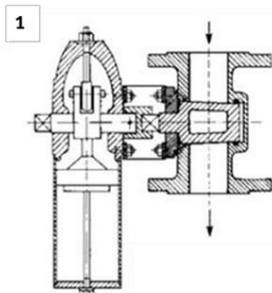
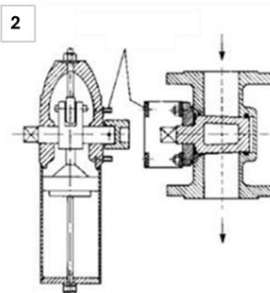
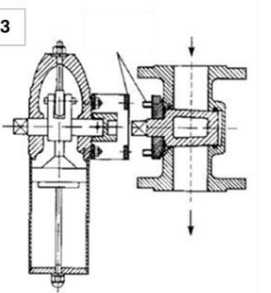
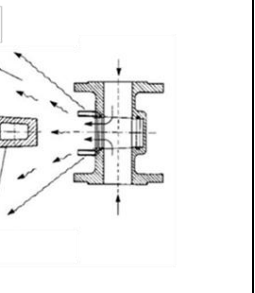
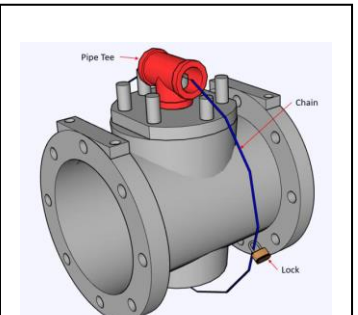


PSB (Process Safety Beacon) 2025 年 4 月号 の内容に対応	SCE・Net の 安全談話室 (No.226) https://sce-net.jp/main/group/anzen/	化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当: 今出善久)
「なぜ」を知れば作業は安全 (PSB 翻訳担当: 安喜 稔)		
司会 : 今月号は、配管の漏れを修理する際に上流側のタンク下の自動バルブを遮断弁として使用するためにバルブのアクチュエータを外す作業をしているときに、タンク内容物の漏洩が起こり、2 名が死亡、1 名が重傷を負った事故の事例です。この記事についてどのような状況だったかなど補足がありましたらお願いします。 竹内 : この事故は 2021 年 7 月 27 日に米国テキサス州ラ・ポルテ(La Porte)の LyondellBasell の工場で Turn2 Specialty という協力会社の従業員が作業している時に発生しました。配管の修理のためにプラグバルブを遮断弁として使用しようとして、そのアクチュエータを外す作業をしていましたが、作業員がプロセス流体で圧力が掛かっていた部品を外したためにプロセス流体が噴出して作業員が死傷したものです。CSB の報告書によると作業手順書が無かったという問題の他に、プラグバルブの構造に問題があってアクチュエータを外しづらかったことも指摘されています。CSB がこの事故のアニメーションビデオを作成して公表していますので、それを見ると何が起きたのか理解しやすいと思います。URL は” https://www.youtube.com/watch?v=hxkRjkuFQBw&t=201s”です。因みに CSB の事故報告書 (No. 2021-05-I-TX) に記載された類似事故(1977 年メキシコ Puebla)の図が分かり易いので以下に示します。		
 1. 左がアクチュエータで 右がプラグバルブ  2. 外すべき位置  3. 外してしまった位置  4. プラグが飛び出して プロセス流体が噴出		
今出 : 少し補足しますと、LyondellBasell 社では、配管開放時などで遮断弁として空気圧駆動式バルブを使用するときには、右図のようにバルブのステムに T 字のジグを取り付けてチェーンと南京錠でロックアウトするように規定されていたようです。そのため、協力会社にアクチュエータを取り外す作業を指示しています。この作業を実施した協力会社の作業員は、外す必要がなかったプラグバルブカバーのナットを誤って取り外してしまいました。作業員は、このアクチュエータの取り外し方法の教育を受けておらず、手順書もなかったようです。このとき内容物はすぐには流出しなかったのですが、アクチュエータとバルブシステムを繋いでいたカプラーを外しているときにバルブ本体が飛び出し、内容物が噴出し、今回の事故に至ったとしています。		
司会 : 今月号の記事についてご感想やご指摘の点などがありましたらお聞かせください。 竹内 : この様にプロセス流体が存在する状態で工事を行う場合は、慎重に工事計画を立てて実施すべきだと思います。また、どこを外すべきかをマーキングして作業員に知らせるなどの対策を講ずるべきでした。CSB の報告書にもありますが、施主の LyondellBasell も工事会社の Turn2 も、この作業を甘く見ていたようです。 山岡 : 紹介された2つの事故の要因の共通点として挙げられている3点について、アクチュエータを取り外す手順書は作られていたのか、アクチュエータを取り外すトレーニングのプログラムはあったのか、間違いを指摘するような指導はなされていたのか、つまり作業しているオペレータの問題なのか、工場の安全マネジメントの問題なのかをはっきりさせることが再発防止、類似事故防止に重要なことと思いました。 飯濱 : LyondellBasell と工事会社の安全管理制度を見ていないので断言できませんが、結果から考えて両社共に会社全体としてのライン開放工事の安全を確保する管理制度や実務知識を持っていなかったと思われます。 竹内 : 報告書にも、施主側も工事会社もこの作業を甘く見ていたという記述があったのでそうですね。 今出 : ライン開放時にバルブをロックアウトする規定はあったようですが、その作業手順書がないにもかかわらず危険性について十分検討せずに実施したところに問題がありますね。		

- 飯濱 : 米国ではロックアウトは法律になっていますので、その部分の知識はあるはずだと思います。ロックアウトの知識だけでは不十分でして、ライン開放固有のリスクを避けるためのキーとなる手順、例えばどこどこで閉止するか、閉止後にどのような方法で内部を洗浄・無害化するか等が必要です。それらの工事全体を管理する作業許可制度や作業計画書策定などをきちんと実施していなかったようです。
- 竹内 : 私の会社では許可作業以外にもこれは危険だと把握した作業については、JSA(Job Safety Analysis)と呼ばれる作業安全分析を事前に行って、その書類を基に作業を行っていました。この事故事例の場合は、プロセス流体が存在する箇所の近くで作業を行うのですから、JSA をちゃんと行うべきだったがやっていたということだと思います。
- 三平 : メタノールと一酸化炭素を原料にして高温高压で酢酸を合成する危険度の極めて高いプラントなので、停止中とはいえ実流体の存在下で行うこの作業は、万全の安全管理体制で行う必要があったと思います。文書による指示をしっかりと行っても、作業側側の経験や資質で抜けが生じることがあります。アクチュエータの取外し自体は長時間掛かる内容ではないはずで、プラントオーナー側からこの機器に精通したフォアマンクラスを立ち会わせるべきだったと思います。
- 飯濱 : 三平さんのご意見に 100%賛成です。設備や運転に精通したフォアマンや職長を作業計画書の策定に参加してもらうことを慣例ではなく、制度的に担保する必要があります。
- 司会 : 今月号の事例に類似した事故或いはトラブルが発生したご経験や知見がありましたらお聞かせください。
- 中田 : 2021年12月のビーコンに今回の事故と非常に類似した事故が紹介されていました。この事故はバルブが固着したため、ギアボックスを外しバルブの軸を直接レンチで廻して開けようとした際に、間違えてバルブの上蓋ごと外してしまうものでした。漏れ出した大量の可燃性蒸気に着火し、作業側には深刻な被害が発生しています。この記事自体は状況把握の課題という内容で、作業側は行動する前に確認すること、状況把握することが重要という趣旨の内容でした。この記事を読んだときに気になったのは「このバルブは違うモデルであった」との記載でした。違うモデルのバルブを採用する際に、従来と異なる点や作業上の注意点などを検討すること、それを作業側に周知・教育することが不十分だったのではないかと疑問に思いました。この時の事故は、確かに作業側サイドからは状況把握の課題ですが、管理者サイドとしてこの事例を読んだ時、変更管理についてもう一度考え直す機会にできる事例ではないかと思っています。
- 三平 : 事故は起こしていませんが、1960年代のプラント運転現場に従事していた時に、今回の事例と同様なバルブのアクチュエータの取外し作業を経験しました。PVC 原料の VC モノマータンクに付いていたボールバルブの遮断弁で、口径は 100A(4 インチ)、複作動型の空気式アクチュエータで開閉していました。そのアクチュエータが故障して開閉に支障が出たので、一時的に取り外して手動による開閉に切り替えました。取外し作業は外部業者に出さず、オペレータの早出残業で行いました。保全部門の電気計装担当から自動弁の機構をよく知る作業長が来て、作業内容を細かく指示したので、トラブルや事故は起きませんでした。当時はプラントの自動運転化が限られて手動操作が多かったので、オペレータの数が多くてこのような自家作業をよく行っていました。オペレータはスパナなどの工具を使い慣れ、非危険物ラインの解体や組み立てを日頃からよく行っていました。但し、VC モノマーラインでは漏洩時の怖さを知っていたので、強い緊張感を持って作業していました。現在のオペレータの仕事は DCS の監視や現場のパトロールが主になっていて、現場での工具による作業はずっと少なくなっていると思います。昔と比べてオペレータの減員が大きく進んで、今は自家作業で行えることは少なくなっています。今回の事例のような作業は、常備の協力会社が請け負うケースが当然多くなるので、その作業員の技術や安全意識を高めるような継続的な教育が必要で、この面でプラントオーナー側も強く関わる必要があります。
- 林 : アクチュエータ取り外しミスの事故事例の水平展開で、社内調査を実施したことがあり、アクチュエータを取り外すために圧力封じ込めの本体ボルトナットを外す必要のあるタイプがありました。現物への看板注意、協力会社や運転員への教育、購入仕様書の改定など対策しました。また運転員負荷の合理化の施策として、大型弁の開閉装置として電動式や空気式アクチュエータを取り付け自動弁に改造する工事も行いましたが、取り外しミスの発生防止に配慮した設計の取り組みをしました。今回の事故では、プロセス流体との縁切りに当該弁で対策していますが、国内法(安衛法第 275 条や通達「化学設備の非正常作業における安全衛生対策のためのガイドライン」)では弁の二重化、または閉止板との組み合わせ、さらに施錠や開放禁止の表示が義務づけられています。弁は漏れるものと考え、ダブルブロック&ブリードにするか、仕切り板に弁を取り付け漏洩検知の対策までしていたことを考えると、安全対策 LOTO(lockout/tagout)の意識不足だと思います。
- 三平 : 林さんからの閉止板の使用のご意見に同感いたします。CSB レポートの現場配管の写真を見ると、当該バルブの下はメタノールと CO が合流する単純なラインになっていて、ダブルバルブによる縁切りは出来ず、閉止板の挿入は必須だったと思います。私が関わったプラントでプロセス流体存在下の配管で作業をする場合は、必ず仕切り板を使用していました。ダブルバルブに出来るケースは多くなく、万一の漏れを考えると仕切り板が確実と考えていました。
- 竹内 : 最近は DBB(Double Block & Bleed)と呼ばれる 2 重バルブに逃し弁を設置することで、プロセス側と工事側を縁切りするやり方が増えていると思いますが、昔エンジニアリング会社でプロセス設計に携わっていたころは、石油関係のプラントではスペクタクルフランジと呼ばれる仕切り板をよく使っていました。ご存じの方も多いと思いますが、8 の字型の板になっていてプロセスで使用する時は穴の開いた側を使用し、縁切りを行うときはくりと回し

て、塞がっている側の板を差し込む仕組みでした。もちろん、この操作をするにはプロセス流体はバルブなどで止まっていることが前提ですが、頻繁に縁切りが必要な場合は便利な道具です。

司会 : 今月号の記事では、このような事故の共通の要因として3項目が挙げられています。1)作業手順書がなかった、2)作業についての教育訓練が行われていなかった、3)近くにいた作業者が間違いを指摘しなかったとあります。これらの項目に関連してのご経験や知見がありましたら、お聞かせください。

山岡 : 行おうとする作業の作業手順書の作成、作業前の手順の確認や教育訓練の実施はしていましたが、間違いの指摘、特に目上の人に指摘するのはつい遠慮してしまい難しいです。以前私が勤務していた工場の現場の小集団活動で、定修期間中「ヒヤリハット発掘運動」と合わせて「注意し合い運動」を行って、ルール違反、手順の省略、確認事項の忘れなどを、お互いに注意し合う運動を行い、それを習慣づけるようにしていたことを思い出しました。ある定修で、工場長の安全査察の際に工場長の靴が安全靴でなかったのが現場の案内者が工場長に注意したことがありました。この時、工場長は自ら安全査察を中断し、安全靴を持ってこさせて履き替えたのを覚えています。

飯濱 : 私が勤務していた会社では「ライン開放基準“Line Break Procedure”」という全社統一基準がありまして、各工場ではその基準に沿って各工場固有の「ライン開放管理基準」を制定して、「ライン開放工事管理者」を指名することになっていました。私自身も自分が勤務していた工場の管理基準を改訂・再教育を行い、またコンサルタントとして外部の顧客の教育を担当していて、この種の管理制度ならびに実務手順を知っていることの重要性を痛感していました。

竹内 : はい、統一基準があることは私たちの会社の強みですが、実際の現場では具体的にどうすべきかをJSAを通じて分析して作業許可を出すことも必要でした。工事の管理者にはこのJSAが必要な作業であるか否かを見極められることが求められます。どんな作業も全てJSAを必要とすることになると、時間ばかり掛かって工事が進まなくなるためです。

飯濱 : 私が勤務していた工場では、作業許可が必要な作業を一覧表として決めていました。従業員個人の勝手解釈で危険な作業をさせないように、作業許可制度の整備と教育はとても重要です。

司会 : また、今月号の記事では、運転や保全の手順書は理解しやすいよう記述すること、作業員が手順を理解して安全に正しく作業できることを確認すること、「なぜ」そのような手順が必要かを理解することが重要としていますが、職場でのご経験やご知見がありましたらお聞かせください。

中田 : 以前に事業所全体の手順書の見直しに関して検討したことがあります。その時に手順書を活用する目的に適した手順書を作成することの重要性を認識しました。手順書を最も必要とするのは新人であり、新人が間違えないような配慮が必要です。また、ベテランにとっては既に知っていることであり、内容を理解するための手順書ではなく、決められた手順を抜けなく実施するための補助とするための手順書です。それらの前提で手順書を作成する際に配慮すべき項目として以下のようなことを考えました。

- ・様式は統一し、分かりやすくする。
- ・作業は手順に沿って記載する。複雑な操作はチェックリストやフローチャートの活用など工夫をする。
- ・記載内容は簡潔に記載し、だらだらと長く書かない。膨大な手順書は現場で活用されなくなるので、手順書として活用する部分は、作業手順に関する記載だけにし、内容理解や技術説明などの教育資料的な部分は別に作成する。
- ・手順を記載する際にも、新人が間違えないことを意識し、「曖昧な表現はしない」、「単位には注意する」、「対象機器を明確にする」、「間違い易い漢字(開と閉など)や、難しい言葉に注意する」、「言葉での説明だけでなく図や写真を活用する」など。
- ・また、必要に応じて、Know-How、Know-Whyを記載する。

これらは今回の記事にも関連することと思いますが、特にKnow-Whyに関しては従来の手順書ではあまり意識されていなかったのではないかと考えています。手順書に「なぜ」が記載されていることは、その作業の本質を理解し、確実に実施してもらえるようになる効果と、何か不具合があった時に危険の可能性に気づき管理者に相談してもらえる効果があると思っています。

木村 : 10年以上前に高圧ガス事故が多発し、いわゆる3大事故あるいは4大事故が話題となりました。その際、経済産業省保安課は、課題として以下の3点を挙げ対応強化の重要性を強調していました。すなわち、

1. リスクアセスメント(RA)の必要性: Risk Base の考え方の徹底
2. 教育・技術伝承の再認識: Know-How⇒Know-Why教育への転換
3. 暴走反応の理解: Know-Whyの重要性です。

飯濱 : 私も自工場のライン開放基準を改訂しましたが、概念を文章として書くだけでは実務には使えないので、必ず自工場の製造ラインを例に挙げて、職長の助けを借りて図解入りで、運転員にも保全員にも容易に理解できるように工夫しました。私の工場ではプロセス物質が引火性液体だけだったので、まだ管理は容易だと感じましたが、今月の事故事例のように毒性物質を扱っている場合には更に入念な防護方法を組み込む必要があり、従業員教育も含めてとても大変だろうと思います。

今出	勤めていた職場の作業手順書では、最初に必要な保護具や工具、作業人数などの一般的な安全事項と、有毒・有害性、高温、高圧、落下、切傷などの作業特有の危険性と作業許可、ロックアウト、特別保護具などの対応策を記載し、最初にその作業の危険性と安全に行うための全体像を理解できるようにしていました。手順のステップの中では、図や写真などでできるだけわかりやすくすることは心がけていました。また、その作業ステップに関連する安全に関する注意事項も簡潔に記載するようにし、十分ではないかもしれませんが「なぜ」というところも補うようにしていました。
竹内	今回の事故で保護具を付けていたがどうも気になります。作業手順書の最初の項目は、その作業に適した保護具についてです。この事故事例では作業手順書が無かったとのことですから、プロセス流体を浴びる可能性は考慮できていなかったのではないかと想像します。以前、デュポンのある人から聞いた話ですが、サンプリング作業で手順を間違えて高温のプロセス流体を胸に浴びた社員がいたが、ノーメックスの保護具をしていたために助かったという話を聞きました。
安喜	特に作業に慣れていない人に手順書を正しく理解させるために、重要な作業や間違いやすい作業はビデオに撮って注意すべき事「なぜ」を分かりやすく解説する補助資料として教育していました。
木村	高圧ガス事故防止のために高圧ガスの特性(例えば、圧力が高いこと、圧縮ガスと液化ガスがあること又は可燃性ガスや毒性ガスといった分類があること等)を認識する必要があります。そのためには、高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料を広く知っていただくことが有効と考えられます。そこで KHK では国内の高圧ガス事故の再現映像、高圧ガスの実験映像、また、海外で作成・公開されている高圧ガス事故防止のために価値が高いと思われる事故映像(字幕・吹き替え付き)を、平成 30 年度～令和 6 年度に経済産業省から受託した事業の成果物として視聴覚資料(https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/av.html)として整備しています。令和 6 年度は四国にある事業所で起きたアンモニア漏えい事故を取り上げ、漏えいの起こったポンプでの取り外し作業の際の落下防止用のセットプレートとの差し込み・固定の不備とこれに関連する工事仕様書の不十分さについて述べておりもうすぐ公開の予定です。
司会	その他、今月の事故に関連した事例で補足するご意見などありましたらお願いします。
山岡	運転中に作業を行う場合に運転状況の変化により手順書の前提と違ってきたり、周囲で行われている作業の影響を受けるなど、作業中に状況が変化することを考えておく必要があります。状況の変化に適切に対応するために、「なぜ」この手順で行うかを作業者に理解させた上で、どのような状況の変化が考えられ、それにどう対処するかを事前に調査し決めておくことが大事です。
竹内	作業中に事前に用意した手順書通りにはできないことが判明することは、時々あります。手順の変更管理を行うことが必要ですが、その程度は工事管理者の判断にゆだねられることも少なくありません。ただ、変更管理の失敗で起きている事故が少なくないことも認識しておく必要があります。気付かないことに対して対策を講ずることは出来ません。どこにハザードがあるかを見抜く力が工事管理者に求められていると思います。
司会	本日は事故や間違いを起こさないために必要な作業手順書のあり方を中心に実際の職場での取組などについて伺うことができありがとうございました。実際作業する人にとってわかりやすく、間違いを起こしにくい手順書にすると同時に「なぜ」そうするのかを理解して作業することが重要だということがよくわかりました。
キーワード 空気式アクチュエータ、遮断弁、ロックアウト、ライン開放、手順書、作業許可制度、JSA(作業安全分析)、ダブルブロック&ブリード、閉止版、なぜ(Know-Why)、視聴覚資料、変更管理	
【談話室メンバー】 安喜 稔、飯濱 慶、今出 善久、上田 健夫、牛山 啓、木村 雄二、塩谷 寛、澁谷 徹、竹内 亮、中田 吉彦、林 和弘、春山 豊、松井 悦郎、三平 忠宏、山岡 龍介、山本 一己、頼 昭一郎	