

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2016年4月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の 安全談話室 (No.118) 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: 齋藤興司)</p>
--	--	---

今月のテーマ: 詰まったフレームアレスターは爆発を引き起こす?

(PSB 翻訳担当: 澁谷 徹、齋藤興司、竹内 亮、小谷卓也(纏め))

司会: 今月の PSB は、重要な安全装置であるフレームアレスターが詰まったことが原因で引き起こされた海上プラットフォーム上の石油タンクの爆発を扱っています。この PSB の記事でも事象の概要はわかりますが、竹内さんが米国内務省海洋エネルギー管理局の事故調査報告書の「調査所見」の部分を和訳して皆さんに送ってくれました。その内容を踏まえてこの事故について補足していただけますか。

竹内: この「調査所見」は事故前のプラットフォーム上での作業と作業員の行動を時間経過に沿って記述しています。改造工事か何かで、スキッド上のセパレータを移設しようとしていたのですが、当初の計画ではうまく行かず、スキッドを引っ張る引っ掛け金具を別の場所に溶接していた時に発生した事故でした。計画変更時に安全確認のミーティングをして、ガス検知器で可燃性ガスの漏れをチェックし、火の粉が落ちそうな場所に水を撒いていますが、対策としては不十分でした。爆発の規模は小さく、作業員が小さなゴロゴロ音を聞いて、周辺を調べ始めたら、もっと大きなポンポンという音がして油まみれになったとされています。火炎の気配はなく、タンクエリアに水を噴霧したら、煙は速やかに消えたとのことでした。

事故の原因については事故を起こした石油会社のコンサルタントの事故後の調査結果は PSB の説明とほぼ同じです。フレームアレスターは腐食による堆積物で詰まっていて空気の通りが阻害されていたこと、タンクの液のサンプリングハッチのタンクへの取付けフランジのガスケットが劣化してガス漏れが生じていたこと、です。このサンプリングハッチから漏れていた可燃性ガスが火気使用工事の溶断スラグか燃焼物に触れて着火し、タンクの空間部での爆発に至ったと結論しました。ただ、残念ながら爆発の予兆と思われるゴロゴロ音やポンポンという音については触れられていません。

司会: PSB とこれらの補足情報を読んでのみなさんの感想やご意見をお聞かせください。

山岡: 今月号の記事の内容は補足情報を入れても、自分には理解できないことが多いです。フレームアレスターは逆火防止設備なのに、なぜタンクの配管に設置したか、フレア配管ブームの端に取り付けられているとあるが写真では見えない、タンクの配管の先端がなぜフレア配管の燃焼部分に近接した位置にあるか、この爆発の原因が、フレームアレスターが詰まったためサンプル採取用ハッチから漏れ出たガスに引火したとされているが、詰まっていなくてもガスはハッチから漏れ出るのではないか、など。

また、フレームアレスターがプラントにとって重要な安全設備だとは思いますが、日本ではあまり話題になりません。法規制の面で何かあるのでしょうか。

牛山: 消防法ではこの種の設備は「通気管」と呼んでいます。その「危険物の規制に関する政令」第 11 条の「屋外タンク貯蔵所の基準」で、圧力タンク以外のタンクは通気管を設ける事、と定められています。この通気管の技術上の基準について、先端に金アミをとりつけたフレームアレスター、アトモスバルブ(=ブリーザー弁)とフレームアレスターを一体化した通気管が例示されています。しかし 15 年くらい前から環境省が主導して進めてきた、揮発性有機化合物の大気放出量の削減、いわゆる VOC 規制の要請をうけて、各種の回収プロセスと組合せて運転することが多くなっているようです。

渡辺: 私のいた工場では、プロセス内の引火性液体の貯槽のほとんどは窒素ガスでシールして空気の混入を防いでいました。化学工場の多くは貯槽の圧力の変動は窒素ガスを用いたブリーザー弁で調整していると思います。ブリーザー弁と窒素ガスの配管サイズはタンクが減圧で凹まない能力を持つように設計しました。

中村: プラントを設計してきた立場の記憶からすると、フレームアレスターとブリーザー弁を接続して国内・海外で目立ちませんが使われていると思います。

山岡: 窒素のような不活性ガスでタンクをシールしていればこの PSB のような事故も起きなかったと思いますが、PSB にも事故調査報告にもそういう見方はないようですね。

- 澤： 石油プラットフォーム上のプラントということもあると思います。窒素の入手とか経費の問題が陸上のプラントよりも不利に働いているかもしれません。
- 齋藤： 私の管理してきたプラントでは、可燃性溶剤が多かったこともあります。タンクのほとんどは窒素ガスを用いたブリーザー弁を使っており、タンク内には空気は絶対入れない、と指導してきました。今回の PSB のように引火点の高い油だから空気が入っても良い、という設計思想には違和感を覚えます。日本の化学会社の多くはそのように作業員を教育してきたのではないのでしょうか
- 澤： 可燃性液体のタンクだからすべて窒素パッド(シール)が必要ということではないと思います。物質により、また温度によりその蒸気圧は変わりますが、タンクの空間部が爆発範囲に入る可能性の低い液体であれば窒素パッドは必要ないはず。危険物のタンクだからといってなんでも窒素パッドという考えはおかしいと思います。皆さんの工場ではどういう基準で選択していたのでしょうか。理屈から言えば、通常の条件であれば危険物の第二石油類は蒸気圧と爆発範囲の関係からみて引火しないわけで、窒素パッドは必要ないと思います。
- 三平： 今は VOC 規制の関係で危険物の一石のような低沸点有機物のタンク気相部からの回収を強化せざるを得ない状況になっています。液の受け入れ時に押し出されるタンク気相部のガスは、ブリーザー弁を介してチラーユニットの熱交で凝縮分を回収した後に放出します。直接放出で臭気が問題になる物質では、フレアスタックへ導いて焼却して放出するようにしています。船積みのようにタンクから短時間に大容量を移送する際には、ブリーザー弁の故障によるタンクの負圧破壊が懸念されます。窒素ガスシールのタンクには、PIA を付けて負圧になったら別系統の緊急用窒素が入るようにしています。
- 二石以上の引火点の高いものは昔からのフレームアレスターが使われています。負圧対策にはタンクの気相部に水封装置を設けていて、フレームアレスターが閉塞したときは水封が破れてタンク内に空気を入れるようにしています。ブリーザー弁と緊急用窒素補給のタンクでも、万が一に備えて水封装置を設けています。
- 司会： この PSB の事故については文面からは良くわからない点もありますが、ご意見をお聞かせください。
- 山岡： この PSB の事故例は、火災の気配はなく爆発となっていますね。工事の火の粉がハッチから入ったのでしょうか。
- 竹内： 石油会社のコンサルタント会社による調査では爆発の正確な原因は特定できていませんが、貯蔵タンクのボトムとシェルの溶接部が割れたとされていますので、高い内圧が発生したと推測されます。外部からは火は見えなかったけれど、状況から判断すると爆発が起きたと見るのが妥当、ということではないのでしょうか。
- 井内： 石油タンクにはフレームアレスターが設置してあり、本来、タンクの内圧変化に伴う外気の吸排気はこのフレームアレスターを通して行われるよう設計されていました。そのフレームアレスターが腐食による堆積物で詰まってしまいましたが、油のサンプリング用ハッチのタンク本体への取付けフランジのガスケットが劣化してそこからガス漏れが起きており、外気との吸排気は主にこの劣化部分を通して行われていたと考えられます。もしガスケットが健全だったら油の払い出し時にタンクを凹ませていたかもしれません。
- 長安： サンプリングハッチのフランジガスケットの劣化部分から微量のガス漏れがあり、その洩れたガスに着火してその火炎がタンクの内部に伝播して行ったということですが、ガスケットの劣化部にそんな隙間があったとは思えませんがどうなのでしょう。火炎が通り抜けるにはある程度の隙間が要るはずですが、フレームアレスターの金網の目開きよりも大きく開いていたということですかね。
- 山岡： 火気使用工事の火の管理が良ければ爆発は起きなかったと思いますが、火気工事で周辺の養生をしていないように見受けられます。私の経験では、どうしても火を使わなければいけない場合には火気の近くの設備内に可燃性物質があれば、それを他の設備に移してカラにするとか、防火のための養生など厳重に対策をとって行います。安全意識が欠けていたのでしょうか。
- 渡辺： 作業前のミーティングもちゃんとやっており、可燃性ガス検知を行い、水用のホースを持った監視員をおいているとのことですから、意識が欠けていたとは思えませんね。
- 竹内： 公開されている報告書では、氏名が隠されているので正確には分かりませんが、この作業は建設作業員のみで実施され、製造の関係者は入っていなかった様です。そうであれば、作業の当事者はプロセスの内容も規制する法律も知らなかったと思います。
- 澁谷： プラント内の火気使用工事ですから日本では必ず製造課が加わります。なにかあったら製造の責任ですか

ら。

澤：その点は米国でも同じです。メンテナンスの作業環境を整えるのは製造部門の責任です。この PSB のケーでは通常の工場のプラントほど製造が関与していたようには見えませんが、陸上の工場と海上のプラットフォームとの違いもあるのかもしれない。

渡辺：フレームアレスターもそうですが、安全弁や破裂板の吹き出し口は鳥が巣を作ったり腐食して堆積物が溜まりやすいものなので、出口部分の点検は欠かせません。今回のように、点検の困難な場所に設置するのであれば、材質を SUS にするとか設計上なんらかの配慮が必要だったのではないかと思います。

牛山：原油にはイオウが含まれていますから硫化物による腐食が考えられます。私も化学品の工場にいた時でしたが、原料タンクの無弁通気管の金網が、不純物の硫黄化合物により腐食して閉塞し、内液を抜いた際にタンクが見事に凹んだ経験があります。

澤：海上のプラントですから塩もありますし、いずれにせよ腐食しやすい環境です。

澁谷：工場での経験ですが、安全弁の吹き出し口に鳥が巣をつくるので、それを防ぐために出口に薄いポリ袋を被せていたら、検査官からすぐに取り除くよう指導されたことがあります。

司会：フレームアレスターについてのご経験や知見がありましたらお願いします。

長安：フレームアレスターには大きく分けて 2 つのタイプがあります。配管の開口部に金アミを張ったタイプと波型の金属板を重ね合わせた積層体を流路に入れるタイプです。また、火炎の伝播速度は着火位置では最も遅く、伝播とともに加速するとされています。したがってフレームアレスターの取り付け位置は、火炎速度が最も遅いパイプの開放端あるいは着火の予想される位置に設置するのがもっとも有効ということになります。この海上プラットフォームでは PSB の写真のように海上へ突き出した配管の先端に設置されていますが、これは理にかなっていません。ただ、保守・点検の面からはたしかに好ましくない場所ですね。

澁谷：フッ素樹脂のプラントでの経験ですが、モノマーの配管の一部にインラインのフレームアレスターを設置しました。本体は見たところ焼結金属のフィルターそっくりですが、合弁先の長年の経験による設計でした。

山岡：この PSB の写真を見ると、フレームアレスターはフレアー燃焼口のすぐそばに位置しています。

これではフレアーの点検作業は危険と思いますが、どうするのでしょうか。

竹内：本当になぜこのような位置にしたのでしょうか。ただ、ほかの海上プラットフォームの写真を見ると、みんな斜め上方や横方向にいろいろなものが突き出ています。火炎や臭気等の関係で作業員のいる真上には持ってきたくないのでどうしてもそういう配置にせざるを得ないのかもしれないかもしれません。それにしてもメンテナンスはやりにくいですね。

司会：ほかに、PSB の記事と関係のない話題でも結構ですのでご意見等ございましたらお願いします。

井内：いま、これからは水素の時代、ということで水素についていろいろ調べています。ご存知のように、水素は爆発範囲が広く、着火エネルギーも小さく、火炎速度が炭化水素類にくらべて非常に大きいという特徴があります。したがって、水素用のフレームアレスターは安全設備として必須のもので、しかも従来のフレームアレスター以上の消炎性能が求められます。今後水素の普及とともに水素ステーションが町の中にも作られるでしょうが、多くの場所でフレームアレスターが使われるようになると思われます。フレームアレスターの技術基準も欧米では進められていますが日本でもこれから検討されるでしょう。

司会：今月の PSB の警句は、“フレームアレスターにも検査・保守が必要！”でした。日本の化学会社では安全設備としてのフレームアレスターへの関心はそれほど高くありませんが、これを機会に自分のプラントのフレームアレスターの設置状況と保守点検状況に目を向けてみて欲しいと思います。本日は白熱した議論をありがとうございました。

(キーワード) フレームアレスター、通気管、海上プラットフォーム、火気工事、タンク破裂、サンプル採取用ハッチ

【談話室メンバー】

井内 謙輔 牛山 啓、加治 久継、小谷 卓也、齋藤 興司、澤 寛、澁谷 徹、竹内 亮、
中村 喜久男、長安 敏夫、日置 敬、松井 悦郎、三平 忠宏、山岡 龍介、山本 一己、渡辺 紘一

以 上