

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2019年10月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の 安全談話室 (No.160) 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: 山岡龍介)</p>
---	--	---

今月のテーマ: 応答の遅い制御系—それは警告サイン

(PSB 翻訳担当: 齋藤興司)

司会: 今月号は、応答の遅い制御が、システム全体の問題が起こり始めていることへの警告のサインと捉えて、大きな問題になる前に対応をとること、というテーマですが、この記事の内容について疑問点やご意見がありましたらお聞かせください。

三平: 制御系に生じた小さい問題でもそれが警告のサインというのは大事なポイントですが、今月号には実際に起こった事故やトラブルの事例ではなく、仮定の形で語られているので、実際的なインパクトが小さく、話の展開がしにくい面があります。

山岡: 冒頭に述べられていた『制御システムの応答に時間がかかったが最終的には正常に反応した』という事例は、実例なのか、想定事例なのか、もし実例だとすれば、正常に反応する迄の時間にもよりますが、普通は運転者は反応が遅いと気づいた時に「何故か?」という疑問をもち対処するはずで、正常に反応する迄待っていたのでしょうか。

金原: 本文を読んだ感想として、最近では DCS を活用する様々な運転支援システムが開発されています。私が工場長の時代には Exaquantum というシステムを活用し、周辺のプロセスと比較して計器の指示値が正常かどうかをチェックするようなシステムを導入しました。それで万全であるとは言いませんが、計器の誤指示によるトラブルは減ってきていると考えます。

司会: 制御系の応答が遅かったり、要求通りの動きをしなかった事例、あるいは、それによってトラブルが起こった事例のご経験はいかがでしょう。

金原: 先に申しました通り、最近はこの種のトラブルは減ってきていますが、30年以上前にスラリーを扱っているプラントで、コントロールバルブ(CV)周りの保温が不十分だったためバルブに結晶が析出して閉塞し、ポンプがトリップしてしまいました。後にバルブを解体して調べたところほとんど有機物の紛体で詰まっていました。ただ詰まりによって制御できなくなったかという、わずかでもすき間があれば流量が確保でき制御してくれるので異常に気付かなかったという問題があります。圧損計算では理解できない現象です。類似例があれば教えて下さい。

澁谷: 計装系そのものではありませんが、フッ素系樹脂の共重合反応を行う重合機で起こったトラブルです。原料モノマーは液体で、溶液重合で反応させますが、反応が進んでポリマーができるスラリー状になり更にバッチの終わり頃には固形物が多くなります。均一な組成になるようコントロールするために強引に攪拌したら重合機の温度をコントロールする温度計が折れて緊急停止しました。スラリー状なので攪拌状態がはっきりわからず、温度計の保護管にどの程度の強度が必要なのかチェックできなかったためです。中に入れた温度計が攪拌時にトラブルの原因とならないように設計時によく考える必要があることがわかりました。

三平: PVC 重合でもスラリーが高濃度になると、昔は長く差し入れた温度計の鞘管の根元にクラックが入ったり、折れたりしたことがあるようです。私が運転から設計に関わった頃は挿入を短めにして付け根を補強していました。

金原: 攪拌と制御系の関係のトラブルと言えば、ポリマー原料を貯蔵していたタンクの中の攪拌が不十分であった為にタンク内の温度計の測定値が実態と違った温度になってしまい、温度上昇に気づかなかった為にタンク内部の温度が上昇し、その際発生したゲルの一部がタンクから抜出配管を経由して流れ出し、ポンプを詰まらせたというトラブルがありました。再発防止のために攪拌を強化する措置をとりました。

竹内: 攪拌が不十分な場合は、温度や濃度が不均一になるために危険な状態になることがあるから注意が必要ですね。以前 PSB に取り上げさせて頂いた日本触媒さんの事故も天板リサイクルという攪拌ができていなかったことが事故原因のひとつでした。

金原: もう1つ紹介しますと、計器用圧縮空気(圧空)配管の詰まりによるバルブの作動不良のトラブルで、コントロ

ールバルブ(CV)の作動不良の為に、前にある槽の液面が制御できないトラブルが発生しました。調べてみると、CVを作動させる圧空の供給配管の途中で鉄さびがあり、それによって圧空の供給配管が詰まっしまい、弁の作動ができなくなったことが分かりました。圧空はフィルターを介し、除湿も行っていたのですが、除湿が不十分であったので、ドレン化し錆を発生させたものです。このトラブルを機にフィルター点検強化、除湿の強化を行いました。

三平： 計装空気の除湿はオペレーター時代に乾燥剤による 2 塔切り替え方式を使っていて、煩雑な自動切り替え操作が気になっていました。その後 PVC プラント新設を担当した時に、圧縮機の後段に冷凍機を入れて空気を冷却して除湿するようにしました。後ろの圧縮空気タンクのドレン抜きも重要で、トラップによる自動抜き出しの故障でトラブルを起こしたことがあります。現場パトロールでチェックしていました。

竹内： 私がエンジニアリングに携わっていたのは1970年代後半から80年代前半ですが、その頃はほとんどがPSA(圧カスウィング吸着法)だったように思います。

今出： 空気中の水蒸気量は気温の変化などにより変動するので、計装用に使用する空気は、水分の結露や氷結を防ぐためにドライヤーでの除湿の際に、露点を慎重に管理していました。

山本： コントロールバルブのトラブル事例ですが、遠隔でコントロールするバルブは日常的に容易に点検できる場所に設置しないと運転に支障をきたします。遠隔から作動させる自動ボール弁を屋根の上に設置したため、日常的な点検ができず、アクチュエータとバルブの軸の継ぎ手が塩害の腐食でポロボロになり、アクチュエータが動いてもバルブに力が伝わらず、バルブが作動しないというトラブルを経験しました。バルブのリミットスイッチ(アンサーバック)もアクチュエータ側についているので、操作室からでは異常が見つけれません

金原： センサーの不良によるトラブルの事例ですが、浮きばかりの原理を使って液々界面の位置を計っていた抽出塔で、界面がなかなか下がらないと考えたオペレーターが界面を下げるために塔底部の抽出量を増やす操作をし続けたので、結果的に界面上部の液が底部に流れ出てしまったことがありました。原因を調べると管理していた温度が設計より低かった為に液密度が高くなって浮きの位置が上がり、見かけ上の界面が上がってしまったことが原因と分かりました。測定の原理を知らないで温度管理をするとこのような結果になるということを反省しました。

竹内： 金原さんの事例に類似した例として、BPのテキサス製油所の大きな爆発事故があります。この事故は、ディスプレイメントタイプの液面指示計で塔の液面を測定していましたが、実際の液面が上昇していたのにもかかわらず液面の指示は低い値を示していました。その間に塔から液が溢れて出て爆発に至った事故です。塔内の液温が上がり液の密度が小さくなったためディスプレイサが沈み、見かけの液面が下がったのです。このことにより運転員が液面上昇を認識できず、このような事故になったのです。(詳細は Beacon 2007 年3月号に掲載されています。)

山岡： 同様の事例で、私が在籍した工場のプラントの蒸留塔で、外筒式のディスプレイメント液面計を使用して液面調整をしていますが、重合物ができて液の比重が変わったり、連通管に重合物が付着したりすると液面を正確に示さなくなったり、指示が不安定になるので注意していました。

金原： 新しくスタートした酸化反応器出口の酸素濃度が大きく振れて不安定であったので、内部構造を調べてみると、供給ノズルの構造に問題があることに気づきました。今のように CAE で解析できる時代でなかったので1/10のモデルを作り、様々な形をしたノズルを作って流動状態を観察して比較しました。その中で、一番流動状態のいいノズルに変更したところ、酸素濃度の振れ幅が大きく改善し、制御系も安定しました。

司会： 『応答の遅い制御』にこだわらず、計装系や計装システムに関係するトラブルなどのご経験がありましたらお話しください。

三平： 問題が生じたわけではありませんが、PVC 重合器の温度制御についてお話します。バッチ方式なのでVCモノマーを重合器に入れた後、目的の重合度を得るための目標反応温度に最短時間で昇温させなければなりません。温水で急速加熱した後、目標反応温度の直前に冷却へ切り替えて温度をオーバーシュートやハンチングさせないような制御方法をいろいろと検討・工夫し、実用化していました。

バッチ式では各重合器に運転が必ず停まる時間帯があります。計器に問題が出ればその時間を使って修理し、大きな故障では計器そのものを差し替えて運転していました。

今出: ポリマーの押出機での経験ですが、鑄込みヒーターで加熱し熱電対で温度を制御していました。あるときバレル温度は設定値よりも低い値を記録していたのですが、鑄込みヒーターの一部が溶融したことがありました。熱電対は先端をバレルの穴に押しえつける方式でしたが、バレルとの間に樹脂の炭化物が残っており正しい温度が測定できず、ヒーターが過熱してしまったことによるものでした。

金原: 押し出し機の中ではポリマーが分解することがあり、その為に随所にベントが設置されていると考えますが、そこでは測定できなかったのですか。

今出: 押出機は流れ方向に何分割もされておりそれぞれのブロック(バレル)毎に温度制御しています。鑄込みヒーターの溶融が起こったのは出口のバレルでした。確かに途中のバレルにベントはあって真空引きしているのですが、真空度や前後のバレル温度の影響もあるので、分解ガスの温度で今回のトラブルの検出するのは難しいのではないかと思います。

金原: 最近ではシール系がしっかりしてきて、シールが悪くてトラブルが起こることは少なくなりました。しかし、シールの良し悪しは人の目では判断しにくいです。制御系が外れているかどうかを判断するための検出をシステムとして考える動きが出ており、この動きは今後進んで行くと思われれます。

竹内: 基本的に制御系というのは、PSM でクリティカルな設備に該当することが多いので、各社はそのメンテナンスに一生懸命取り組んでいると思います。例えば、重要な計器は冗長化して二重に測定したり、万一計器に故障が生じたりしてもシステム全体に問題が出ないように設計するなどの対応がなされています。

金原: ある計器そのものが正しいかどうかを他の計器で判断することも行われています。これはDCSを使って認証することで確かめることができるようになり、DCSを使うことによりかなりレベルアップしています。

竹内: DCS に関して言うと、トラブルにはなりませんでしたが、DCS を新しいものに切り替えたとき、気を遣ったことがあります。それは CPU が速くなったことで、古い DCS はデータを見に行くのに数秒に一度と時間がかかったのが、新しいのは1秒かからずにできました。このため、それまで使用していた制御パラメーターを新しい制御システムに適用するとゲインが大きくなり過ぎて制御できなくなることが分かっていました。そうならないように、新しいシステムに切り替えるとき全面的に見直しをしたので相当の時間を要した経験があります。

今出: 制御系の PID 値などのパラメーターはプラント立ち上げ時には設定されますが、設備、計装品、原料、運転方法等が変わるとマッチしなくなります。制御特性がいつもと違っていたらプロセス条件の何かが変わっていることもありますので確認が必要です。

塩谷: 制御ループの問題によりプロセス値が発散し、上限を超えてインターロックが作動した経験がありました。原因調査により、PID 値が異常な値に変更されていることがわかりました。再発防止として、PID 変更時はこれを記録に残し、重要計器についてはシフト間の申し送り事項としました。DCS の設定値などは勝手に変更されないようにする必要があり、インターロックと関連しているパラメーターなどは特に重要で、設定変更の変更管理は大事です。

牛山: 制御性の問題についてですが、反応塔の触媒再生プロセスで、温度の上がり方に対する空気の制御が難しく、反応塔内の触媒が損傷したことがありました。触媒に付着した不純物を燃焼除去させるため空気を入れていったのですが温度がなかなか上がらず、ある時点から急激に上昇し始めて空気量を調整しても今度は除熱が追い付かず、触媒を損傷させました。制御系と実際に対応する系との変化の関係を正確に捉えて制御系と実際の系を合わせるよう設計する必要があります。

竹内: 学生時代に修士論文の実験で、固定床の反応器を使った実験とコンピュータで行った Dynamic Simulation のデータと比較していました。反応器の各所に温度センサーを設置し入り口温度の条件を変えることによって Thermal Excursion を発生させる実験をしていました。反応器内の温度変化を測定し、シミュレーション結果と比較したところ、実験値の方が、温度が低く応答も遅かったのです。実験室ではプローブなどから熱が失われて測定温度が低くなったと思われれます。温度計自体がもっているタイムラグも応答の遅れに寄与していたことがわかりました。

司会: 制御系は設備の安定操業を側面から支える重要な役割もっています。今月号のPSBには事故やトラブル事例がなかったためお話しにくかったと思いますが、制御系や計装システムに係わるトラブルや問題点、対策等について皆様から多くの経験や知見をご披露いただきましたので、大いに参考になったと思います。ありがとうございました。

キーワード： 制御系、計装システム、警告、計装用空気、コントロールバルブ、センサー、界面制御、液面制御

【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、塩谷 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