

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2017年4月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の 安全談話室 (No.130) 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:三平忠宏)</p>
--	--	--

今月のテーマ: その容器は本当に空ですか

(PSB 翻訳担当: 長安敏夫、三平忠宏、竹内亮、小谷卓也(纏め))

司会: 今月号の記事では、高温の油をプラントへ導入した際に抜き忘れのドレン水が容器内に残留していたため、高圧水蒸気が急激に発生して容器を破裂させ、放出された油への着火で起きた爆発事故を取り上げています。

思いもかけない水蒸気爆発に起因する内容ですが、まずこの記事を読んだ感想や意見をお聞かせください。

山岡: この装置全体のフローがよくわからないので最初に確認したいのですが、水蒸気が急激に発生した容器(F7)はどの部分で、どのように起こったのでしょうか。

井内: フローを SCE・Net の石油精製出身の方に聞きました。容器(F7)は、流動接触分解装置(FCC)の反応器トップから流出される分解生成物を分離・精製するメインの蒸留塔のボトム液から、同伴してきた触媒を分離する分離槽の可能性が大きいとのことでした。FCC ではよくある事故とのことでした。

渡辺: 本来は、その容器から水を排出した後にボトム液(熱油)をフィードしなければならないのに、それをやっていなかったのでしょうか。既にスタートをしていてドレン水が残っていたところに熱油が来たので、このようなことが起きてしまったと思います。

三平: 水は元々系内の水蒸気置換を行ったものが、自然冷却で凝縮してこの容器に溜まったのです。その水の上に熱油が供給されたために、急激な水蒸気の発生と昇圧による爆発が起きたのです。

長安: 水が残っていたら水蒸気爆発が起きて大変危険であるという認識があったかどうか疑問に思います。しっかりと危険予知があれば、単なるポンプによるタンクの水抜き実施だけではなく、水抜き弁の確認や配管も含めた残留水有無のチェックもされたと思います。

三平: この容器は水蒸気爆発で破裂したのですが、安全弁やラプチャーディスクのような有効な安全装置は付いていなかったのでしょうか。

澤: 付いていたはずですが、設計が水蒸気爆発のような大きな排出量より小さかったのではないのでしょうか。例えばポンプで移送していればその容量で設計しますから。

竹内: この製油所の日産 5 万バレルの能力はかなり大きいので、1991 年に米国で起きた事故をネット上で調査しました。米国、ルイジアナ州 Lake Charles にある CITGO 社のリファイナリーでの事故の様です。1991年3月3日、日曜日の夜11時頃の事故で、当初の報道では死者3名とされ、その中にチーフ・オペレータが含まれていました。また、8月25日付の報道には、死者6名を出した事故に関する安全義務違反の問題解決のために CITGO 社は 580 万ドルを支払うことに同意したとありました。

司会: 高温物質の水への混入や接触による水蒸気爆発の事例は多いと聞きますが、ご自身での経験や身近な見聞があればお聞かせください。また日本で起きた水蒸気爆発事故の典型的な事例があれば、参考に出していただくようにお願いします。

牛山: 鉄鋼関係では高炉のノロ(スラグ)を取り出す場所があって、抜き出したものに水をかけて急冷し、セメント原料となる水砕を製造するのですが、中に時々溶銑が混ざっていることがあり、水蒸気爆発を引き起こすことが時々あります。私自身が経験したのは、バッチ蒸留で釜残の重質油を抜き出した時に起きた水蒸気爆発です。釜残抜き出し後配管をスチームパージしていたのですが、それが冷えて油の比重が 1 以上のためタンクの液面にドレンが残っていたのに気付かず、高温の釜残液をタンクに入れたため起こったものです。その後配管を加熱保温し、スチームパージを止め、以後は事故が起こらなくなりました。

渡辺: 水蒸気爆発を起こした時の抜き出した釜残液の温度はどのくらいだったのでしょうか。

牛山: 常圧蒸留でしたので 200°C以上でした。

渡辺: 投入するものの温度がその位であれば、水蒸気爆発が起きる可能性があるのですね。

山岡：1985年に鹿島コンビナートの脱硫脱酸素剤の製造工場の水蒸気爆発が起きています。1300℃の溶融マンガンが流出して水と接触して爆発が起こったということです。

山本：プラント設備での水蒸気爆発は経験がありませんが、自然災害として、2014年9月に発生した御嶽山の噴火は水蒸気爆発によるものだと分析されています。地下にあった熱水溜まりが何らかの原因で過熱し、急激な膨張の結果、突沸して噴石とともに噴出しました。山頂付近での噴石の速度は300m/sと推定されており、たくさんの登山者が噴石により犠牲になりました。

司会：耐圧不足容器への高圧流体の流入(誤操作などによる)のように、水蒸気爆発以外の破裂事故や安全装置(ラプチャーディスクや安全弁)の作動の経験や見聞がありましたらお聞かせください。

井内：1999年に鹿島コンビナートの化学工場、スチームコンデンセート系の配管が破裂して工事業者が1人死亡するという事故がありました。低圧スチーム配管が漏れていたため下流弁を締めて補修しようとしたところ、上流に接続している超高圧のスチームコンデンセートのブローダウン弁を閉止しなかったため、低圧配管に超高圧の圧力がかかり破裂したのです。このような高温・高圧の蒸気ラインでの作業は大きな危険を伴いますので、作業前に十分チェックし、安全対策を講じることが重要です。

竹内：弁の閉め忘れか、誤って開けてしまったかは分かりませんが、そのケースは開いてはならない弁だったということですね。そのような弁は工事管理でロックタグ(鍵掛と操作禁止札表示)の対象とすべきものです。事例のケースもそうですが、その様なルールがしっかりとしていなかったのは問題ですね。

飯濱：ドレン弁は、運転中は原則として開けてはならない、一方メンテナンス中には閉めてはならないと言うように、操業状況により基本の開閉状態が異なります。私共の会社では、運転状態では閉止固定とし、メンテナンス状態では開放固定として、両方の場合ともロックタグすることを基本ルールとしていました。

澤：この事故ではプロセス中の空気を通気置換するのにスチームが使われていますが、これは一般的なやり方でしょうか。

山岡：高圧ガスプラントの置換では通常窒素が使われています。逆に、機器を開放する時は先ず機器内のプロセスガスを窒素で置換して、その後空気で置換するのが普通のやり方です。

井内：ただ、BTXのようなオイルがある場合は、真空防止のための窒素を投入しつつ、スチームでオイル分を吹き上げて、その後に空気置換をします。この時のスチームは外には出さず、すべて凝縮させてドレンとして取り出します。置換終了時には窒素、空気中のハイドロカーボンの量を分析でチェックします。密閉スチームパーージと呼んでいました。

渡辺：機器にスチームを直接入れることはやったことがないです。水を張ってそこにスチームを入れ、発生蒸気で気相部のガスを追い出すやり方をしていました。配管については、閉塞があった場合などは直接スチームを入れパーージすることもありました。

竹内：系内の空気をスチームで置換した後、自然冷却でドレンが生じるとともに系内は負圧になるのではないのでしょうか。ドレン弁を開けて排出する際に負圧になっているためにドレンがまともに出ないことも考えられます。そういうことも気をつけなければならないと思います。

司会：今回の事例では、スタートアップに先立って行われたプロセスの置換作業でのドレンの抜き忘れがキーポイントになっています。このようなスタート前の小さなことの確認不足で起きた事故・トラブルの経験や見聞がありましたらお聞かせください。

井内：スタートアップの時に配管の仕切り板を抜き忘れてスタートし、またシャットダウンからやり直したという事例がよくありました。またパッキンを抜くのを忘れたこともあります。本来定常運転で使わない耐圧のないゴムパッキンを定修で一時的に入れた後、それを抜き忘れたのです。パッキンや仕切り板の管理は、リストに基づいて脱着を完璧に行うことが大切です。

牛山：設備のスタートアップの際、高圧スチームライン末端の盲フランジガスケットが仮の低圧用であるのに気付かず、高圧スチームの通気を開始したため、仮ガスケットが破れスチームを噴出したことがあります。

山本：今回の事故はドレンの抜き忘れが原因の事故ですが、多品種の化学製品を製造するバッチプラントでは製造品種を切り換える時、頻繁にドレン弁を開けて、プラント内に残った製品や洗浄溶剤を日常作業で抜き取ります。この場合は、ドレン弁の閉め忘れが漏えい事故などを引き起こします。頻繁に使用するドレン弁には、ドレン弁

が閉まっていないと次の工程がスタートできないようなインターロックや、ドレン弁がなくせるような配管設計などの工夫が必要だと思います。

井内: スタートアップではなくエマージェンシーシャットダウンでも弁の閉め忘れによる大きな事故がありました。エチレンプラントのアセチレンコンバーターの水素弁を閉め忘れたために、そこでの反応が進んで再スタート時にその反応塔で爆発が起きました。このような緊急停止の時は、反応に関わる弁をすべて閉止しなければなりません。

渋谷: 夜間の稼働を一時中止しているとき、空気コンプレッサーのドレン抜きが不十分のために、厳冬の時期に残留ドレンが氷結して機器の破損が起きました。ドレン弁は開放されていましたが、錆などが詰まっていたドレンが抜けていなかったためでした。水が抜けているかしっかり確認することが重要です。

司会: 定修後のプラントの再スタートに際して、準備段階でのトラブル・事故を防止するために実際にどのようなことをしていましたか。保全部門から運転部門への引き継ぎ、運転部門内での確認などで特記することがあればお聞かせください。

渡辺: 定修後の立ち上げの確認では、二人一組でラインチェックをしていました。一人が現物を見て確認し、他の一人がチェック図面、リストに記録を取っていました。定修後は後で反省会をもってチェックのやり方がよいか、また、結果に基づきチェック箇所が適正であったかの見直しを行っていました。見直したものは次回の定修に生かすということになります。

井内: ラインチェックは当然徹底してやりますが、それでも仕切り板の抜き忘れなどが起きました。スタートアップでは必ず漏れが起きるので、ガス検を持った人を動員してチェックを充分行っていました。常温でしっかりしていても温度をかけると漏れが起きるので、ガス検査班と増し締め班で分担して処理していました。工事等で触っていないところが漏れることもあり、細心の注意が必要です。

山岡: 定修後の立ち上げの際に注意したことの1つは、高圧下で昇温する時のフランジからのガス漏れでした。増し締めを行います、漏れの程度にもよりますが一度降圧して締めることにしていました。

渡辺: 圧力を下げてからの増し締め作業は法的に規定されていますか。

山岡: 法規上の規定は無いと思いますが、高圧ガス保安協会編「高圧ガス保安技術(中級)」の高圧ガス設備の漏えい防止、及び緊急措置の項で、「高圧下での増し締めは、ボルトの締め付け力が不均一になったり、許容応力を超える締め付けによりガスケットを損傷させ、かえって漏えいが拡大する危険があるので、大気圧まで減圧してガスケット・フランジ面を点検のうえ締め付け直す」とあり、これを参考にしたいと思います。

長安: 経験では圧力を下げてから増し締めの方が漏れは止まりやすいと思います。

渡辺: 反応装置でアンモニアを冷媒に使っていました。使用のアンモニアコンプレッサーは潤滑オイルを使用するので、停止時は反応器の冷却ジャケットに残ったアンモニアには、同伴した潤滑オイルが底に溜まります。このオイルを抜く時に、アンモニアも一緒に同伴して来てドレンバルブが氷結を起こすことがあり、バルブを締めることが難しいこともありました。凍傷にかかる危ない作業でもあり、また、内容物のアンモニアが外に流出しかねませんので、作業前に十分な予知と対応を十分行う必要があります。

司会: 水蒸気爆発に起因する製油所の事故を解析して、多くのコメントをいただきました。水蒸気爆発や配管の破裂の実例を聞き、また定修後の再稼働で注意すべき事項について多くの発言があり、現場作業の安全管理に大いに役立つ内容になりました。長時間のご討議をありがとうございました。

(キーワード) 水蒸気爆発、ドレン水、ドレン抜き弁、ドレンの氷結、容器の破裂、再稼働前の確認、ガス置換方法、スチーム置換と負圧発生、ラインチェック、加圧下の増し締め

【談話室メンバー】

飯濱 慶、井内謙輔、牛山啓、小谷卓也、齋藤興司、澤 寛、渋谷徹、竹内亮、中村喜久男、長安敏夫、松井悦郎、三平忠宏、山岡龍介、山本一己、渡辺紘一

以上