

製造所加熱炉内の爆発事故及び循環冷却水施設における 潤滑油漏えい事故

堺市消防局予防部危険物保安課 課長補佐 岡本 真也

当消防局管内の石油コンビナートに存する石油精製事業所において発生した2つの事故事例について紹介する。

第1 製造所加熱炉内の爆発事故

～事前に抽出したリスクを回避するための作業中に当該リスクが発生した事故～

1 事故の概要

- (1) 発 生 日 時 平成30年9月26日 16時32分頃
- (2) 発 生 施 設 重質軽油水素化脱硫装置の加熱炉 (写真1)
- (3) 設 置 許 可 昭和45年
- (4) 人 的 被 害 なし
- (5) 物 的 被 害 加熱炉の一部破損
- (6) 事 故 状 況 重質軽油水素化脱硫装置の加熱炉におけるインターロックの運転中検査を実施するにあたり、事前準備として加熱炉燃料ガスのバイパスラインに閉塞がないことを確認するための作業を実施していた時に、加熱炉内で爆発が発生したもの。



写真1 加熱炉

2 インターロックの運転中検査とは

インターロックとは、適正な手順以外の手順による操作が行われることを防止するため、又は正常に製造を行うための条件を逸脱したとき自動的に原材料の供給を遮断する等により製造を制御するためのものである。

今回のインターロックの運転中検査は、加熱炉の燃料ガスを供給するラインにおけるバルブの作動点検を、加熱炉を止めることなく（燃料ガスの供給を止めることなく）検査するものであった。

加熱炉の燃料ガスラインとバイパスラインのフローを図1に示す。インターロック検査では、赤色で示した燃料ガスラインのバルブの開閉状況を確認する。バルブを閉止することにより燃料ガスの供給が遮断されるため、黄色で示したバイパスラインを使用してインターロック検査中も加熱炉へ燃料ガスを供給する。

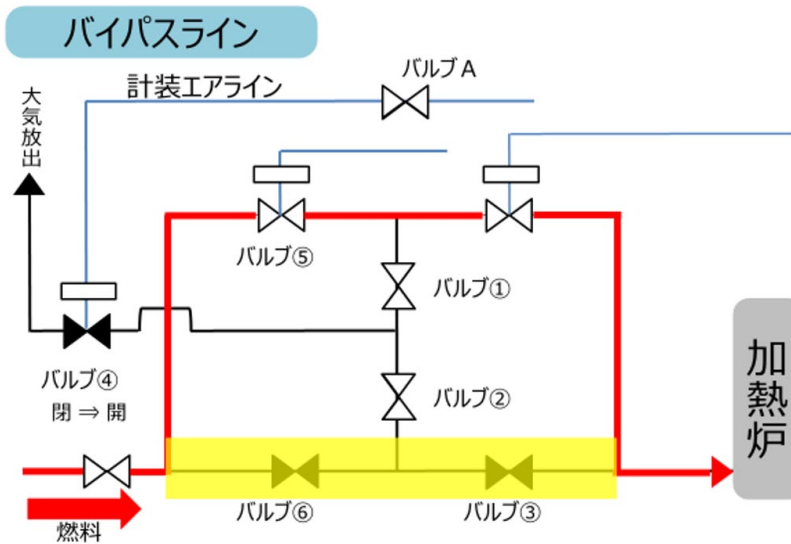


図1 バイパスラインの概要

3 事前に抽出されたリスクとリスク低減策

インターロックの運転中検査を実施するにあたり、作業当日に危険予知ミーティングが行われた。加熱炉内のバーナーが消炎してしまうと内部流体の温度が下がり、装置全体に与える影響が大きく正常な運転を継続することができなくなることから、「加熱炉内のバーナー消炎」がリスクとして抽出された。

具体的には、インターロックの運転中検査において燃料ガスラインのバルブを閉止した際、バイパスラインに閉塞等があると加熱炉内に燃料ガスを供給できなくなり、「加熱炉内のバーナー消炎」が生ずるといものである。

リスク低減策として、インターロックの運転中検査を行う前にバイパスラインの閉塞がないことを確認するための通気確認作業が検査当日に追加された。バイパスラインのうち、まずはバルブ③が設置されている部分に閉塞がないことを確認する作業を行うこととなった。（図2）

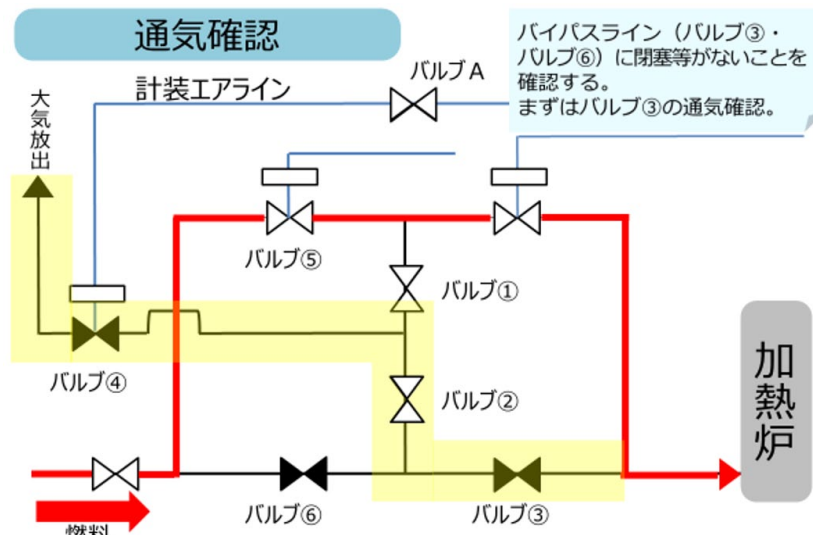


図2 予定していた通気確認作業

4 通気確認作業中に加熱炉内で爆発発生

図2において、バルブ③が設置されているバイパスライン部分の通気確認を実施するにあたり、黄色で示した大気放出ラインに燃料ガスを送るため、以下の手順でバルブ開閉操作を行う予定であった。

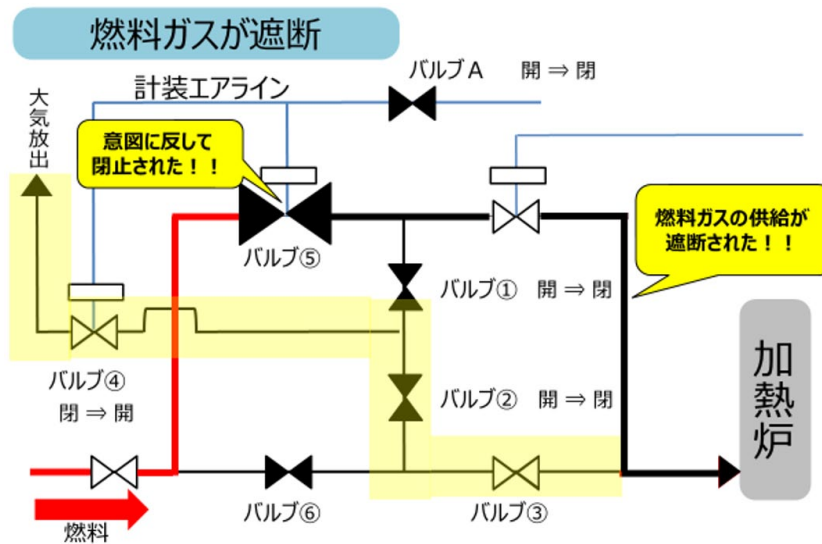
予定していたバルブ開閉操作

- (1) バルブ①・②をそれぞれ閉止
- (2) バルブ③を開放
- (3) 計装エアラインのバルブAを閉止することによりバルブ④を開放
- (4) バルブ②を再び開放することにより、黄色で示した大気放出ラインに燃料ガスが通気される。

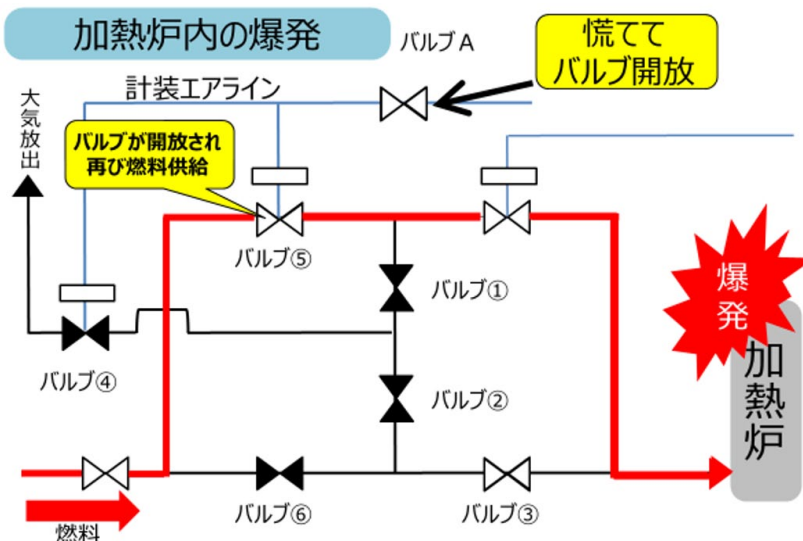
この手順でバルブ開閉操作を実施していたところ、想定していなかったバルブの作動が発生した。

実際のバルブ開閉操作

- (1) バルブ①・②をそれぞれ閉止
- (2) バルブ③を開放
- (3) 計装エアラインのバルブAを閉止することによりバルブ④を開放すると同時に、意図に反して燃料ガスラインのバルブ⑤が閉止された。これに伴い、加熱炉への燃料ガス供給が遮断されてしまった。(図3)



燃料ガスラインのバルブ⑤が閉止し燃料ガスの供給が遮断されてしまったため、バルブ⑤を開放し直ちに燃料ガスの供給を再開させたところ、加熱炉内の爆発が発生した。(図4) (写真2)



破損状況



風箱の変形



燃料ガス配管の変形



配管の保温・板金剥離



支柱耐火ボード剥離

写真2 破損状況

5 事故原因

(1) 直接原因

バイパスラインの通気確認作業において、意図に反して燃料ガスラインのバルブを閉止してしまったことにより燃料ガスの供給が停止し、加熱炉内のバーナーが消炎した。

バーナーが消炎した状態で、高温の加熱炉内に燃料ガスの供給を再開してしまったため、燃料ガスの発火点を超え、発火・爆発に至ったものである。

(2) 本質原因

① 加熱炉内のバーナー消炎について

バイパスラインの通気確認作業は、インターロックの運転中検査当日の危険予知ミーティングで追加されたものであり、当初の予定にない作業であったため、本来であれば作業計画の見直しに伴う手順書等の確認・見直しが必要であった。

しかし、確認・見直しが不十分であり、バルブ④とバルブ⑤が連動しているという計装エアラインの設計に気づくことができず、意図に反して燃料ガスラインのバルブを閉止してしまい、加熱炉内のバーナーを消炎させてしまったものである。(図5)

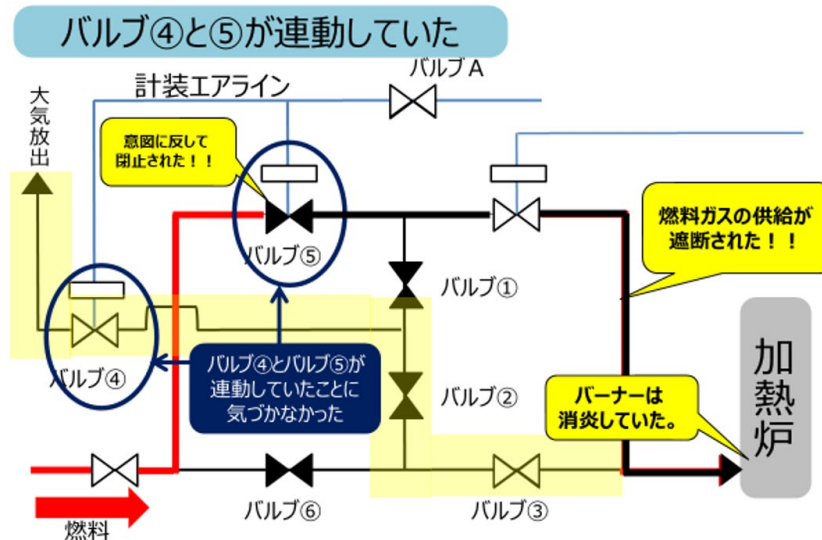


図5 計装エアラインのバルブ運動

②バーナー消炎後の燃料ガス供給再開について

事前の危険予知ミーティングでは、「加熱炉内のバーナー消炎」がリスクとして抽出され、当該リスクの低減策（バイパスラインの通気確認）は確認していたが、バーナーが消炎したときの対応策については確認ができていなかった。

ゆえに、燃料ガスラインのバルブが意図に反して閉止したことに慌てた作業員は、バーナーの燃焼状況を十分に確認しないまま高温の加熱炉内に未燃焼の燃料ガスを供給してしまったため、発火・爆発に至ったものである。

加熱炉内のバーナー消炎時の手順は社内規定で定められていたことから、事前に当該規定を確認していたならば防ぐことができた事故である。

6 再発防止対策

(1) 計装エアラインバルブの個別操作化

今回の通気確認作業を行った施設では計装エアラインのバルブが連動していたが、別の類似施設では連動していない設計の施設も存在し、連動タイプと個別操作タイプが混在していた。当該事故発生施設は連動していないものと思えばいい可能性もあることから、計装エアラインのバルブは全て個別操作タイプに統一することとなった。

(2) 想定リスク発生時の対応の共有

作業前の危険予知ミーティングにおいて「加熱炉内のバーナー消炎」がリスクとして抽出されていたが、実際にそのリスクが発生してしまったときの具体的な対応について十分に共有されていなかった。今後は、抽出したリスクが発生したときの対応方法を共有するため、社内規則で定めている非正常作業手順書の項目に「想定リスク発生時の対応」を追加した。

(3) 非正常作業手順書作成の徹底

社内規則では、非正常作業において計画及び手順の変更が必要な場合は、作業を一旦停止し手順書等の変更・見直しを行うよう定めていたが、安全対策会議議事録等で代替することを認めていた。今回も代替していたため、非正常作業にかかる手順書の変更・見直しが行われなかった。今後は議事録等による代替を認めず、全ての非正常作業において手順書を作成し、必要な検討項目を確認することとした。

(4) 加熱炉の運転状況判断の再教育

今回、加熱炉内のバーナーが消炎していたにもかかわらず、燃料ガスの供給を再開してしまった。バーナーの燃焼状況を十分に確認していれば防ぐことができたことから、今後は、バーナーの燃焼状況判断を確実にを行うために、酸素濃度、圧力、温度、燃料ガス流量、制御バルブ開度などで判断することを再教育する。

第2 循環冷却水設備における潤滑油漏えい事故

～忘れたころにやってきた災難～

1 事故の概要

- (1) 発 生 日 時 平成31年4月6日 18時52分頃
- (2) 発 生 施 設 循環冷却水設備（非危険物施設）（写真3）
- (3) 設 置 時 期 昭和45年
- (4) 人 的 被 害 なし
- (5) 物 的 被 害 潤滑油約500L漏えい、配管保温材若干焼損、潤滑油配管の折損
- (6) 事 故 状 況 定期整備が終了し、スタートアップ作業の開始にあたり、各装置へ冷却水を供給するため、蒸気タービン駆動のポンプを起動したところ、潤滑油配管の折損により潤滑油が漏洩。タービン下部の蒸気配管（約460℃）に接触し発火、保温材が若干焼損したものの。



写真3 循環冷却水設備

2 配管の折損状況

循環冷却水設備は、石油精製装置の冷却器等の熱媒としてポンプで送水し、循環して戻ってきた水は冷却塔で冷却、薬品処理した後再び送水するための設備である。当該事業所では、装置の通常運転中はモーター駆動のポンプを使用しているが、スタートアップの際は蒸気タービン駆動のポンプを使用している。

今回の事故は、蒸気タービン駆動のポンプにおける潤滑油配管が折損したものである。配管の仕様を表1、配管の折損状況を写真4に示す。

材質	炭素鋼
サイズ	1 / 4 B
公称肉厚	2.3 mm
運転温度	30 ~ 40 °C
運転圧力	0.2 MPa

表1 配管の仕様

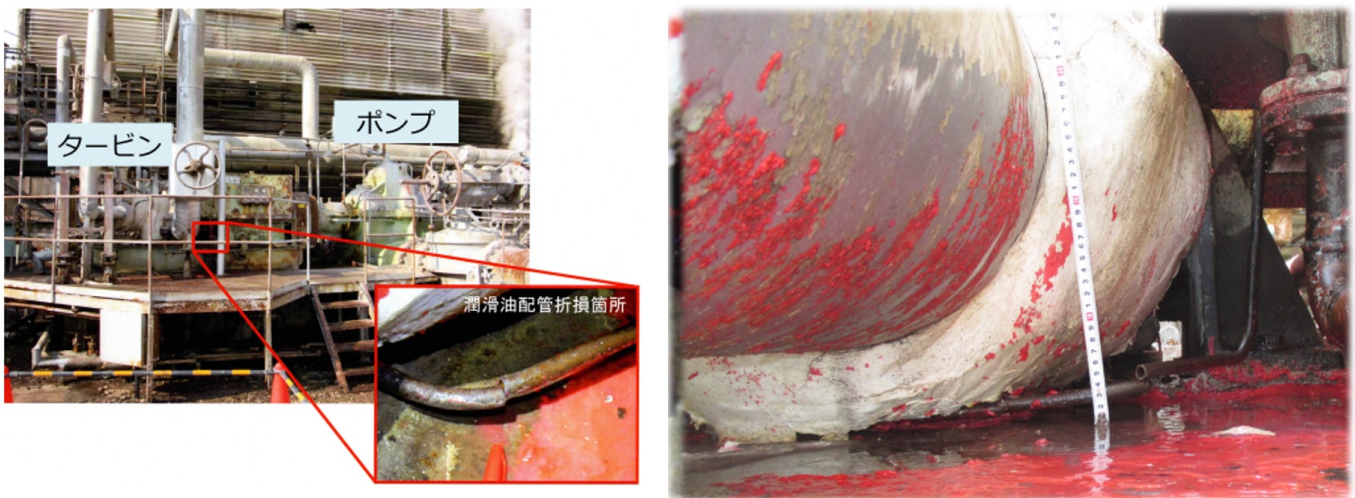


写真4 潤滑油配管折損状況

3 破面解析

折損した配管の上には凹みを伴う打ち傷があった。さらに配管の破面解析を行ったところ、脆性破面、疲労破面、延性破面が見受けられた。(写真5)

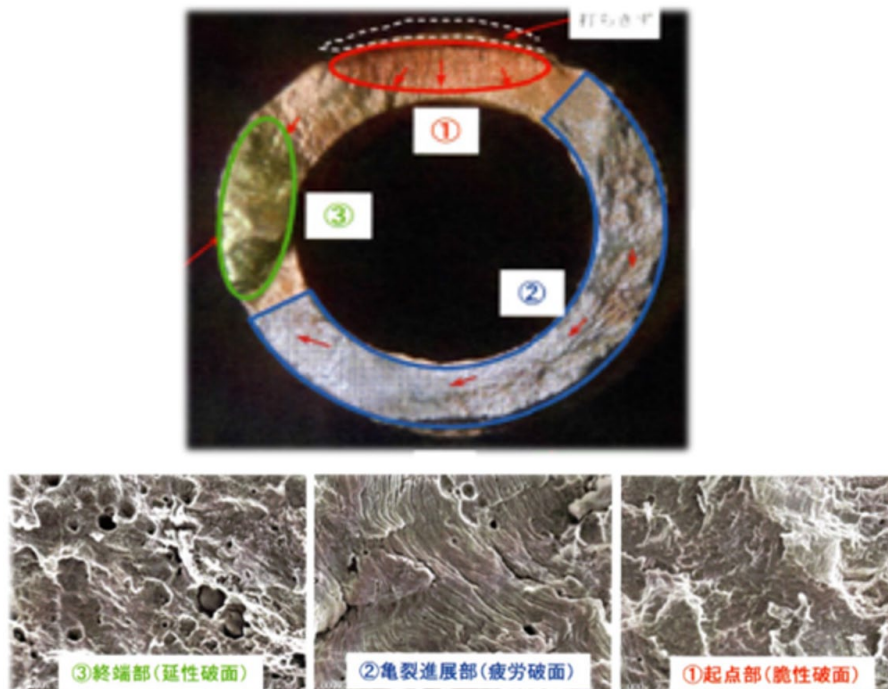


写真5 破面解析時の画像

4 原因の推定

破面解析の結果、配管の折損原因は次のように推定された。

- ① 配管に何らかの衝撃荷重が作用し、変形（打ち傷・へこみ）を伴う割れが発生。
↓
- ② ポンプの運転により振動が発生し、振動により割れが進展。
↓
- ③ 割れの進展によって配管強度が低下し、破断。

ここで、起点となった「配管に何らかの衝撃荷重が作用」という事象について、事業所において原因を探ったところ、1つ心当たりのある出来事があった。それは、死者14名、負傷者980名の被害が出た平成30年台風第21号であった。

平成30年台風第21号は、平成30年9月4日12時頃に非常に強い勢力で徳島県南部に上陸、同日14時頃、勢力を維持したまま神戸市に再上陸、その後、近畿地方を縦断したものである。

当該事業所においても、台風21号によって被害が生じており、循環冷却水設備の冷却塔ファンスタック（推定重量200kg）が落下しており、これが配管を直撃していた可能性が考えられた。（写真6）

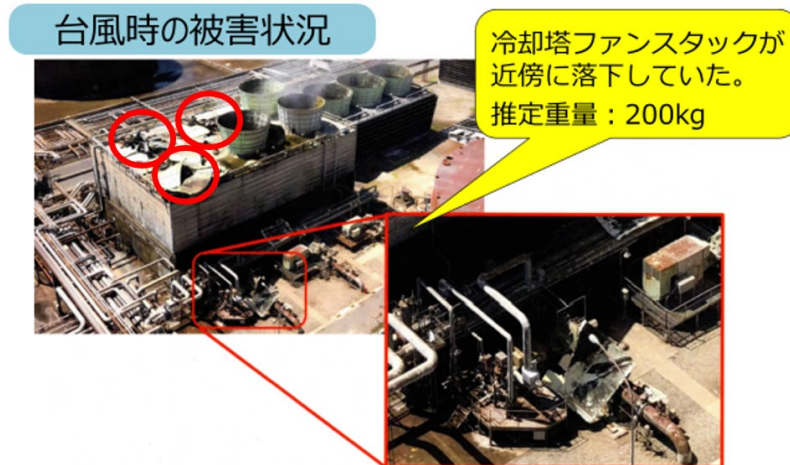


写真6 平成30年台風21号による被害状況

5 再発防止対策

台風21号の被害調査時は、当該機器に大きな損傷が無く異常なしと評価されていたため、詳細な調査及び健全性の確認は行われていなかった。

今後は、重量物が飛散し、振動が発生する小径配管などに影響を及ぼした恐れがある場合は、簡易的な目視検査だけでなく、非破壊検査等の詳細検査の要否を検討するとともに、本事例を規定類に反映することとされた。

第3 おわりに

1つ目の事例は、非定常作業で発生した事故である。作業前には危険予知ミーティングを行い、リスクの抽出及びリスク軽減の対応がとられていたものの、作業計画の見直しに伴う手順書等の確認・見直しが不十分だったため事故が発生した。当日の作業変更は、作業時間に余裕がなくなり、確認不足や作業を省略してしまう可能性が高くなる。作業内容や手順を変更する際、特に非定常作業においては、慎重を期さなければならない。

2つ目の事例は、台風が起因している事故である。近年、豪雨や台風による危険物施設の被害が見受けられることから、非危険物施設の事故であるが紹介させていただいた。消防庁では「危険物施設の風水害対策ガイドライン」がとりまとめられ、「平時からの事前の備え」、「風水害の危険性が高まってきた場合の応急対策」、「天候回復後の点検・復旧」というタイムラインに沿った風水害対策が示されている。今回の事例は、天候回復後の点検・復旧時の参考になるとと思われる。

これらの事故事例を踏まえ、同種事故の再発防止対策を推進し、石油コンビナートの安全に努める所存である。