

PSB (Process Safety Beacon) 2025 年 6 月号 の内容に対応	SCE・Net の 安全談話室 (No.228) 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: 飯濱 慶)
運転準備レビュー (PSB 翻訳担当: 頼昭一郎) 司会: 今月号は、 ① 運転前の安全レビュー(PSSR=Pre Startup Safety Review、新規のプロセス・改変されたプロセス・プロセスへの変更がスタートアップしても安全かを確認すること)、および ② 運転準備レビュー(ORR=Operational Readiness Review、プロセスのスタートアップやあらゆる停止状態からの再稼働の準備ができていることを確認すること) の違いを説明する内容です。 事例として、水圧試験を終了したスチームスーパーヒーター用コイルを改質炉に据え付けて運転を始めたところ、運転員がそのコイルの異音に気付いて運転を停止して調査したら、水圧試験時だけに使用すべきロックピンを運転前に外していなかったというもので、例えプロセスの停止中に機器の改造が無いとしても、安全に運転再開をするための事前点検を行う重要性を論じています。こ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: 今回の事例は事故になっていないので、事故報告書から情報を取ることができませんでした。リフォーマー(改質装置)のファーネス(加熱炉)と書いてあるので、石油精製関係のプラントだと思います。スプリングハンガーは、配管の熱膨張や収縮による垂直方向の変位を吸収し、適切な支持荷重を維持するために使用されることが多いそうです。ロックピンを付けた状態ではスプリングが効かず固定された状態だったと考えられます。その状態で加熱用コイルにスチームを流したため、コイルの膨張を吸収できずに異音が発生したのでしょうか。異音に気づいてロックピンを外したとしていますので、プロセス流体を流す前に気づいて対応できたのではないかと思います。 三平: 定修等の限られた時にしか扱わない今回のピンのような機器部品について、その設備のオペレータは一般的に詳しいことを知らないのではないかと思います。ピン取り付け部での異音を検知して直ぐ上司に報告したことで、機器の損傷を防止できたのは大変良かったと思いました。本来この種の作業は保全部門が炉のメーカーや関係専門業者に指示して行わせる作業内容で、製造側は自部門の保全担当者が内容を掌握して、概況をオペレータへ知らせているはずで、そこに抜けが生じて起きたトラブルなので、本来管理部門の問題として処理すべき内容を、強引に運転準備レビューに結び付けていることに違和感を覚えました。 飯濱: 事故報告書が無いので推測による感想ですが、この工場の管理者・従業員は「機器の改造が無いのだから、特段の運転前の安全レビュー(PSSR)も運転準備レビュー(ORR)も不要。いつもどおりの再スタート手順書でやろう」としていたように思われます。再スタート手順書のチェック項目に「ロックピンを外す」という記述が無かったとのことですので、再スタート手順書が実際の安全確保に役立たなかった訳ですし、「改造無し=ORR を省略する」という判断が有ったとも想定されるので、管理者側の責任が大きいです。 牛山: 少し異なる観点からのコメントですが、私共の会社ではこのような機器に保全工事のためにロックピンを付ける等の作業は保全部門の分担としていたので、保全部門から運転部門に設備を引き渡す時点では保全によるチェックは完了していて、その後で運転部門が ORR をやるとしても運転再スタート手順書には「ロックピンを外す」のような内容は入れていないのでは、と思いました。 林: 上部や横からの加熱方式など様々なタイプの改質炉があるので一概には言えないですが、私が改質炉を担当していた経験では、運転部門が過熱管の昇温時の伸びが適正であるか否かを監視するのは常識となっていました。昇温時の伸びが適正か否かを確認するのは昇温作業を司る運転部門にのみ可能な項目であり、Beacon の事例では、蒸気過熱管コイルの伸びを運転部門が監視していたのではないのでしょうか。それ故、異音に気付いた運転員の報告により事なきを得たのだと思います。改質炉の過熱管のような高温で伸びの作動域が大きい設備では、伸びが適正に動作するかを運転部門が確認するのは必須項目です。作業手順にスプリングハンガーの確認項目が抜けていたのは問題です。また昇温時に伸び動作が適正か否かを確認することも必須であり、事例の運転員が異音に気付いたことにも対応できたはずで、ピンの復旧がどの部門の担当であるかは別にして、昇温作業時の伸びが適正か否か、伸びの計測や目視確認、異音、変形などは確認項目に入れておく必要があったと思います。 司会: 今月号の事例に類似した事故或いはトラブルに関係するご経験や知見がありましたらお聞かせください。 竹内: これは、自分の家での経験ですが、折り畳み式の電動ベッドを設置した時のことでした。ベッドは畳まれた状態で立っていました。ベッドの足元の部分を引っ張って平らに設置するのですが、完全に平らにならないので変だなと思って下を覗いてみたら、ロックピンが刺さっていてピンが曲がってしまっていました。ベッドが畳まれた状態から自重で開かないように刺してあったものです。よく見ると手順書に「ロックピンを抜いてからベッドを広げる」と書いてありました。手順書をよく読まずに作業をしてしまったことによる失敗でした。後でメーカーに電話をしたら、代わりのロックピンを無償で送ってくれました。		

- 塩谷： 今月号の類似事例として BP 社のテキサスシティ製油所で発生した蒸留塔のオーバーフローによる爆発事故を思い出しました。事故原因の一つに、PSSR や ORR に不備があったことが挙げられています。スタート前の機器チェックにおいて、蒸留塔の液面計、液面用サイトグラス及び圧力調節弁に不具合があることが判明しましたが、スタートが遅延するとの理由で修理は実施されず、レベル計についてはブロック弁だけを交換し、スタート後に修理を行うこととしました。BP では、すべてのアラームと計装機器が正しく機能することをスタート前に確認することが求められていましたが、運転責任者は機器類のチェックは完了したことにしてスタート手順書に署名を行い、スタート操作を進めました。運転員はスタート操作中に蒸留塔の液レベルを正しく把握できず、オーバーフロー事象を発生させてしまいました。BP には定期修理後の設備のスタート操作には PSSR を実施するとの規程があり、メンテナンス作業の完了、ユーティリティの準備、機器類が正しく機能すること、運転手順と教育訓練の確認、アラームと計装機器のテストとキャリブレーション実施などを含んで、設備の安全システムと機器の妥当性の検証を行う必要がありました。運転管理者やプロセス安全管理者には、PSSR のチェックリストに署名し、設備のスタート操作の開始を承認することが求められていましたが、この時は PSSR は実施されなかったそうです。
- 山本： 今月号の「知っていますか」のトラブル事例に「モーターの逆回転」があります。モーターの回転チェックは設備の電気工事後に必ず実施しなければいけません、ポンプモーターの回転チェックを見逃した経験があります。苦い経験ですが、既存のユニット装置（機器や計装盤を一つのベースに搭載した装置）を他の場所に移設したのですが、その中の遠心ポンプが気づかれなくて、逆回転のまま数年間運転されていました。遠心式ポンプでは逆回転しなくても、ある程度液の吐出があるので、尚更、気づかなかったと思います。
- 飯濱： そうですね。私も遠心式ポンプの設計・開発をやっていたことがあり、試作ポンプの運転テストで「アレ、吐出圧が出ない！」と思って調べたら、3相モーターの結線を間違えて逆回転させていた、という失敗を何度かしました。遠心式ポンプは逆回転しても本来の吐出圧の半分位は出せますし、流体をある程度流せるため気が付かないことがあります。やはり電動機の結線を確認しておく必要がありますね。
- 山本： 私の事例では、ユニット装置内の計装盤からポンプモーターの結線は既存のままで正しかったのですが、外部電源からユニット装置への結線で間違ったようです。ポンプからの吐出流量が性能に大きく影響するろ過装置だったので残念でした。
- 牛山： 凝固点の高い液体の配管の事例ですが、二重管にして高圧スチームで加熱して溶解しています。外側の加熱管には熱膨張を吸収するエキスパンドを付けてあります。このエキスパンドには伸び調節用のボルトが6本あったのですが、運転する場合には締付を緩めて、加熱管が温度変化で伸縮できるようにしておく必要があります。ところが、ある時保温材を取り付けてしまっていたためそのボルトの締付状態を確認できず、締付けたまま運転を始めたことで、エキスパンドが働かず外管のフランジへの溶接部分が破断してしまった、という不具合を起こしたことがありました。
- 司会： 定修期間に幾つかの機器に水圧試験とか機能試験を行うことはよくありますが、試験に合格した機器を配管系に再組み込みする際の確認手順について、皆さんの知見がありましたら、ご紹介お願いいたします。
- 牛山： 失敗の事例ですが、高圧機器の試験をする際に高圧用試験パッキンを使っていました。しかし、試験を終え高圧機器をプロセス設備に戻す時には運転用正規パッキンに交換すべきところ、試験パッキンのまま接続してしまい、運転を開始してから漏れが生じるというトラブルがありました。このような場合には ORR を実施すべきだったのですが、昔のことなのでそこまできちんと出来ていなかったです。
- 飯濱： 確かにパッキン類は一旦組込んでしまうと、外からは点検できないですね。勤務していた会社の顧客の事例ですが、ある日販売代理店の方から「飯濱さんの工場に〇〇サイズの O リングの在庫はありませんか？ お客さんの工場で定修後に運転再開したら数時間もしないうちに可燃性原料が漏れ出して大変な事態になっています」と電話がありました。幸い在庫が有ったので、直ぐに工場スタッフに必要な数を持たせて、新幹線に乗って東京駅まで運んでもらい、代理店の方も新幹線で東京駅まで受け取りに来てもらい、なんとかその日のうちに事故にならないで修理を終えられた、というものです。O リングは大部分がほぼ同じ黒色で、一見では材質の違いは分かりませんから、組付け時には細心の注意が必要です。
- 林： ガasket装着のミス防止する方法として、ガasket作業責任者制度を設けていました。仕様間違いや片締め防止を目的に、教育や訓練を受けて、ヘルメットに資格ワッペンを貼付した作業責任者がいないガasket装着はできないという制度です。万一トラブルがあった際には、施工者が明確で、その人物が施工した箇所を全部再確認するという歯止めも可能です。近隣各社と共同の制度で、どの会社でも資格者は有効としていました。その他に端子ボックス内の解線・結線なども資格者制度を設けていました。
- 竹内： ガasketで思い出したのですが、自宅の湯沸し器の湯側の配管のガasketとして普通のゴムパッキンが間違っていて付いていて、設置数年後に漏れてきた経験があります。外してみたら、パッキンがボロボロになっていました。対応してくれた工事業者によれば、湯沸し器を出たばかりの湯は高温になるので、耐熱性のあるシートパッキンという固いパッキンを付けるべきだとのことでした。湯沸かし器を設置した作業員が誤ってゴムパッキンを付けてしまったようです。ゴムパッキンと比較してシートパッキンは弾力性が乏しいので、つけ方が悪いと直ぐに漏れてしまうという問題もあるとのことでした。

司会： 今月号の記事によると、スチームスーパーヒーター用コイルに関して、PSSR を必要とするような改造は無かったが、ORR をしておけば運転開始前にロックピンを発見できたはずだ、と指摘していますが、これに関連して皆さんのご経験や知見がありましたら、ご教示ください。

飯濱： 私が勤務していた工場で「定修の時に清掃だけならば設備の点検はしない」という運用が続いていたのですが、ある時清掃だけといいながら分解・点検・再組立てをする機器があり、その内部のアジテーターのインペラーを付けないまま外側のカバー等を組み立てし、攪拌状況を点検しないまま運転に入ったためアジテーターとして機能せず、重合反応が始まらないという問題となったことがありました。設備損傷やケガは無かったのですが、設備の総点検を行なったため生産時間をほぼ 1 シフト分失うことになりました。例え改造は無くても、機器の再組み立て時のミスは起こりやすいので必ず点検が必要で、どこまで点検し、どこは省略するか基準を決めておく必要があります。

藤村： 弊社では 3 種類の運転前の安全レビュー(PSSR)が運用されています。一つめは定修工事のような大規模なメンテナンスや新設設備を対象としたメジャーな PSSR で多くのチェック項目があり、そのエビデンスもチェック対象です。二つめは突発休止を対象としたマイナーな PSSR で一つめに比べて簡素化されています。三つめは変更管理対象となるものの PSSR です、主に変更部分のチェックになります。一時的な変更も変更管理の対象となるため PSSR が必要となり、一時変更した部分をチェックします。一方で、PSSR の対象とならないケースも含めたすべてのスタートアップは、スタートアップの指示書とチェックシート、また必要に応じてフローシート等を用いて運転準備(OR)を行い、それをレビュー(ORR)します。

林： 勤務した企業では、SA(Safety Assessment)と SR(Safety review)に分けて対応しておりました。PSSR に該当する SA は、変更管理の SA を含めて、その Risk に応じて課内→部内→事業所とレベルが設定され、プロセスや工事に伴う SA が実施されていました。SR は、保安活動と位置付けられ、主に定期修理後の運転管理や設備管理の見直し、課→部→事業所レベルで行われていました。運転準備レビュー(ORR)に該当する運転準備も、その Risk に応じて課内→部内→事業所のレベルが設定され、審査を行っていました。定期修理後のスタートアップでは、課のラインチェックなど各準備操作をフローに整理したチェックシートにより、各段階での承認を経て、部の審査の後、最終的に 3 部門(製造・保安・設備)の長により審査が行われ、合格後に運転開始としていました。

飯濱： 皆さんが担当されたプロセスで、生産調整のために一時的にアイドリング運転のようにして、その後生産運転を再開するような場合はどうなっていましたか？

牛山： 蒸留塔などでは後工程が詰まっていて、全還流運転するような場合は「停止」にはならないですね？

飯濱： 個々のプロセスの詳しい運転事情は分からないのですが、私が勤務していた工場では、生産調整のため、反応開始剤は投入せずに原料だけを循環させておいて、製品は出さない(＝重合させない)、という方法を実施していましたが、この場合、製品の製造スタート時に ORR は行っていませんでした。というのは、機器の分解とか原料を抜くとかは全くやりませんし、温度や流量を下げることもしないので、プロセスとしては運転継続の状態だから、と理解しています。

司会： 「あなたにできること」の中に、「閉止器具を取り外す際には会社のロックアウトおよびライン開放手順に従うこと」とされていますが、皆さんがよく使っておられた手順・方法がありましたら、お聞かせ下さい。

飯濱： 多くの化学系や石油系の事業所で実施されているので、ご存知の方は多いと思いますが、閉止板に背番号を付けておいて、定修が終了して縁切りを順次解除する際に閉止板が全部回収できているかを確認していますね。「○番の閉止板が未回収だ！」と簡単に分かるので、コストもほとんど掛かりませんし、良い方法だと思います。

竹内： ブラインドフランジは外から見ただけでは、よく判らないです。石油系プロセスを設計していた時に、ブラインドフランジを刺すためにメガネ型回転式閉止板を付けることがありました。これを使うと、どこが開になっていて、どこが閉になっているか一目瞭然です。眼鏡フランジとも言いますが、英語では、Spectacle Blind Flange と呼ばれています。右にその写真と使用状態(閉止)の写真を示します。

出典：” Piping & Pipeline Engineering”

<https://www.youtube.com/watch?v=tnFxLZICRbY>



飯濱： ある顧客の事業所で見た事例ですが、閉止板に番号を付けるだけでなく、ピンク色等の目立つリボンをつけてあるので、閉止板を刺してある場所が遠くからでもよく見えました。余程の事でもない限り、外し忘れるはないだろうと思いました。

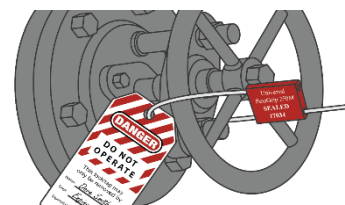
林： 製造部門は飯濱さんが言われたような管理を行っていましたが、槽内作業や火気作業などの工事に伴う縁切りのための弁の開閉、仕切り板挿入、配管取り外しなどは、「安全養生図」と呼ぶ設備のノズルを含めたフローシートを作成し、番号管理し、番号付けされた箇所ごとに、3者(製造・工事担当・協力会社)立会で札付けし、作業日時と実施者、復旧日時と実施者のサインで管理し、復旧完了後に札を取り外していました。

司会： その他、今月の事例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。

竹内： 日本では未だ普及していませんが、カーシールという器具があって、普段は操作しないバルブを固定しておくためのものです。緊急時にはワイヤーを切断してバルブ操作することが可能です。色々な材質のものがありますが、構造は南京錠の掛金具の部分が細長い金属ワイヤーや樹脂でできていて、比較的簡単に切ることができます。一度切ったら使い捨てになります。緊急対応のために切った場合は、必ず「〇〇番のバルブを操作した」などと報告することになっています。これを使用している場合は、ORR の時にはカーシールが切られていないことを確認することが必須です。私が現役のころは、まだチェーンと南京錠で操作禁止バルブを施錠していましたが、緊急時に異常を発見した者が南京錠の鍵を持っていないと対応が遅れることになります。比較的新しい器具なので、私自身は使用経験がないのですが、良い方法だと思います。

出典: Universeal (UK) Ltd <https://www.universeal.co.uk/car-seals-for-safe-lockout-of-valves>

Car Seals
for Valve
Lockout
Safety



飯濱： 私の現役最後の年は 2015 年でしたが、カーシールは使用していなかったです。当時は、例えば常時閉止固定のバルブならばペイント塗っておくとか、チェーンをハンドルに掛けて固定してから常時閉の札をかけるとかは行っていました。

竹内： そうですね、開とか閉とかの文字が記された赤や青のプラスチック札をバルブに取り付けてある場面はどこの工場でもよく見かけました。

山本： 今月号の「知っていますか」に、頻度の高い事故事例として「ドレンの開放」が記載されています。バッチプロセスの生産設備の品種の切り替え時には、プロセスの配管系を全て溶剤で洗浄して、洗浄液をタンクに回収した後、配管のドレンから洗浄液を全部抜きます。ドレンで洗浄液を抜くためには長時間かかります。このようなプロセスでは、めったにありませんが、ドレン弁を閉め忘れたまま、次の工程を開始して漏洩事故に至ることがあります。このような場合では ORR をしっかり実施し、チェックリストなどでドレン弁がしっかり閉まっていることを確認して、次工程に移る必要があります。設備設計に関しても、ドレン弁の数の最小化やドレンの抜けやすさ、重要なドレン弁ではリミットスイッチを付けて警報表示やインターロックの設置を検討すべきですね。

竹内： それに関連して、防油堤に溜まった雨水を抜くためにドレン弁を開けたまま閉め忘れて、その後油が漏れて河川の汚染に繋がったという事故もありましたね。防油堤から排水するには長時間かかるため、しっかりと管理しないと閉め忘れてしまうことがあるのでやっかいです。

牛山： ドレン弁から洩れ雨水溝を経由して構外に油が漏洩し、河川や海を汚染するという事故は多いですね。消防署の事故報告を見ていると毎年何件かあります。

山岡： 運転準備レビューの範疇だと思いますが、エチレンプラントで経験した事例を 1 件。定修で、圧縮機のタービン駆動用として使用する過熱蒸気発生用のスチームスーパーヒーターのチューブの点検で肉厚が薄くなっている部分があり、本装置設計のエンジニアリング会社より「計算上次の定修までもつ」との見解が示されましたが、当機器はプラントの最重要機器の 1 つであることから工場内で慎重に検討して定修を延長しチューブを交換する措置を取った事例です。

司会： メンバーの皆様には長時間の議論ありがとうございました。

本日は改質炉の運転開始時の重大ヒヤリを題材にして、PSSR と ORR の役割の違いを議論すると共に、運転開始前の安全点検に係る様々な体験談や各社で工夫されている活動を紹介して頂きました。読者の皆様に少しでもヒントになればと願っています。

キーワード スチームスーパーヒーター、再スタート、運転前の安全レビュー(PSSR)、運転準備レビュー(ORR)、保全部門と運転部門(の役割分担)、逆回転、定修、改造(の有無)、変更管理(MOC)、閉止板、パッキン/ガスケット/Oリング(組付け状況が外部から見えない機器)、カーシール、工事の管理(安全養生図)、ドレン弁(の閉め忘れ)

【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、藤村雅也、松井 悦郎、三平 忠宏、山岡 龍介、山本 一己、頼 昭一郎