

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2019年2月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の 安全談話室 (No.152) 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:牛山 啓)</p>
--	--	--

今月のテーマ: 重要な安全防護はその機能を維持すること!

(PSB 翻訳担当: 今出善久、牛山 啓、竹内 亮)

司会: 今月号では、安全対策を軽視していたため、停電時の圧力上昇に対応できず爆発事故を起こした事例が紹介されています。最初にこの事故について補足していただけないでしょうか。

今出: この事故は米国ルイジアナ州 Gramercy にあるカイザーアルミ&ケミカル社で起こった事故ですが、ボーキサイトを高温高压下で苛性ソーダに溶解し、ケイ素などの不純物を除去しアルミナを製造する工程で起こったものです。最初にシリカ除去反応器が1基あり、その後4基のダイジェスター(溶解槽)と9基のフラッシュタンクがシリーズについていたようです。最初に破裂したのは最後のフラッシュタンクだったようです。

三平: バイエル法と呼ばれる古いプロセスを米国では独自に発展させています。当初のプロセスと比べて高温高压にすることで、苛性ソーダの原単位が向上し、またアルミナの流動性の良いもののができ、次の電解によるアルミニウム製造工程でブリッジしにくいなどハンドリングし易くなるなどの利点があるようです。

牛山: この工程では配管などかなり詰まり易い状態でメンテナンスもきちんとやる必要があるようですが、そこに時間をかけると生産量が落ちるといことで、あまり手をかけなかったようです。

司会: この事故では多重の防護層が機能しておらず、安全管理の体制に大きな問題があったと思われませんが、これについて皆さんのご意見をお願いします。

金原: 起きて当然という事故ですね。安全最優先から逸脱し、生産最優先になっていて、スラリ詰まり防止のために前工程の圧力を設計圧以上にすることが常態化していました。運転条件の見直し、設備設計の見直しが必要であったと思われれます。

三平: 日本のプラントではあまり考えられないような無茶苦茶な運転をしていますね。Beaconの本文に3つの問題点が指摘されていますが、こんなこと我々は絶対にやらないですよ。

澤: 重要な保安設備はここでは保護層と呼んでいるようですが、それが勝手に変更されていたことが大きな問題で、MOC(変更管理)が必要であったと示唆していると考えられます。

山岡: この防護層が機能していない3つの事例は、「なっていた」、「されていた」という受け身の形になっていますが、これらは過去に誰かがそのような変更をしたことによるもので、その当時に変更管理がなされなかったか、一時的な変更をして所用が済んだ後元に戻さなかったか、いずれにしても逸脱が常態化していると言えます。この事例を他山の石として我々のプラントでも同じようなケースがないかチェックしたらどうでしょう。

澁谷: 設計圧力を超えて運転するのが定常的になっていたのは大変な問題ですが、運転員が勝手に設定しそれを管理者も認めていたことだろうと思われれます。

竹内: 管理者が途中で運転員に代わって設定を変更して事故が発生しているのです。安全弁の漏れを知っていながら管理者もそれを遮断してしまうなど組織ぐるみで安全管理違反をしています。

金原: 全社的に異常操作が慢性化していたというのは経営面に問題があると考えます。かつてJCOで起きた事故も裏マニュアルが常態化し、設計思想を知らない作業員がとんでもない操作方法に改悪してしまいました。トヨタのカイゼンの基本思想は「異常があれば機械を止めること、それによって問題を明らかにする。問題がはっきりすれば改善も進む」です。この考えが少しでもあれば、この例のトラブルは起きなかったと思います。

牛山: Beaconには記載されていませんが、運転員の教育不足もあったようです。この工場は当時、鉄鋼組合に入っていた組合との労使協議がうまくいかず、会社が工場をロックアウトして、派遣会社から運転員を入れていました。そのため十分な教育訓練がなされていなかったようです。経営層から生産量を落とすなど指示されていたようで、ラインが詰まってメンテナンスが必要であっても設備を止められず、それができなかったのでしょう。また、もともとプロセスの安全審査をしたのかという点も疑問のようで、この会社の安全文化に問題ありとみられます。

金原: Beacon 本文には、不具合時の基準として各種対応が記されていますが、異常になった場合、継続するように処置することは良くあります。しかし本質的な原因が解決されていない場合は、より大きなトラブルになることが多く、特に安全システムの不具合時は運転を止めて改善することが基本ではないかと思います。停止すること、させることは大変勇気が要ることではありますが、トップが判断し、理解することが末端までの確な判断ができる風土ができると考えます。また、不具合の発生頻度は年に一度ではなく、ゼロが基本で、起きてはいけないことと考えます。

今出: この会社の業種は化学会社ではないので、OSHA(米国労働安全衛生管理局)の PSM(プロセス安全管理)の管理対象外だったのでしょうか。

澤: 少なくともここに出てきているアルミ精錬の中では苛性ソーダを使っていますから、業種が化学ではなくても化学会社につながっている点はある、プロセス安全管理対象になっていると思います。ダウでもマグネシウムなどを生産していましたので、金属も化学会社との関連が強いものと考えられます。ただ、このプロセスは安全管理という目で見るとしっかり設計されておらずなんともお粗末なものという感じがします。

三平: おそらく最初は設計上で安全面も検討されていたと思いますが、配管の詰まりなどが出来、次第に作業条件の変更を進めるうちに安全を無視することが常態化されていたとみられます。加熱炉やボイラーの燃料以外はプロセスで可燃物を扱っていないために、爆発・火災のような大きな事故は起きないと思っていたのではないのでしょうか。

澤: 固化しないように運転するというのは固化しないような設備にするのが基本だと思います。

山本: スラリーを輸送する配管なら、閉塞しそうな箇所は極端に配管を傾斜させるとか、流動設備を設置するとか考慮が必要でしょうね。

金原: 逸脱した条件に至ったのは成功体験の積み重ねでしょう。運転上で少し変更したのがうまく行って、それが常態化したり、エスカレートさせたということでしょう。回転体などには巻き込まれ防止の安全柵をつけているのですが、回転体を停止して作業するのが面倒で、安全柵を乗り越えたり、リミットスイッチを切って柵内で作業し、手の骨折や切断などの災害が多く出ます。回転体作業となると安易な行動を取ることが多いようですが、プラント事故に対しては横着すると大変なことになると自覚しているはずですが、その感覚すら麻痺していたのでしょうか。

司会: この事例では安全弁が作動しないように弁を閉めたとありますが、これについてはいかがでしょうか。

金原: リリーフバルブが何回も作動することは異常であり、圧力を下げるなどの対応を的確に行うべきでした。漏れるから安全装置を働かなくするなど言語道断のことです。

山本: 私が関与したプラント設計では、リリーフ弁に元弁は絶対に取り付けませんでした。リリーフ弁に元弁を取り付ける場合もあるのでしょうか。

牛山: 日本では圧力容器には元弁を付けないよう労安法で決められています。しかし、高圧ガス保安法では 2 基設置するなどして元弁をつけて良いことになっています。このため、圧力容器でも高圧ガス保安法に該当する場合は届け出て元弁をつけることが許されています。

三平: 元弁をつけてもよい場合の条件があるのではないですか。

牛山: その通りです。元弁には開閉の表示板を取り付け、施錠しておく必要があります。

三平: バッチ反応の PVC プラントでは、生産停止時に点検整備できるため、反応器のリリーフ弁には元弁を付けず、点検してポリマー形成など異常がある場合は予備のリリーフ弁に取り替えます。連続運転のプラントでは管理法が当然違って来るのでしょうか。

澤: ダウ社では、エンジニアとして入社した時、最初の基本で教わったのは安全弁には元弁をつけてはならないということでした。そのためどうするかというと三方弁を付け、二つの安全弁のどちらかは必ず作動するようになっていました。稼働していない側はメンテナンスが可能です。

斎藤: ダウ社の基準は三方弁ですか。日本ではあまり使われていないように思いますが、漏れて困ることはないですか。

澤: そうです。まあ漏れてもリリーフ弁自体の機能には影響しませんので、本来の目的を損なうことはないですから。

金原: バックアップとして2箇所設置することはありましたが、三方弁は経験ありません。

竹内： 私もあまり見たことがないですね。ただ、私の知っているプラントは通常の連続設備のように8000時間止められない設備ではなかったため、そのためかもしれません。

澤： 私のところは実際にEOタンクの安全弁に対しても設計しましたし、問題は起こりませんでした。

金原： 私の経験では三方弁は使用しなかったのですが、安全弁保護のために腐食性のある流体には破裂板を付け、その後に安全弁を接続していました。

澤： 破裂板が破れた時はどうするのですか。

金原： 破裂板が破れると安全弁が作動するので、設備を停止し交換しました。

斎藤： 最近はそのような使い方が多いですね。破裂板と安全弁の間に圧力計を付け、破裂板が破れた際はそれが検知できるようにしています。特にポリマー関係や腐食性物質など直接安全弁の弁座に触れると誤作動のもとになりうるものはそのようにしている場合が多いです。この場合は元弁はつけません。

竹内： 安全弁は吹き出し口がどうなっているかについても注意する必要があります。ある設備で吹き出し部の接管が長く伸びていた上、L字に曲がっており、安全弁が吹いた時に根元が折れ曲がってしまったことがありました。

牛山： この事故で気になったのは、停電後がス燃焼とは言え何故運転を続けたのかということです。通常は停電時燃料供給ラインには緊急遮断弁がついていて加熱炉も停止できるのではと思うのですが。

竹内： おそらくこのプラントは炉を停止しなくなかったのでしょう。配管内にスラリーがたまるのを防止したかったのではないかと思います。

司会： この事例の中に一時的変更管理として設備補修の間の例が記載されていますが、どんなケースがありますか。

澤： 例えばフリックスボローの事故のような一時的な配管取り付けがありますが、その際は一時的変更管理すら行わなかったようで事故が発生しました。

今出： 運転手順に不具合があり、一時的に変える場合がありますね。スタートアップだけ制御方法を変える場合もそうです。

竹内： 何かの装置に不具合がありそれを回避してでも運転を継続したいような場合も一時的変更管理が必要です。ただ、不具合を直した後は元に戻す必要があります。

山岡： 予定されていた定期修理の数か月前に配管のフランジの不具合が見つかり、定修までの一時的な変更として応急措置をしましたが、その後正常に運転されていたため定修での本補修を忘れてヒヤリとしたことがありました。応急措置の時は一時的変更管理を適切にしたつもりでしたが、フォローに手抜きがあった例です。

金原： 記載されているような、修理をする時に一時的に保護手段をバイパスすることはその計器、例えば圧力計や温度計のキャリブレーションを行う時以外には経験がありません。仮に他の測定方法で代替できたとしても、また短時間であったとしても、別の何かに集中し、監視がおろそかになるというのはあり得ることなので、事故が起きる可能性が高いと考えます。また一つの例外を認めると拡大解釈して次第に緩くなっていきます。安全システムまで何らかの操作をしなければならぬ場合は、運転停止が基本ではないかと考えます。計器が作動せずバイパス運転をするという経験があまりないのですが、皆さんの経験をお聞きしたいのですが。

今出： 連続運転設備では何かの不具合で、一時的な処置をする場合に保護装置をバイパスせざるを得ないこともありえるのではないかと思います。

竹内： 保護回路そのものにトラブルがあって、バイパスしたケースもありました。

山岡： 本号の事例と類似した例として2011年の東日本大震災のときの千葉コンビナートの製油所での爆発火災事故を思い出します。それは、地震で倒壊したタンクによってLPG配管が損傷し、配管に設置されていた緊急遮断弁を開のまま固定していたため、損傷により漏れ出したLPGの流出が止まらず大火災に発展した事故です。原因は、弁の駆動用空気配管の補修作業のため遮断弁にピンを差し込んで開状態ままとし遠隔操作もできない処置をしていたため、代わりに安全防護対策を怠ったために本来の重要な安全装置が災害を拡大させてしまいました。

澤： たまにあるのは、防消火設備のメンテナンスをする際、例えば消火配管に新規ノズルを取り付ける場合など、米国の会社ではFactory Mutual Insuranceという保険に入っていて、こういう工事をするためこういう対策をとって実施するので許可くださいという依頼をして保険会社の許可をもらって実施します。万一事故の場

合、許可がないと保険金が出ないからです。また生きた配管からノズル出しをするいわゆるホットタップの場合などもリスクが大きく、一時的 MOC の対象にしていました。

金原： 生きた配管の工事は危険ですので定修まで待つか、設備停止して作業するのが望ましいと考えますが。

澤： もちろん可能な限り停止してしますが、メンテナンス時にも火災発生の危険がありますので、消火設備の稼働に影響ある場合は保険会社の許可が必要です。また原油配管など停止できないので、稼働したまま行う場合もあります。

牛山： コークス炉ガス配管も、コークス炉を停止できないため、たまに新規のノズル出しなどホットタップは行われますね。

金原： 本日の事例のようにインターロックをバイパスして運転を継続させるような極端な例はないですよ。

澤： プロセスコンピューターがおかしくなったらどうでしょう。

牛山： 通常 CPU はデュアルタイプになっていて、バックアップできるようになっているのではありませんか。

澤： マザーボードもそうでしょうか。

竹内： インターフェースのところは共通になっているかもしれませんね。

牛山： そうですね。どこからどこまでバックアップできているのか確認しておく必要はあるのでしょうか。

三平： 現在は運転員の人数が少ないですから、緊急事態発生時にいろいろな情報が入るとプラントの制御を難しくします。例えば停電発生時にはバックアップされた DCS 装置の画面に緊急停止に必要な計器類が出て来て、それらを操作しながら安全にシャットダウンしています。

司会： 皆様のご経験でこのような事故はあまりないと思いますが、ヒヤリハットや似た事例でもあればお話しただけですか。

金原： 最近では設備が安定しており、保護設備が作動することも皆無になっています。あえて言えば停電に伴う停止の経験があります。いずれも想定通りに作動し、二次トラブルもなく停止できました。ある意味でシステムチェックできたと考えます。

竹内： バンスフィールドの事故では、安全装置は設置されていましたが、うまく機能せず事故が起こったという事例です。液面がハイレベルになるとオイル投入ラインのバルブが自動閉止して供給を停止するようにインターロックがかかっていたのに、これが機能せずに溢れてしまったものです。

三平： このような状態になった経験はないですね。設計した基準運転圧力を超えて上昇するような状況になれば運転を停止するということが基本でした。圧力が上昇すれば先ず警報が鳴るので、必ずその対応を取るようにしていました。異常事態に必ずアクションを採れるような設計になっているべきです。

澤： 運転員が勝手に設定を変更できるような場合はまずないでしょうね。エンジニアか上司に相談して、操作をこのように変更してよいか必ず確認するはずですよ。これは一時的な MOC に該当しますが、そのような処理をしてから変更を行うべきでしょう。インターロックをバイパスしたり、設定値を変更して運転するなどにはまず考えられないことです。

竹内： アメリカの例ですが、タンクから可燃物を溢れさせてしまったため、供給を自動停止するようインターロック弁を付けたのですが、その後、運転員はほっとけば勝手に止まるため現場を離れてしまうことが常態化してしまい、誰も見ていない時にその機能が故障して火災事故になったケースがあります。

斎藤： 逸脱の定常化ですね。

三平： 以前の Beacon にそのような例がありましたね。安全装置を定常的な制御装置として使用していました。

竹内： 我々の日常でも、ガソリンスタンドでセルフ給油の際にレベルスイッチが働いて停止すると信じていますが、もし作動しなかったら怖いですね。

司会： 今回の事例は停電が直接の原因で起こった事故ですが、このような重要なユーティリティ遮断によるトラブルのご経験がありましたらお話しください。

三平： 私の経験した PVC プラントはバッチ反応でしたので、停電は怖かったですね。反応器内に多量のモノマーがありますので、攪拌機が止まり冷却も出来なくなると大変でした。昔は大気にモノマーを放出して潜熱で冷やしていましたが、現在は重合禁止剤を投入して直ぐに反応を停止させます。

澤： 廃棄物処理が大変でしょうね。重合禁止材を入れるか入れないかという判断は製造では難しいものと思いま

す。

山本： 現在は停電が起これば、自家発電装置に自動的に切り替わりますが、昔の設備は自家発電装置がありませんでした。昔の運転員はすごかったと思うのは、停電で反応器攪拌機が停止したときに、重合禁止剤を投入しただけでは内容物と混ざらないので、攪拌機塔台の攪拌軸がむき出しの部分を咄嗟にパイプレンチで掴み、人力で攪拌翼を回したことです。私の関係する会社で伝説になっています。

金原： 停電時、連続の場合はそれなりの対応策ができていますと思いますが、バッチの場合、重禁剤のような反応停止の手段が取れる場合は良いのですが、有機合成の場合停電発生がどのフェーズにあるかで状況が異なりますので、反応の冷却機構をきめ細かにチェックすることが必要です。

竹内： スラリーを取り扱っている場合、停電で止まってしまうと後で配管内を洗浄しなければならず大変です。

金原： 岩国の事故が起こったのも停電後の対応の問題でした、用役設備停止に伴う異常処置は想定できる範囲で明確にし、標準化する必要があります。私のいた工場ではあの事故を機に、用役停止に対する基準書の作成状況をフォローし、重要工場には査察に行き適正かどうかをチェックしました。その結果不備のある所はすべて対応することができました。

司会： その他関連したご意見がありましたらお願いします。

金原： 今回の事例で運転員の教育がおろそかだったようですが、従業員には、最近では使用していませんがプラントシミュレーターを使って、保護設備例えば保護回路をバイパスさせてトラブルを処置したらどのような挙動をするかを見させるのも一つの方法と思います。製造部長の時代に異常処置基準書に、異常処置を取らずにそのまま放置したらどのようなようになるかを考えさせ、基準書の最後の部分に記入させるようにしました。それを教えることにより、異常時の対応を正しく、的確に行う重要性を認識させることができたと考えます。

司会： 今回の事例は、実際にはあまり起こり得ない事例でもありましたので、皆さんのご経験より、この事故に関連した談話が主体になりましたが、その中に非常に重要な事項もありましたので有意義だったと思います。本日はどうもありがとうございました。

キーワード： 安全管理、リリーフ弁(安全弁)、インターロック、安全装置遮断、一時的 MOC、安全文化、ホットタック、逸脱の定常化、用役設備停止、プラントシミュレーター、教育訓練

【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、松井悦郎、三平忠宏、山岡龍介、山本一己

以上