

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2019年3月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の <b>安全談話室</b> (No.153) <a href="http://www.sce-net.jp/anzen.html">http://www.sce-net.jp/anzen.html</a></p>	<p>化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当:澤 寛)</p>
--	--	---

今月のテーマ: ボールバルブの故障に気付かなかった為に

(PSB 翻訳担当: 金原 聖、澤 寛、竹内 亮)

司会: 今月号では、ボールバルブが故障しているのに気づかず計器の修理時にプロセス遮断が実施されずに危険な状態になった話が紹介されています。最初にこの事故についてまたはダブルブロックなどで危険な状態が回避されたなどの経験があれば披露していただけますでしょうか？

金原: 随分前の話ですが水素爆発事故の経験があります。今回の事故のように片方が運転中で、もう片方が法定点検で、機器を開放する作業中に起きた事故でした。連絡する配管にあるバルブが内漏れして水素がリークし、爆発に至ったものでした。配管には3つのバルブがあり、稼働開始30年以上無事故のプラントで、手順通りの操作でした。長期の稼働でバルブに不具合が生じ、事後調査で窒素であれば漏れないものの、水素であれば漏れることが分かりました。この時にバルブは漏れるものと思い知りました。それ以来、遮断を考慮した配管設計と遮断に対する管理徹底、バルブのメンテを心がけました。

竹内: 私のいた会社では今回のケースのように非定常作業となるメンテナンス時には必ず手順書を作成していました。手順書作成に当たっては、配管開放はダブルブロックアンドブリード(DBB)や仕切り板の挿入など、二重の遮断を実施することが前提となっていました。ただ、プロセスを運転中には出来る限り配管開放作業はしない方が良いですね。

澤: 簡単なメンテナンスの場合は特別な手順を作成せずに工事や修理を実施してしまうようなケースもあるのではないのでしょうか？

山岡: 簡単なメンテナンスでも、設備内の物質が毒性ガスや可燃性ガスなら、手順書を作成し関係者が安全の確認をして作業を始めます。今回の事例ではバルブの故障に気づかなかったのが一番大きな問題ですが、事前の安全管理手順も大事です。私が在籍した工場でも、高圧ガス設備で可燃性ガスや毒性ガスを扱っていましたので、工事に際しては手順書を作成し、配管に係わる工事やその配管に繋がっている貯槽の開放検査の際には内漏れや外部への漏えいを起こさないように必ず仕切り版を挿入して遮断を実施していました。また、工事が終了し運転を再開する時はラインチェックを実施して異常の有無を確認していました。

澤: 電気の場合の LOTO にチェックをする事が要求されていてロックアウトタグアウトしたのち安全確認の後現場のスイッチをオンにして起動しないことを確認することによって間違いなく意図した駆動装置がロックされたことを確認する方法が面倒でも大切ですね

金原: 本文では2重の対策を取るようにと記述していますが、高圧ガスや、有毒ガス、また水素のような分子量が小さくかつ危険性の高いガスは、2重・3重の対策が必要と考えます。遮蔽板やプラグでも取付けが悪かったら漏洩します。作業前にガス検で可燃性や毒性を検知して、本当に漏れないことを確認し、さらに作業中でも定期的にガス検知する慎重な姿勢が望ましい態度です。

竹内: 今回のようにバルブが内漏れしていたり、故障したりして閉止できない場合は、バルブを閉止してから閉止板を取り付けるとしてもその際にもれてしまうので、漏えい事故になってしまいますね。したがってこのケースの様に毒性ガスを取り扱っているプロセスで運転中に配管を開放する場合はダブルの遮断が必要ですし、万一に備えた保護具の使用も大切だと思います。

牛山: トランスミッター取り付けにバルブをダブルにすることはあまりしないのではないのでしょうか。このような修理をするのは装置停止時に中を空にした状態で行うのが原則でしょう。元々1系2系の PIT 取り出し口が各系仕切り板の後流にあることがおかしく設計ミスです。したがって本来は NO1 系を運転すべきではなかった、あるいは NO1 運転中の情報が共有されていなかったのが問題であったのではないかと思います。

山岡: 2 系列あって、一方の系列を運転しながらもう一方の系列を停止して工事を実施するというのはよくあります。したがって重要なことはそういう状態になっているということの情報を修理する側と運転側とで共有することが大切であると思います。

春山： このフロー図を見るとこの系統間に隔壁があるように見えるが、このベント系はインフラ的要素のある配管であるが、こういう様々なプラントが繋がっている共通配管のようなラインは今回問題となっているような事故が起りやすいです。

牛山： このような除害設備は共有になっているため、他の系統の問題が波及しやすいので十分注意することと、情報の共有が大切と思われます。

金原： 化学工場は複雑に連携しているため、配管が枝葉のように分岐しています。教訓にあるように、自らの目でしっかりとバルブ開閉状況や閉止板挿入を確認することは基本中の基本です。

山本： 私の知っている事故事例ですが、ある棟の増設工事で、間違った配管を指示して撤去したため、別の棟で移送した可燃物が撤去後の解放された継ぎ手から流出して、溶接の火花により引火し、火災になったことがあります。作業前の配管のラインアップの確認を充分しなかったためです。ラインアップは作業開始前に関連する配管や機器のすべてのバルブの開閉状態を確認する作業で、基本的な最重要作業です。移送作業の際の連絡を密にすることと、不要な配管でも開放状態とせず、必ず仕切板を取りつけることも重要です。

司会： 今回の事例を設備面からみた場合の設計上の問題は如何でしょうか？

金原： この事例でのバルブ取付け位置はおかしいと思います。本来は分岐した直後に遮断用のバルブを取り付け、各系の測定用の計器類と一つのゾーンとして設計するはずで、さらに言えば、スラリーでなければ逆止弁を設置しておくことが望ましいと考えられます。

牛山： ガスの系にボールバルブを使うことは漏えいの点からみるとよい設計には思えません。また圧力伝送器を外した時、ボールが閉止していないなら気づくはずではないかと思ひますし、確認はしなければならぬと思ひます。

司会： 今回の事例では、使用されたボールバルブの脆弱性が問題になっているようですがボールバルブ使用についてもご意見いただけますか？

春山： ボール弁では簡単な操作で開閉できるのが利点です。この事例の場合、トランスミッターを簡単にチェック出来る様に元弁として取り付けたかと思ひますが、作業効率を上げるために多用しているならこれは避けるべきです。

澤： 私どもの会社ではプロセスコントロールの視点ではコンピュータへの入力にはボール弁にリミットスイッチ取り付けてバルブの on/off 位置情報が簡単に得ることができるため、直接コンピュータ入力に使用されない場合も含めてよく使用しています。グローブバルブ等その他のバルブではバルブの位置情報を入手するのは簡単ではありません。

山本： 自分は若いころから、バルブは漏れるものだという理解をして設計するものだという教育を上司から受けていました。工事や缶内作業などでは、漏れると危険な配管には、バルブの閉止だけではなく、仕切板を取りつけることが原則となりました。

澤： ボールバルブは操作レバーを取り付けてあると振動などで簡単に回ってしまうことがあるため普段は操作レバーを外してあります。それで操作する時にはモンキーを使って回していることも見かけました。また、ドレイン用のボールバルブが振動で回ってしまっただけで液漏れを起こしてしまうこともあるので、できるだけプラグをつけるように指導しました。

山本： 私の関係する会社では、めったに使わないボールバルブやむやみに操作して欲しくないボールバルブには、ハンドルを取り外して、近くに設置したフックにハンドルを吊り下げておくのが普通でした。ボールバルブは人の体に当たってバルブが開いたりします。Beacon(2001年2月)でも、タンクの上から溶けた雪が滑り落ち、ボールバルブのハンドルの上に落下してバルブが開いた例があります。垂直に設置したボールバルブはハンドルを押し下げて開くのではなく、ハンドルを引き上げて開くような設置変更をしたと記述されています。

三平： ボール弁は開放時に前後の配管と口径を同じにして、流路抵抗を極めて小さくできます。バッチ式のプラントでは、反応時間以外の原料の仕込み、昇温、製品の抜き出しなど各操作時間を極力短くして、生産速度を上げる必要があります。仕込みや抜き出し系にボール弁の使用は必須です。私は入社後に PVC プラントで運転、製造管理、生産技術、設計、建設に長く関わりました。先輩が早くからボール弁に注目して、反応器まわりに多く採用しました。初期の頃はテフロン製弁シートの漏れが問題になりましたが、バルブメーカーにいろいろと注文をつけ、シートの材質(充填物)、形状などの工夫でライフがかなり伸びました。後に私が担当した新鋭

プラントの建設では、ボール弁を使って全面的な自動化を行いました。漏れを懸念して VC モノマー仕込み系は自動弁と手動弁でダブル化しました。反応器クリーニング後の仕込み準備の最後に現場で手動弁を開け、リミットスイッチによる開確認後に操作室側から自動弁を開いて仕込みを開始しました。予備のバルブを多く整備して持ち、直ぐに交換できる体制を取りましたが、取り換え周期が次第に伸びて当時の定修の周期である 1 年間もつようになりました。

司会： ボールバルブ以外のバルブでも問題があったご経験はありますか？

牛山： 鋳鉄製のバルブは取り扱いを誤るとすぐ割れてしまいます。バルブの閉め加減については特に新人にうまく教育しないとハンドル回しの締めすぎで破損させることがよくあります。

春山： ハンドル回しは適正なものを使用しないといけません。

澤： バルブを閉めるときにトルクレンチを使用するのは一般的でしょうか？

春山： 高圧ガスでは適正な力でボルト締めを行うことが要求されており、そのためにはトルクレンチ等で正確に施工することが求められています。

竹内： 逆止弁がうまく作動しなかった為に物損事故になったケースがあります。逆止弁は外から見て異常があるかどうかわからないのが問題です。

牛山： 結晶性の流体の場合、温度が下がると逆止弁のところで結晶して作動しないことがあって、急に逆流したりして驚かされたことがあります。

春山： ゲート弁ではコマ落ちで開いていると思っていても開いておらず、中の液抜きが完了できていなくてフランジを割った時に内容物が残っていて一気に出てきたりして驚かされたことがあります。

澤： ダブルブロックブリードはボイラーの燃料系のフィードラインによく取り付けます。この真ん中のブリードバルブにはプラグコックしてはいけないのに新人はプラグをしたりすることがあるのでよく教育することが必要です。

金原： 前にいた会社では、重要度の高いバルブを決め、そのバルブについては、定期修理の機会などを利用して定期的に整備するようにしています。さらに正常時のバルブ開度を把握しておき、同一運転条件で開度が変化した場合、定期修理などに点検や整備しています。

牛山： 昔導入技術で建設した工場で、バルブがフランジ型でなくすべて溶接タイプの物であったためバルブの取り換えのために配管切断しないと取り換えることができなかった経験があります。おそらくプラントの建設コストは安く上がると思いますが、その後のメンテナンスが大変なことを考慮していなかったためと考えられます。一方、エンジニアリング会社が建設コスト削減のために溶接型にしていたのをフランジタイプに変更したため、大きな変更として差額金を請求された経験があります。

澤： 小生も、毒性物質の配管ですべて溶接のプラントを作ったことがありました。そのころ特に USA では Fugitive Emission(フランジ部分などからごく微量の漏洩物)が問題となってできるだけ漏洩量を削減するようにとされてフランジなどを減らす設計を実施したため、バルブなどを溶接で取り付けるようにしたためその後の維持管理が大変でした。やはりあまり極端なことをするのは良くないと思いました。

春山： 経費削減で配管接合をステンレス製配管からフランジ部を鉄製のラップジョイントとしたため、プラントのメンテナンス時に接合部を外した時に高温の残液を浴びてしまって火傷になる事故がありました。ちょっとした経費削減で大きな事故になってしまった例です。

三平： 牛山さんが話された溶接型のバルブや継手で私も苦労しました。入社して配属された PVC プラントでは、小口径の回収 VC モノマーラインにそれらが使われていました。高圧ガスなので相応なフランジ接合にするとコストがかかるということで、溶接構造にしたとのこと。ところがそのライン内に重合物が出来て直近の定修で更新することになったのです。入社 2 年目で交代作業長として残液抜きを指揮し、業者によるガス溶断作業も傍で安全確認を行って注視していました。危険作業の安全管理で最初の経験でした。

司会： 火気工事やラインブレイクなど非定常作業を行う際には手順が事故防止のために非常に大切ですが、この観点でお話いただけますか？

竹内： ラインブレイクの際には万が一に備えて保護具をつけて作業することが大切です。ゴーグル、フェイスシールドだけではなく、耐薬品性の着衣や必要に応じてエアラインマスクの使用も考慮しなければなりません。

金原:この種の事故で国内発生の事例としてはよく知られている、鹿島のエチレンプラントで起きた事故ですがこの事故は遮蔽板を取り外す時に遮断弁が開いて起きた事故でした。遮断弁にチェーンロック未実施が原因と言われています。工事の際には事前に保安対策実施の協議会が行われていますが、工事関係者と作業部署などの関係部署が参加し、責務を決めて各部署で徹底すること、また相互に注意しあうことが大切です。また火気工事や槽内作業に関わる工事では、事前に保安に関する協議会が開催されますが、そのような工事でなくても遮断する必要のある場合があります。例えば、酸やアルカリ・水素などに対しては作業部署、工事関係部署出席の下で事前確認を実施し、閉止板の設置個所などを確認しています。いずれの場合も、本文にある通り、現地で確認することも徹底することが大切です。

春山:エチレンプラントでは定期的にデコーキングという処理が必要です。分解炉では加熱炉管と分解生成物急冷熱交換器の内壁への炭素質コークの析出を避けることができず、運転期間中の除去が不可欠です。そこで、加熱炉と熱交換器のセットを並列に設置して定期的に切り替え運転し、一部の加熱炉と熱交換器を分解反応系から切り離れた状態にしてコークを燃焼除去する操作を行います。これをデコーキングといいます。

鹿島の事故では下流のクエンチへの流体投入縁切りバルブの閉止の話なのですが、この事故の問題のバルブはこのバルブの閉止のみならずその手前に閉止板をいれて二重の遮断をしていたのですが、この閉止板を取り除くときにこのバルブの開閉スイッチが作動しバルブが開いてしまったのです。本来このような作業をする時は、自動開閉用の空気の元弁を閉めて開かないようにするのが一般的でありましたし、この系のほかの炉はするように設計されていたのですが、この炉だけは増設の時に改造された特殊な設置で操作に困難をとまうような設置であったことが問題でした。共通ラックの上に縁切りバルブがついていたため操作が大変でした。ベテランの運転員は閉めるのが常識であったようです。このような元弁を閉めるといった安全対応が手順書に書いてなかったことも問題でした。いわゆるユーザーフレンドリーな設計となっていなかったのが問題でした。手順書の不備は問題を発見した時点で迅速に修正すべきでした。

金原: 関連の話ですが遮蔽板取付けの工夫としては配管をゾーン毎に分けて、その部分に挿入する遮蔽板に番号を付けて一つの箱に入れて管理する。これにより、取付け忘れや抜き忘れが防止できます。また遮蔽板を挿入する場合は、できるだけ縦に挿入できるように配管設計で配慮する。横に挿入する場合は、上の配管を持ち上げる必要があり、安全面で好ましくなく作業性も悪くなります。

司会: 今回はボールバルブの故障に気付けなかった事例を元にラインブレイクなど色々なお話いただきました。異常に気付かなければ、それに対処することは出来ません。今回は、気付けなかったことにも対処できる設計や手順も大切だとの教訓にもなっていると思います。ありがとうございました。

キーワード : 安全管理、操作弁、ボールバルブ、ダブルブロックブリード(DBB)、ロックアウトタグアウト、安全文化、ラインブレイク

#### 【談話室メンバー】

飯濱 慶、今出善久、牛山 啓、金原 聖、小谷卓也、齋藤興司、澤 寛、澁谷 徹、竹内 亮、中村喜久男、春山 豊、松井悦郎、三平忠宏、山岡龍介、山本一己

以上