

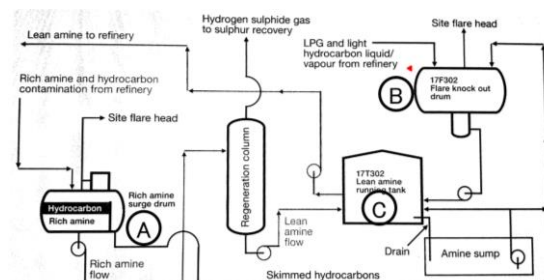
変更の影響が何年も後に出て来ることも

(PSB 翻訳担当: 竹内 亮)

司会 : 今月号は、2022年8月号で取り上げられたタンクの爆発事故と同じ事故に関する記事ですが、主題は変更管理に関するものです。最初にこの事故の内容を若干補足説明いただけませんか。

牛山 : この事故は、既に8月号談話室に記載されていますように、英国のシェブロン社(現 Valero Energy UK 社保有) Pembroke 製油所脱硫設備のアミン再生装置で、2011年6月に起こったタンク爆発事故です。この再生アミン循環タンク T302 は、メンテの終了した T303 と切り替え、メンテナンスを行なうため液抜きなどの準備をしている際でした。前回記載されていませんでしたが、事故の原因となった引火性液体がどのような経緯でタンク内に導入されたかが今回の Beacon に記載されています。結局のところ、吸収アミンに同伴してくる液状炭化水素が、フレアドラム経由ですべてアミン循環タンクに入って蓄積され、定期的にこの液状炭化水素をオペレータが抜き出していたようです。タンクにはアミン酸化防止のため、ブランケット用ディーゼル油の層が最初 330mm 入っていましたが、爆発時点でこの層は炭化水素を吸収して 530mm になっていたとのこと。このためタンク内の空間は爆発範囲に入っていた可能性があります。

金原 : この変更は 1998 年に実行されたとのこと。右図にある A の分離槽で分離した炭化水素を B のドラムで揮発分を蒸発させたあと、以前は廃棄システムで処理していたものをアミンの回収の為にタンク C に戻したとのこと。液々分離した炭化水素を液々平衡分で含まれる僅かと思われるアミンを回収する為に彼らのいう「クローズドシステム」と称するプロセスに変更したようですが、変更にあたり、安全面などの検討がなされなかったとのこと。さらに C のタンクは、炭化水素が入っているとの認識がなかった為に、防爆区域であったものを一般区域に変更して、火気作業に対する着火の危険性が配慮されなくなったようです。(図の著作権: 'Contains public sector information published by the Health and Safety Executive and licensed under the Open Government Licence'、一部改変)



司会 : それでは次に、今月号の記事について感想や意見がありましたらお願いします。

金原 : 英国で発生した事故とはいえ、事故発生時は米国系石油会社が管理していました。OSHA PSM が 1992 年に発行されていましたが、1998 年に英国の会社には展開されていなかったのでしょうか。一方で、上の図での B のドラムでは、他から来る気液混相の軽質炭化水素も受け入れております。またドラム A から来る炭化水素はヘキサンからオクタンが主成分であったとこととあり、ドラム B では蒸発せずに底部に残ったと考えられます。したがって、ドラムの下に溜まった液はアミンのみならず、多くの炭化水素があったと考えます。それをリサイクルするにあたり何の懸念も抱かずにリサイクルしたというのは変更管理以前の問題であると考えます。

竹内 : 今回の Beacon の趣旨は、小さな変更が何年も後になってから牙を剥くことがあるから注意が必要だということです。これは、2018年11月号に日本の事故事例として紹介した日本触媒でのアクリル酸タンクの爆発について解説した Beacon「小さな変更の積み重ねが爆発につながる」と通じるところがあります。Beacon に掲載するにあたって日本触媒さんから協力して頂き、日本発の最初の Beacon とすることが出来ました。

山岡 : 設備や運転を変更するに当たっては、変更に係わる安全性の評価をしっかりと行い、変更後に管理する項目を決めておかないと変更管理が適切にできないと思っています。逆に言うと、変更管理を適切に行っていない場合は、安全性評価も行われていないのではないかと疑われます。今月の記事を読んでそのような事例だと感じました。

司会 : 今月の主題は変更管理に関するのですが、特に今回のように変更からしばらく後になって問題となったよう

な、皆様のご経験や似たような事例がありましたらお話しください。

金原 : 蒸留塔の省エネルギー対策で、熱交換器を設置し廃熱を用いて供給液を加熱する改造を行いました。順調に省エネはできたのですが、スタートして2か月後にチューブ漏れが起きました。供給液は炭化水素ですが、塩酸を含んでいます。前工程で、NaOH で中和処理をしてあったのでノーマークでした。不思議に思って、ラボでその炭化水素を水で混合してみるとpH が強酸性を示しました。従来の中和処理は廃液のpH を 10 で管理していましたが、それでは不十分だったのです。そこで、NaOH を混合後の pH を変えて調査したところ、12 であれば十分という結果になり、条件変更しました。蒸留塔の留出液の組成などにも影響はないことを確認して最終プロセスとしました。後日談があり、従来蒸留塔の閉塞が度々起こっていたのが、これによりピタリとなくなりました。

竹内 : 先程の日本触媒での爆発事故ですが、アクリル酸は融点が 14℃と高いのでタンクへの供給配管は当初は温水によるジャケットが施されていましたが、このタンクへの供給配管はスチームジャケットになっていました。そのトラップの調子が悪かったので、取り外されてしまいました。このため、供給配管内の温度は当初の設計値よりも高くなっていました。事故当日、天板リサイクルをしなかったこともタンク内上部の温度上昇の原因ですが、温水ジャケットであったなら、またはトラップを外していなかったら事故になっていなかったかもしれません。

山本 : アクリル酸は私の会社でも扱っていましたが、25℃以上になると重合が始まりますので、温度管理を厳密にしておく必要があります。そのため 15℃から 25℃の間の温水で加熱する必要があり、スチームでの加熱は絶対に避けなければなりません。

金原 : その意味では、スチームジャケットで加温していたのは非常に問題でしたね。

山本 : 実際は重合禁止剤を入れていたのだらうと思いますが、それを過信してその管理も不十分だったのかもしれない。

竹内 : この事故の場合は 2 量化反応が起こることも分かっていたようですが、やはり温水ジャケットにしていたのを増設した箇所をスチームジャケットにしたのは失敗でしたね。

山本 : スチームジャケットの方が設備的には簡単ですからね。温水ジャケットは温度管理の設備が大変ですから。

竹内 : 変更管理は PSM の中で特に難しい領域だらうと思います。ある人から聞いた話しですが、ボールバルブのシール材の材質が変わっていたため、そこから洩れたという事故が起きたそうです。メーカーが勝手に材質を変更したそうで、変更したことを連絡が無かったため従来と同じものと思い、そのまま使用していたら漏洩が起こったということです。この例のように、知らない間に変更されていることもあるので、機材業者にも協力してもらって材質等の変更を必ず連絡してもらい、その変更管理を行うことも重要です。

牛山 : 設備ではないですが、ポリマーの原材料が知らぬ間に変わっていて製品品質が維持できなくなったというトラブルを経験しました。基本的には原材料等のスペックは取引条件で決められていますが、規定されていない微量の混入物質の量が製品品質に影響していた訳です。原材料供給メーカーが、その製法を変更したため、スペック指定以外の不純物の量が増えてしまい、それにより当方の製品品質が変わってしまったというものです。このトラブル以降、他のプロセスも含めて、原材料の製法変更についても必ず連絡を受けるようにしました。

金原 : 私がいた工場の製品が自社の他工場の原料として使用されていました。例えば私の工場で条件変更などによるコストダウンを行った場合で製品スペックの範囲に収まっていたとしても、影響を及ぼすかが分からないので、必ず 10~20t 規模のサンプル試験をすることにしていました。特に繊維は染めに対する影響が大きく出る場合があり、色合いが微妙に異なることもありますので、ステップを踏んで確認するということを厳しくやっていました。チェックせずに行った場合、半年後くらい後に末端に届き、色合いが異なるとクレームになる可能性があります。そうすると半年間の製品がすべて不良品になる訳です。原材料だけではなく、製品についてもきちんと変更の管理が必要です。

竹内 : SCE・Net の装置材料研究会の方から聞いた話しですが、SUS304 配管が老朽化して取り替えたところ、すぐに劣化して駄目になったそうです。調べてみると、以前は JIS 規定に必ず入るようにニッケルやクロムなどの成分が中央値に入るように設定されていたのが、最近は製造技術が進み、製造コスト削減のため、規格ギリギリの成分になっているため、その流体の耐食性に差が出たようです。スペックが同じなのに品質が違うというのは一体どうしたら良いのかとなりますね。

牛山 : 金属製品は製造技術が進んで、狭い範囲で成分コントロールができるようになったのでしょうか。このためニッケルなど高価な材料は極力減らすようにしているのだらうと思います。私も特殊鋼ですが似た経験があります。熱

交換器の純水配管でしたが破損したため、同じ規格の特殊鋼に交換してもすぐ破損してしまいました。成分はすべて規格のスペック内には入っているのですが、添加成分の Mo が最少量になったため、耐食性が落ちてしまったようです。結局は高価なハイニッケル鋼を使用せざるを得なくなりました。

金原： 学生時代の経験ですが、触媒を使用した反応実験で、ある時突然データが変わってしまい、おかしいと調べたところ、その反応の前後で触媒のロットが変わっていたことが分り、最初からデータの取り直しをせざるを得なくなりました。当時は未だ管理不足だったかもしれませんが、触媒一つでもしっかり見極め管理が必要で、実装置だったら大変なことになったであろうと実感しました。

司会： 変更管理ではハードの変更ばかりではなく、組織の変更、人の変更なども管理の対象になりますが、これについて皆様のご経験や事例などをご紹介頂けませんか。

金原： 今から 20-30 年ほど前、高度成長期に大量に採用した世代が退社し、新卒を一挙に受け入れた時代がありました。2 度に渡るオイルショックなどの影響により、新規採用を抑えた年数が長く続きました。そのために新規採用を再開したのが 15 年振りとなったのです。丁度私の課長 2 年目から始まりました。初期は毎年各課 4 人ずつ配属させ、育成し、ベテラン層を退社させる時期が数年続きました。全社の方針により 1 年間で育成し、毎年 3 月にベテラン層に 4 人ずつ退いていただくことになっていました。その為に短期育成プログラムを作成し、進捗度管理も定量的に行いました。新旧とも皆さんが頑張っていたいたおかげで、何とか 1 年で定常時の運転室操作ができるレベルまで引き上げてくれ、世代交代ができました。世代交代が原因でトラブルが起きたという経験はなく、思ったよりはスムーズに世代交代ができたと考えます。

三平： 私も要員交代での教育について紹介します。入社して PVC プラントに従事した時に、VC モノマーはカーバイト・アセチレンからの製造でしたが、石油化学の急速な展開で直ぐにエチレンからのモノマーに替わりました。1970 年に PVC の新プラントの建設・運転に関わり、オペレータの大半は停止した九州のカーバイト・アセチレン工場からの配置転換で充てることになりました。学歴、労組の分裂、強い地方訛りなどの影響で当初はコミュニケーションに大変苦労しました。日勤フォアマンから後に係長を務めましたが、プラント建設でサブリーダーを務めて設備や運転面をよく知っていたので、それらの教育や管理面で配転者とコンタクトする際にきめ細かく対応することで、比較的短期間で組織がスムーズに動くようになりました。

牛山： きちんと管理したためにうまくできたのでしょうか。

金原： やはり計画的に実施し、ベテラン層が後輩を育てると言う気持ちが大きかったのでしょう。

竹内： テキサスシティの BP 社での事故は有名ですが、設備が買収された時に大胆な人員削減を行っていて、一人のオペレータが 3 つのユニットを同時に監視させられていたこと、そのオペレータが長期間労働をしていたこと、プロセスの知識のある管理者が早退してオペレータが一人で対応させられていたこと、などが人の変更に関わる問題として指摘されています。会社の規定では良く解っている責任者が必ず現場にいることとなっていたようですが、早退した管理者は 1 時間遅刻して状況を把握していなかった問題もあるようです。蒸留塔底部の液面計が DP セル型で温度が上がると比重が下がり、見かけ上液面が下がったように見えたために液面上昇に気付かず液の送入を続け、最終的に隣のブローダウンドラムから高温の炭化水素液がオーバーフローして蒸気雲爆発した事故でした。いずれにしても人の管理をキチンとしていれば起こらなかった事故かもしれません。

牛山： 1998 年 9 月に発生した、オーストラリアヴィクトリア州のガス会社における熱交換器の爆発事故は、脆性破壊によるものですが、事故の遠因として、技術者を本社に転勤させ後任を配置しなかったためとも言われています。コスト削減のため、現場技術者の削減を図ることはよくあることですが、これも変更管理の対象として安全性を良く検討することが重要です。

司会： 今回の Beacon ではすべての変更を管理することと記載されていますが、小さな変更など変更管理審査をしなくても良い場合がありますが、その点のご経験等がありましたらお話をお願いします。

金原： 改善提案や安全提案などで、バルブの向きを変更する程度のもは良いのですが、小さいとはいえ新たなラインを設けて作業性を改善するなどという提案は、注意しなければならないです。採用にあたって各組の主任の見解を聞き、掛長と課長が良く考えた上で採用可否を決定する必要があります。改善提案などは工場間や工場内部署間で件数を競わさせたり、レベルを競わさせることがあり、例えば強調月間などで大量に出てくるとチェックが

おろそかになり、見逃す危険性があるので注意が必要です。

牛山 : 注意すべきものは変更管理の対象になるのですか。

金原 : いや、バルブの向き変更などは対象外ですが、ライン新設など他に影響が出そうなものは管理対象としています。ただ、当時は管理システムが整備されていませんでしたので、管理監督者の裁量でどうするか決めるものも多かったですね。

竹内 : 小さな変更でも変更管理の俎上に載せる必要はあります。RIK(replacement in kind)と呼ばれる設計通りの置き換え以外の変更なのですが、何が変更なのかを理解していないと見逃されることになります。関係者全員が変更とは何かを理解している必要があります。勿論、変更管理の俎上に載せた上で、そのまま変更が認められることは少なくありませんが、当事者が勝手に判断して変更することは認められません。ある会社で「改善提案の数が多すぎるので、実証済みの改善しか認めない」という話を聞いたことがあります。その場合も、提案が改悪でないかを事前に確認しなければなりません。1999年の東海村の臨界事故なども当事者は改善のつもりが、実際は放射性物質をバケツで運ぶ危険を犯したわけで、やはり事前の安全審査を含む変更管理が必要でした。

金原 : 私のいた会社では改善提案を提案賞と採用賞に分けていました。提案賞は実際には実施せず、採用賞は管理監督者がチェックした上で実行するものです。ランク分けをし、その重要度に応じて報奨金も変わります。東海村の事故も、もし改善提案制度があればそれに従って管理者がチェックでき、事故を防げたのではと思います。

今出 : PSMでは軽微な変更は“Subtle Change”と称していますが、実際何が軽微なのかは難しいですが、少なくともプロセスにかかる配管変更や、手順の変更などは軽微な変更とはいえません。変更はすべて変更届を出し、軽微な変更は手続きが簡単になるようになっていました。

牛山 : 小さな変更かどうかは誰が決定するのでしょうか。事前にこういうものは小さな変更であると決めているのですか。

今出 : そういうものも2, 3あったと思います。例えば配管パッキンやモーターを同じ仕様でメーカーを変更する場合には軽微としていたと思います。プロセス技術や機器仕様に関わる変更は軽微ではないのですが、軽微かどうか判断が難しい場合には、PSMの関係者で検討して決めていました。

竹内 : プロセス技術に関する変更はすべて変更管理が必要ですね。

山岡 : 高圧ガス保安法では軽微な変更という規定がありますが、私の会社のエチレンプラントでは変更はすべて変更管理することになっていました。

牛山 : 消防法でも、危険物にかかる機器や配管を変更する場合はすべて変更として申請することになっていましたね。

竹内 : 工事関係で、最初に決めていた方法を変更するということもありますが、作業員が相談なしにやられると困ることもあります。重量のある設備を高所に設置するとき、当初の計画ではうまくできず、その場の思いつきで変更しようとしていたのを危険と判断し、中止させたことがありました。設備の変更だけでなく施工方法の変更も管理の対象になります。

上田 : 最近データ解析していると、サプライヤー側の変更で、ユーザー側にトラブルが起こったり、プロセスの変更が必要になったという事例が出てきますが、そのようなご経験がありますか。

金原 : 先ほども事例で紹介しましたが、過去にはそのようなケースがありましたので、実際にそうならないように、サプライヤー側の変更は事前に連絡してトラブルが発生しないようにしています。黙って変更されるとユーザー側は非常に困りますね。

木村 : 先日高圧ガス事故調査委員会がありました。小さな事業所では変更管理というシステムがない会社が多いことが分かりました。ガス容器を変更したところ、異なるものが納入され、それをチェックするシステムがないため間違ったものを使用し、事故になったという事例がありました。また、小さな変更管理ということでは、2017年に起こった和歌山のタンク事故ですが、使用していた油の成分が少しずつ変わり、硫黄分が増えていったため腐食が起こったようですが、変更管理をしっかり行っているのか質問しても、変更管理について事故報告には記載されず、実際に変更管理が認識されているか疑問に思いました。

司会 : その他変更管理に関して今までお話頂いていない点がありましたらご紹介ください。

金原 : 「あなたにできること」の中に「図面や手順書に変更の記載漏れがないか」とありますが、これは大切です。例えば

EFDなどは、年に一度の定期修理が終わった後に全面的に見直し、修正漏れがないかチェックするシステムを作りました。手順書のうち重要工程については、シフト各組に割り当てし、何年に一度かは必ず見直すようにしていました。

牛山 : 少し古いのですが、2001年にCSBからMOCに関するSafety Bulletinが発行され(No.2001-04-SB)、2件の事故の紹介とともにそのSummaryにMOCに関するポイントが示されていますので、参考になるとと思います。詳細はURL(<https://www.csb.gov/assets/1/20/moc082801.pdf?13886>)を参照下さい。

山岡 : 変更管理でもう1つ考えたいのは、緊急を要する場合に一時的に変更するケースです。このケースで変更管理を適切に行なわなかったために事故になった例が多数あります。事例としてよく出てくるのは英国フリックスポローのシクロヘキサン酸化設備の爆発事故で、私も変更管理教育の題材に使っていました。一時的な変更に対して適切な変更管理をしなかったために変更した部分が3年後に破損して大事故になった例が上記フリックスポローの事例も含めて、我われ安全研究会編「事例に学ぶ化学プロセス安全」20~22ページに亘って「一時的変更でも適切に管理せよ」と題して詳細に紹介、解説されています。復習も兼ねて一読する価値があると思います。

司会 : 今回のタンクの場所は危険場所に設定されていないなど管理上の問題も出ています。この点も含め、今まで触れられていない点でもありましたら、お話しください。

金原 : 防爆水準の引き下げというのは経験ありませんが、引き上げは経験があります。製造部長の時に「水素を扱う設備でも、屋外で風通しの良い場所は防爆レベルを下げる」という規則に気づいたので「とんでもない。いくら風通しが良いところでも滞留部があって水素が溜まったら目に見えないので大変危険だぞ」ということで防爆レベルを最高水準に上げさせたことがあります。

三平 : 以前他のテーマで話したことがあります。PVCプラントのスラリータンクの上部空間には、スラリー中のポリマー粒子内に吸着・随伴して来たVCモノマーが放出され、低濃度で滞留しています。古いプラントではスラリータンクを危険場所指定の重合設備内に設置していましたが、新プラントでは遠心分離器のある乾燥設備内に設置し、そこは危険場所に指定していませんでした。モノマーの滞留はタンクの設置後に判明し、低濃度だったことから当初は規制していませんでしたが、後にタンク本体への直火使用の際は水張りによる含モノマー気相の放出を必ず行うことにマニュアルで決めました。今回のケースでは当該危険場所をしっかりと規制して守らせるのが大事だと思います。

金原 : この事例にある事故発生後に調査したところ、タンクに残っていた液の引火点は-1℃や4℃という物があったとのこと。ほぼトルエン並みのレベルです。どれくらいの期間、このような液体が存在していたのかは分かりませんが、その間に事故が起きなかったことが不思議だと思います。いかに杜撰な管理の例であるとはいえ、化学工場では危険な状態が存在するという教訓があるように思います。最大限の配慮をして、プロセス事故を起こさないように努める必要があると思いました。

竹内 : オペレータの何人かは炭化水素液存在の危険性を認識していたようですが、管理すべき監督者側にその認識がなかったことが大きな問題だと思います。

頼 : 私も同様な経験がありますが、一部の人が知っていたという事は技術の伝承と教育にも問題があったと思います。全社でプロセス情報管理システムを構築し、設計情報・運転情報の伝承・共有(教育)不足による蝸壺現象を避ける必要も有ったと思います。

司会 : 今日は、よく出てくる変更管理が主題でしたが、皆様のご経験から、貴重なご意見や知見を頂きありがとうございました。

キーワード: 変更管理(MOC)、脱硫設備、アミン再生装置、爆発事故、防爆レベル、軽質炭化水素、人員削減、PSM、RIK(replacement in kind)、軽微な変更(Subtle Change)、

【談話室メンバー】

今出善久、上田 健夫、牛山 啓、金原 聖、木村雄二、塩谷 寛、澁谷 徹、竹内 亮、永嶋良一、春山 豊、林 和弘、松井悦郎、三平忠宏、山岡龍介、山本一己、頼昭一郎、