

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2015年7月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の 安全談話室 (No.109) http://www.sce-net.jp/anzen.html</p>	<p>化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当:井内謙輔)</p>
--	--	--

今月のテーマ：退避すべき時を知ること

(PSB 翻訳担当：竹内 亮、井内謙輔、竹内 亮（纏め）)

司会： 今回のテーマは退避すべき時を知ること、初めの二件は適切に退避しなかったことによる悲劇を、そして三件目は適切な退避により人的被害を最小に抑えることが出来たケースを紹介しています。皆様のご意見を伺いたいと思います。

竹内： まず、最初の1995年 Napp Technologies 社での暴走反応の事例です。「従業員たちは建物から退避したが、後で数名の作業員がブレンダーを空にしようとして現場に戻った。」とありますが、実は、EPA/OSHA による事故報告書で調べたところ、副社長がブレンダーを空にするよう指示を出していました。この事例では、あたかも、作業員たちの判断で現場に戻ったような印象を与えていますが、上司の命令でやむを得ず現場に戻ったと思われそうです。

澁谷： 作業員の有志が自己判断で戻ったのではなく、工場のリーダーが職制で命令したのですね。異常が発生した時の退避のマニュアルを会社として明確にしておくことが重要ですね。

山岡： 竹内さんの「副社長の指示」の情報を聞いてびっくりです。たとえば、マニュアルに明確に記載されていたとしても、緊急事態なので、副社長の指示が優先するのが普通だと思いますが、その副社長は、現場の管理者だったのか、事故を起こした現場のことをどの程度知っていたのか、人の安全より設備の安全を優先していないか、など疑問を感じますし、結果から推測すると、指示を与える立場にいたのかどうかも疑問です。事故防止のための日頃の安全教育はどのようにしていたのでしょうか。

小林： 退避の問題は、難しい話ですね。何が正しかったのかは、結果論でしか判断できないのかもしれませんが。

退避のマニュアルを可能な限り、明確にすることは当然ですが、もともと、想定外の事象の結果でしょうから、細かく規定することはできないのだと思います。福島原発の事故を思い出しますが、ハイドロサルファイトナトリウムは GHS 分類や国連分類で自然発火性物質に分類されていて空気中の湿気でも反応するようです。粉体状のアルミニウムも反応性が高く、作業マニュアルや作業指示でどの程度物質の危険性を認識していたのでしょうか。他社から請け負った仕事のようなものですから、情報がきちんと伝わっていなかったのかもしれませんが。

山岡： 確かに、退避すべきか、どのタイミングで退避するか、難しい判断ですね。現場では、色々な異常事態を想定した緊急対応訓練を行っていると思いますが、その際に、想定する異常事態によって退避の問題を取り入れて検討や訓練を行うことも1つの方法だと思います。

竹内： 事故報告書からですが、この作業は他社から請け負った仕事でした。通常、1時間程度で終了するブレンド作業を、1日以上継続していました。異臭など異常な兆候もあつたにもかかわらず、ブレンダーを回し続けて暴走反応を引き起こしたものです。

渡辺： 委託の場合、レシピは委託する会社から支給されますが、どんなレシピだったのでしょうか。運転時注意事項、禁止事項、安全遵守事項が完璧に示されていたのでしょうか。最初の運転では委託元の人立ち会うのが一般的ですね。異常時の連絡対応ルートも決めておくべきです。

齋藤： この事例でブレンドしている物質はけっこう危なそうな物質ですね。ハイドロサルファイトナトリウムは GHS 分類や国連分類で自然発火性物質に分類されていて空気中の湿気でも反応するようです。粉体状のアルミニウムも反応性が高く、作業マニュアルや作業指示でどの程度物質の危険性を認識していたのでしょうか。他社から請け負った仕事のようなものですから、情報がきちんと伝わっていなかったのかもしれませんが。

小谷： Napp 社は、物質や装置に関する情報が不十分だったとして発注者(Technic)やブレンダーメーカー(Patterson-Kelly)を巻き込もうと NJ で訴訟を起しましたが、発注者からは GPA の MSDS をもらってお

り、また、ブレンダーメーカーからは使用に関する注意を受けていたので、思い通りにはならなかったようです。

情報は得られたものの、それを咀嚼して十分な安全対策を講ずることができていなかったように思います。

中村： 水の混入とありますが、何を入れたのでしょうか。水の配管はあったのでしょうか。

竹内： 水が入っていたかどうかは、はっきりは分からなかったようです。しかし、洗浄に水を使用していたこと、このタイプのブレンダーは水に反応する物質のブレンドには適さないとメーカーが取扱い説明書に記載していたことや、インターナルの冷却に水を使用していたこと、冷却ジャケットに水とグリコールの混合物を使用していたこと、など水の混入が疑われる事実が複数報告されています。

中村： 水漏れに注目して、運転準備そして運転から全員退避、現場復帰と爆発事故の時間経過に伴う現象の経過が分からなかったので、竹内さん、小谷さんのコメントを参考にして、文献調査をしてみました。ナップ社の関係者は、混合する物質と水との危険性は、認識しており、水漏れ検査/乾燥は何回もやったようです。ブレンダー設備については、完全に水漏れしないように補修等をしていなかったことが事故原因と思います。運転員の現場復帰の指図は、運転を始めて、約一日経った朝、現場運転員の退避を始め、すぐに関係者でブレンダー内に残された材料の取扱いを協議し、技術部の副社長が材料を直ちに廃棄する決断をしたことよりなされ、その約一時間後に爆発事故が起こったとのこと。

司会： 2つ目、Formosa社の事例については、いかがでしょうか。迂闊にも別の塩ビ反応器のバルブを開けてしまったという事例です。

三平： 1961年に自社のポリ塩化ビニル(PVC)プラントで同様の事故が起きて1人が亡くなりました。その概要は最近出版された「事例に学ぶ 化学プロセス安全～Beaconの教訓と事故防止の知恵」にも載っています。

竹内： 今回の事故のCSBレポートに類似事故が1961年に日本でもあったと記述されていますが、その事故だったのですね。

山岡： 今月号の記事では、避難のタイミングが主題ですが、この事故事例は2013年6月号にも掲載されていて、事故に至った経緯や原因について解説しています。そしてこの事例は上記書籍の72～74ページに取り上げられ、詳しい解析を行っています。併せて参考にするとよいと思います。

三平： PVCではバッチ式反応器を多数使い、原料仕込み、反応、残ガス回収、製品抜き出し、器内クリーニングのサイクルを繰り返します。生産量を平滑化するために、サイクルタイムを反応器台数で割った時間の間隔で反応をスタートして行きます。従ってある時刻の各反応器は、仕込み中、反応中、器内クリーニング中などバラバラの状態になり、反応器番号の間違えによる誤操作が起りやすくなります。

1961年の事故では製品抜き出しを行おうとした反応器の番号を間違え、隣の反応中の手動ボトム弁を開放してしまいました。製品スラリーと一緒に出て来るフィルム状異物がポンプ輸送に支障を来たすため、開放型濾過器へ流し出す形だったので、開けた後に近寄って弁を閉められずにモノマーが大量に噴出しました。ここが密閉系であったら、送り先のスラリー槽側の異変に気付いて弁を閉めることが出来たと思います。この時から40年以上経っているのに、米国で同様な事故が起きたのに驚きました。

竹内： クリーニング中と信じていた反応器の弁がインターロックにより開けなかったため、エアホースをつないで空気圧を無理やりかけて開けたとのこと。

牛山： インターロック弁を無理やり開けるといことは、日本では考えられませんが、このオペレーターは全く勘違いして反応器を間違えたことに気が付かなかったわけですから、インターロックを解除する際は大きな警報が鳴ったり、計器室から監視できるようにするなどの対策が必要だったのでしょうか。

竹内： また、スーパーバイザーは、反応器の部屋に大量の反応物質が放出されているのを確認していたのに退避の指示を出しませんでした。爆発が起きた時、スーパーバイザーはたまたま外階段から一階に降りようとしていたため、命拾いをしましたが、中に残っていた作業員たちが犠牲になりました。この会社は以前にも同様の事故を起こしていましたが、その時は爆発にはならなかったため、今回も引火

しないだろうという判断があったのかもしれませんが。

三平：1961年の事故後には、VCM仕込み及び製品抜き出しの弁と攪拌機電源盤に、鎖錠ロックシステムを取り入れ、間違えても錠が開かず操作が出来ないようにしました。1970年に反応器操作の完全自動化を行って、人による誤操作をなくしましたが、それまではこの鎖錠ロックが確実に働いて事故を起こしたことはありません。

今回掲載の事故が大勢の死傷者を出す大規模なものになったのは、反応器の建屋が風雨を避けるために囲われ、噴出したVCMを速やかに屋外へ拡散できるようになっていなかったためと言えます。1961年の事故後に当該反応器の建屋は側壁を取り払いました。その後建設したPVC設備も屋根と上部に少しの側壁(雨の吹き込み防止)を設ける形にしました。

PVCの生産では仕込み時の助剤投入、製品抜き出し後の器内水洗、器内クリーニングと現場作業が多く、冬場の作業を考慮して建屋を囲うところが多い(特に寒冷地では)と思いますが、漏洩事故に備えて開放型にすべきです。これはPVCに限らず多量の高圧ガスを抱え、かつ現場作業の多いプラントにも適用できます。

ちなみに連続操作式のポリオレフィンプラントでは、反応器建屋に屋根、側壁は一切ありません。

小林：私のところも吹きさらしでした。

牛山：塩ビモノマーを漏らすことは頻繁にあるのでしょうか。

三平：誤操作がからんでモノマータンクから1トン程度漏洩させ、溜りが出来ているのを見たことがあります。周辺に着火源がなく火災・爆発は起きませんでした。沸点が -13°C で冬場だったこともあって直ぐには蒸散せず、スチームで慎重に時間を掛けて飛ばしました。それ以外に漏洩の経験はありません。

竹内：事例の事故では、オーナーが途中で変わったことも事故への備えが不十分だった原因かも知れません。初めのオーナーのPHAが不十分だったことも事故原因の一つとして指摘されています。

三平：後に米国のPVCプラントを詳しく知る機会がありました。日本も同様でしたが、メーカーが多くて小規模で古いプラントが群立して、プラントの売却や会社の統合が頻繁に行われていました。技術力も弱く、後に日本のメーカーが進出して大規模プラントで大きなシェアを取りました。

牛山：退避の判断は、難しいですね。運転員は、トラブルに何とか対応しようとする気持ちを持っています。だから、つい退避時期を見逃してしまいます。

竹内：Formosa社では、事故が多発しています。2003年6月に別のプラントで、2004年4月に同じプラントで、また事例の事故の後2005年5月に別のプラントで、事故を起こしています。

渡辺：過去の事例を繰り返しているのですか。

竹内：そうです。事故を繰り返しても安全文化が構築されていないことが問題です。

三平：前述していますが、自動化により人の操作が入らないような仕組みにすることも大事です。

小林：この会社は、退避時期を知ること以前に、やるべきことが多数ある。設計上の改善、運転上の改善、教育、事故を起こさない設備にすることが、第一ではないでしょうか。

渡辺：事故があったら、それがどう進展していくのかの判断は長のみでは難しいので、班員を集めすぐに、経験、意見を聞き、最良の判断(運転停止とか退避など)をすることでしょうか。それには普段のコミュニケーションが重要です。また、事例にあるような、インターロック弁が開かないからと言って、勝手に空気配管をつなぎかえて無理やり開けたというのは、言語道断です。

澁谷：退避の基準、退避マニュアルは、あるのでしょうか。

三平：マニュアルはありませんでしたが、万一の時は風上方向へ避難することを申し合わせ、いくつかの場所も確認していました。やはりその時の指揮者が状況を把握して、退避指示をしっかりと出すことが肝要だと思います。

小林：私の場合は、塩ビのプラントでは無かったのですが、毒性ガスのプラント、シアン、ニトリル、COの場合は、ありました。

牛山：逃げる前の処置、プラントの危険性、最悪の避難訓練、火災時の処置等について、基準化、マニュアル化を行うとともに、普段から現場で話し合いを持ち、研ぎ澄まされた感性を磨いておくことが大切だと思います。

齋藤：現場からの退避という問題については、PSBでも何度も取り上げられています。最近では、「粘り抜

くのは一良いか悪いか？」(2014年7月号)、「この人たちはどういう人？」(2015年2月号)等で、切り口は違いますが、現場からの退避が大きなテーマです。繰返し取り上げられるということ自体が問題のむずかしさの証左であり、一般解はないということでしょう。特に、秒を争うような異常事態では、現場の班長クラス、場合によっては作業員本人の判断に任せる以外にありません。2005年5月に私の勤めていた会社の工場で大きな爆発火災事故が起きました。有機合成反応の反応釜で異常な暴走反応が起きたためですが、作業員のとっさの判断で退避し、建物や設備は大きな被害を受けましたが、人的被害は軽傷者数名で済みました。私は中国工場担当でしたので直接携わったわけではありませんが、牛山さんが言われたように、作業員の教育・訓練、合成反応の知識と運転経験、日常の職場のコミュニケーション等で培った安全性がギリギリの場面で効果を発揮したのだと思います。

司会： 日本では、大丈夫なはずの原発でも、事故が発生しました。

井内： 最近では、プロセス安全の観点から、防護層解析手法：LOPA (Layer of Protection Analysis) で、本質安全から計装・物理的防護を経て緊急時対応まで8つの防護層での設計が普及しつつあります。今後は、日本の既存のプラントについても、この体系的考え方を適用し、事故被害のリスクを低減していくことが重要と考えます。

司会： 多岐にわたるたくさんのご意見、ありがとうございました。

(キーワード)

退避、避難マニュアル、反応器、暴走反応、インターロック、安全文化、緊急時対応

【談話室メンバー】

井内謙輔、牛山 啓、加治久継、小谷卓也、小林浩之、齋藤興司、澁谷 徹、竹内 亮、中村喜久男、長安敏夫、日置 敬、三平忠宏、山岡龍介、山崎 博、渡辺紘一