと苛性ソーダのサプライチェーンが価格に与えた影響について検証してみる。

表1 VCMと苛性ソーダの取引価格指標 2011年2月基準

年	月	苛性ソーダ	VCM	事象
2011	2	100	100	
2011	3	100	105	3.11東日本大震災
2011	4	100	111	
2011	5	100	111	
2011	6	100	111	
2011	7	99	110	
2011	8	99	108	
2011	9	99	108	
2011	10	98	105	
2011	11	97	102	11.13A社X事業所爆発火災
2011	12	97	103	
2012	1	97	104	
2012	2	97	104	
2012	3	97	106	
2012	4	102	106	

「日本銀行国内企業物価指数 2005年基準」より当社作成

VCM、苛性ソーダは共に基礎的な化学製品であるため、企業間で取引される財の価格変動を示す「国内企業物価指数」によりその価格の割合（100を基準として低ければその割合だけ安い、高ければその割合だけ高いという見方をする）が公表されている。ここではこれを用いて、東日本大震災前からの価格推移を示した（表1）。建築材料や雑貨品などの塩化ビニル製品は、東日本大震災の影響（VCMのシェアを占める信越化学工業やカネカが被害を受けたため）で価格が高騰した製品と言われている。これを踏まえてVCMの価格推移を見ると、2011年3月以降の値上がり傾向が明らかで、東日本大震災のあった2011年3月に5ポイント、翌月にはさらに6ポイント値上がりし、数ヶ月にわたり高止まりしている。一方で、苛性ソーダは東日本大震災による影響はみられない。

また、A社X事業所で爆発火災事故のあった、2011年11月以降をみると、VCM、苛性ソーダとも大きな価格の変動はない。これは、A社X事業所は生産設備に大きな被害を受けたものの、他社、海外などからの

調達により供給責任を果たした結果、サプライチェーンへの影響を小さくとどめることができ、価格変動を抑えた奏功事例とみることができよう。ただし、2012年4月に苛性ソーダが5ポイント、VCMも2011年11月以降徐々に値上がり傾向がみられることから、爆発火災事故の影響が全く否定されるものではない。

一方、B社Y工場の事故では、サプライチェーンへの影響が懸念されている。現在停止中のプラントで精製されていた、メタパラクレゾールは半導体の製造工程に不可欠なレジスト材料であり、半導体用途での世界シェアは8割を占めていたため、生産停止による半導体メーカーへの影響が一部報道されている。具体的な影響については、今後明らかになっていくものであるが、この事故によるサプライチェーンへの影響についても慎重に推移を見守っていく必要があると考える。

5. 企業の対応について

爆発火災事故の影響への対応としてどのような方法が考えられるのだろうか。

財務に与える影響への対策としては損害保険（火災保険、利益保険等）が挙げられる。企業はこれらの損害保険に加入することが一般的であること、4.1で述べた損失（～）の多くは損害保険で補償されるリスクであることから、このようなケースでの損害保険によるリスクヘッジは妥当かつ有効といえる。ただし、損害保険に加入する前段として、企業は、「リスクアセスメント」、「リスク対応（リスクの回避や低減など）」といったリスクマネジメントのプロセスに沿った活動を行なうことが求められる。このような、リスクマネジメント活動を計画・実施するにあたっては、前述した総務省消防庁「危険物事故防止アクションプラン」で挙げられた事故防止の重点項目を踏まえることが重要である。また、リスクマネジメント活動の実効性を把握するために、損害保険会社のリスクマネジメント関連会社等が行なう「リスク調査」を利用する方法もある。

サプライチェーンから受ける影響への対策としては、まず、これまでの効率性を優先したサプライチェーンマネジメントから、リスクへの強さを考慮したサプライチェーン作りが優先課題となる。また、各企業には、調達不能による生産停止を回避するために、複数の調達先を準備することはもちろん、「サプライチェーンにボトルネックはないか」、「調達先が同時に停止することはないか」、「有事に供給責任を果たすだけの能力はあるか」、「代替品の調達は可能であるか」、「生産・物流工程の潜在危険は十分に管理されているか」など、被害想定を基にサプライチェーンや調達先の評価を実施し、問題点があればその都度対応できるような体制作りが望まれる。

参考文献

「日本銀行 HP」(<http://www.boj.or.jp/statistics/index.htm/>)

執筆者紹介

鈴木 拓人 Takuto Suzuki

リスクエンジニアリング事業本部 リスクエンジニアリング部

主任コンサルタント

中小企業診断士

専門は、化学、火災全般

NKSJ リスクマネジメントについて

NKSJ リスクマネジメント株式会社は、株式会社損害保険ジャパンと日本興亜損害保険株式会社を中核会社とする NKSJ グループのリスクコンサルティング会社です。全社的リスクマネジメント（ERM）、事業継続（BCM・BCP）、火災・爆発事故、自然災害、CSR・環境、セキュリティ、製造物責任（PL）、労働災害、医療・介護安全および自動車事故防止などに関するコンサルティング・サービスを提供しています。詳しくは、NKSJ リスクマネジメントのウェブサイト（<http://www.nksj-rm.co.jp/>）をご覧ください。

本レポートに関するお問い合わせ先

NKSJ リスクマネジメント株式会社

リスクエンジニアリング事業本部 リスクエンジニアリング部

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-24-1 エステック情報ビル

TEL : 03-3349-4321 (直通)