

屋外タンク貯蔵所の付属ポンプからの出火及び 付属配管からの流出事故

川崎市消防局予防部危険物課 渡邊 勉

1 はじめに

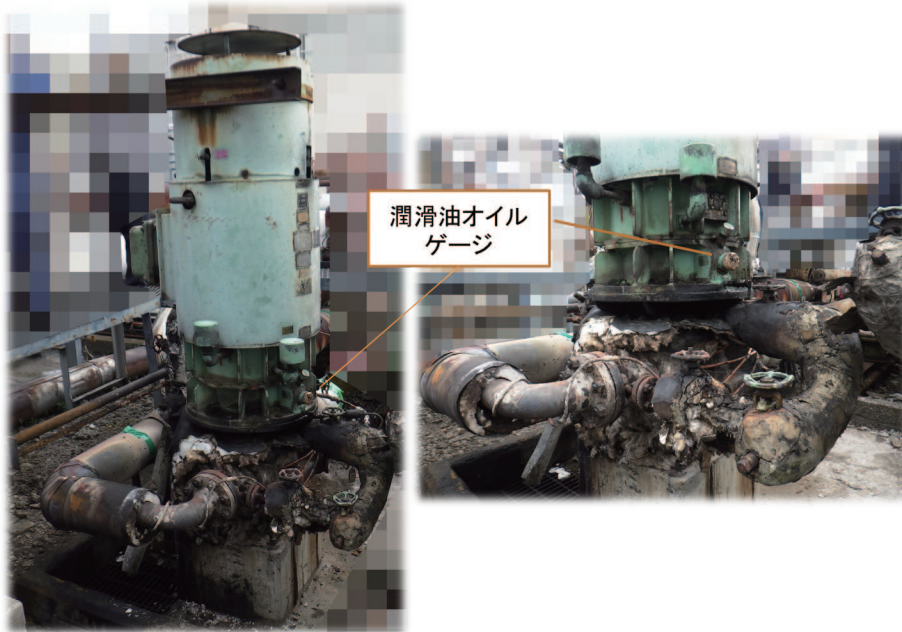
川崎市は、神奈川県北東部に位置し、北は東京都、南は横浜市に隣接し、多摩川に沿って南東から北西へ伸び、その最長距離は33.13kmにわたる細長い地形となっています。東京湾に接する臨海部は、明治時代から埋立てが進められ、石油、鉄鋼、化学、セメント、電力等の産業が集積され、京浜工業地帯の中核となり、昭和30年代後半になると、石油化学系の工場が建設、操業され、国内初期の石油化学コンビナートのひとつとして形成してきました。

令和元年度現在、当市内には4千を超える危険物施設がありますが、今回は平成29年度中に発生した2つの事故事例を紹介します。この2つの事故は、同一施設で連続して発生した事故です。

2 事例1「屋外タンク貯蔵所の付属ポンプからの出火」

(1) 概要

ボイラーの燃料の重油を貯蔵している屋外タンク貯蔵所（#5010）の開放検査のため、屋外タンク貯蔵所（#18）で貯蔵している重油をボイラーに供給するために配管経路を変更し、供給の準備のため循環ラインに重油を張り込み、循環させていたところ、#18の付属ポンプ（P-904・遠心ポンプ）のメカニカルシール部分から、炎が出ているのを巡回中の作業員が発見し、消火器で消火したものを。



ポンプ焼損状況

発生日時 平成29年6月11日（日） 9時20分頃

覚知日時 平成29年6月11日（日） 9時28分

処置完了日時 平成29年6月11日（日） 10時32分

人的被害 なし

物的被害 ポンプ（P-904）のメカニカルシール及び潤滑油オイルゲージ焼損、重油若干量焼失

(2) 調査結果

ア ポンプ

電動機の軸受の潤滑油ゲージ（プラスチック製）に熱による損傷が見られましたが、配管及びポンプ本体のフランジからの油流出の形跡は認められませんでした。

ケーシングには残油が少量溜まっており、インペラーには、温度上昇の痕跡である重油による薄い膜の付着が見られましたが、ケーシングとインペラーとの接触痕はなく健全な状態であり、ポンプ内部で火災が発生した様な形跡は認められませんでした。

メカニカルシールの回転環と軸スリーブに取り付けてあるＯリング（フッ素ゴム）の焼失、また、固定環、軸とスリーブに取り付けてあるＯリングの硬化及びひび割れが認められました。なお、メカニカルシールの主要部品や摺動面の不具合はなく、大量に重油が流出した形跡は認められませんでした。



劣化したＯリングの残骸

イ 配管

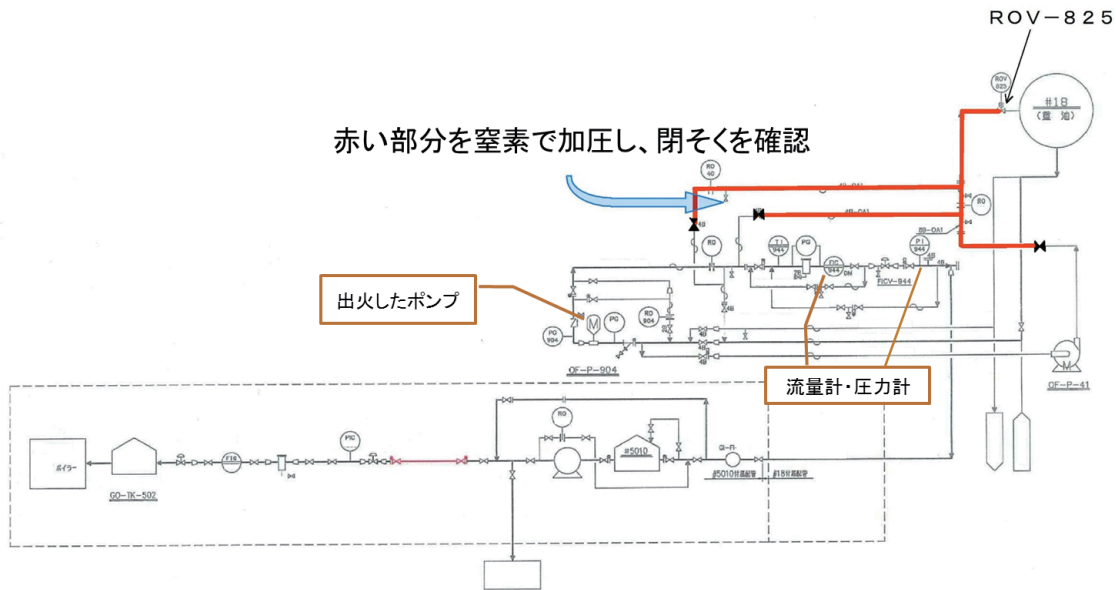
ポンプ本体の不具合による出火の可能性が低いことから、タンク切り替えに伴う配管経路変更による影響を検証するため、変更部を窒素で加圧したところ、#18直近の弁（ROV-825）付近で閉そくが認められたことから、当該弁を開放した状態で弁のレントゲン撮影を実施しましたが、弁の不具合による閉そくはありませんでした。当該弁は保温板金で囲われていたので、板金を取り外したところ、フランジ部分に仕切り板が挿入されていたことが確認されました。

この仕切り板は平成24年4月のタンクの油種変更の際に挿入され、その後、平成25年3月の#18の開放検査の際にも挿入は継続されたまま、今回の配管改造による完成検査を受検していました。（完成検査後に仕切り板を外す予定であった。）



ウ トレンドデータ

重油循環ラインに設置してある圧力計 (PI-944) 及び流量計 (FIC-944) のデータを確認すると、圧力はポンプ (P-904) の起動後すぐに急上昇しており、流量はポンプ起動時に一時的に上昇しましたが、すぐに0を示していることが確認されました。

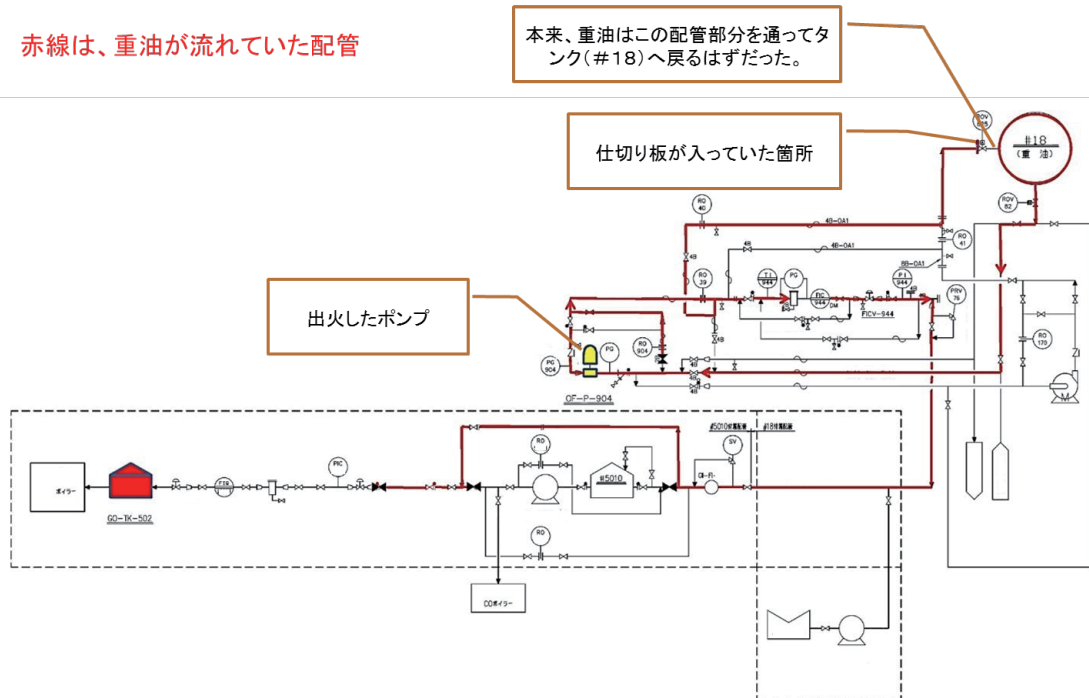


(3) 原因

6月11日4時35分に屋外タンク貯蔵所 (#18) から新設したラインを経由した循環運転のために付属ポンプ (P-904) を起動したが、#18の受入れラインの元弁 (ROV-825) に仕切り板が挿入されていた状態に気付かず、ポンプが停止するまでの約5時間程度の間、締め切り状態で運転されていました。

発災時の重油の流れ(循環運転)

赤線は、重油が流れていた配管



締め切り状態でポンプを運転した場合、電動機からの動力エネルギーは逃げ場がないため、熱エネルギーとして消費され、ポンプの内部流体である重油の温度を上昇させます。さらに、当該ポンプを含む吐出、吸込み配管は保温されて

いたため、外部への熱放出がほとんどなく、熱エネルギーは内部流体に蓄熱されたと考えられます。この結果、内部流体の温度がポンプのメカニカルシールに取付けられていたOリングの安全耐熱温度である250℃を超え、軸スリーブのOリングが消失したため、シール性がなくなり、そこから重油が流出に至ったと考えられます。

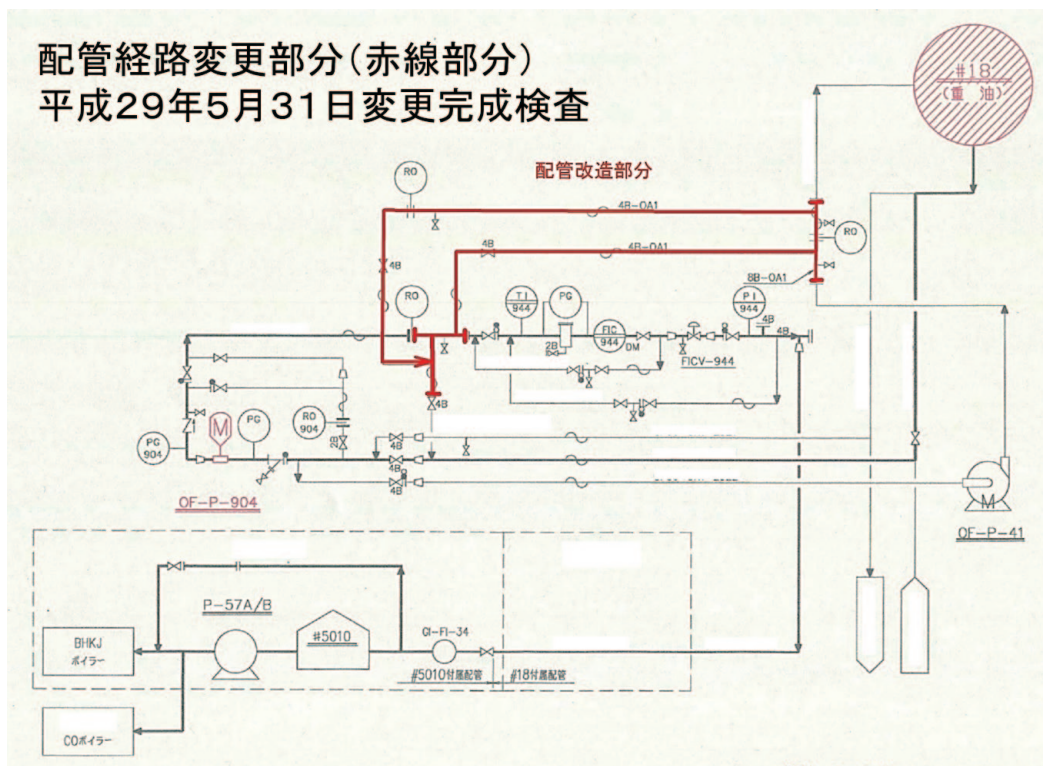
また、断熱状態での締め切り運転した場合のポンプ蓄熱シミュレーションを行ったところ、吐出、吸込み配管中の重油への伝熱を推測した結果では、数時間で300℃以上に昇温される結果が得られました。大気圧下の重油の沸点は約210℃であり、発火点は315℃であることから、Oリングの消失により流出した重油が沸点を超え、ガス化した状態で外部に流出し、空気と触れて自然発火に至ったと推定されました。

(4) 仕切り板の存置について

この事故は、循環ライン上に仕切り板が入ったままで運転を行ったため、ポンプが締め切り運転となったことが原因と考えられましたが、それでは何故、仕切り板があることに気付けなかったのでしょうか。

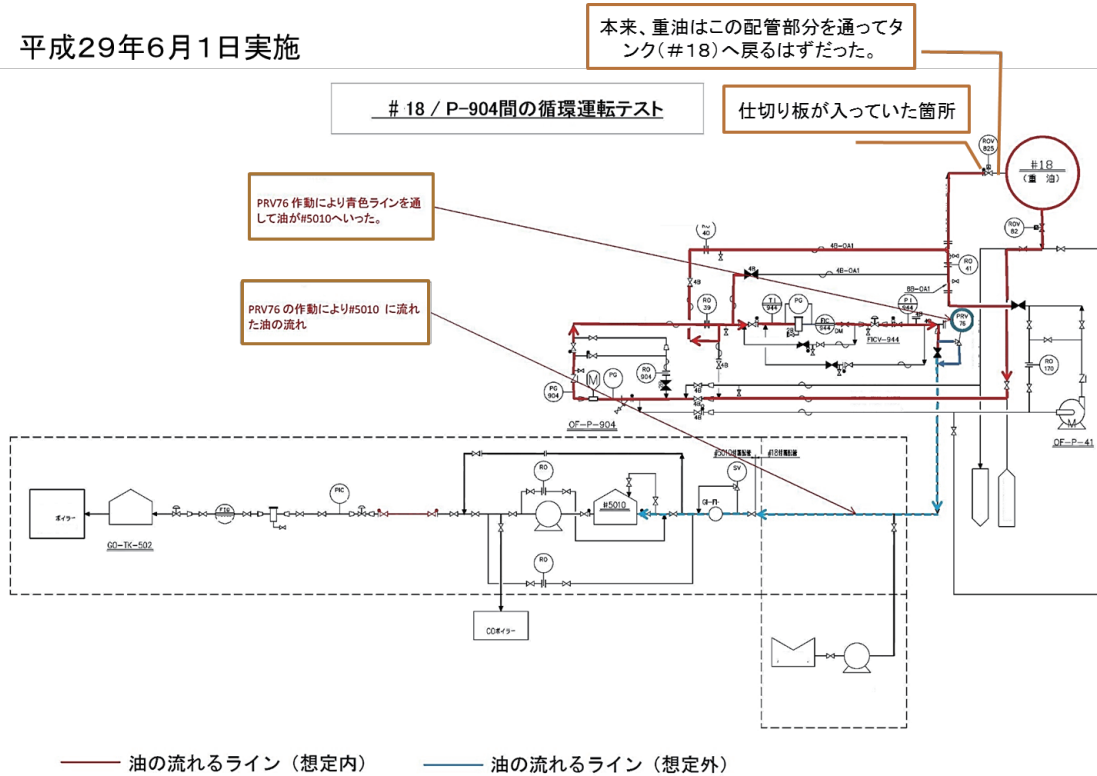
運転にあたり、使用する配管の現場確認を行っていましたが、仕切り板には、仕切り板がある旨の札が付いていたのですが、札ごと保温材の中に隠れていたため気付けなかったとのことでした。また、事故が発生する前に、配管の経路変更に伴い通油テストを実施していましたが、変更部分には流量計等が設置されておらず、流量計等のデータから変更部分が通油していることを直接確認できていなかった。このテストの際、意図しないバイパスライン（安全弁）が形成されていて、そこを經由して重油が流れていたのですが、このことに気付けず、テストを合格としていたことが分かりました。

元々、ボイラーへ重油を供給していたのは屋外タンク貯蔵所（#5010）ですが、このタンクの開放検査に伴い、#18からボイラーへ重油を供給するため、平成29年5月末に赤い部分に新たに配管を敷設しています。



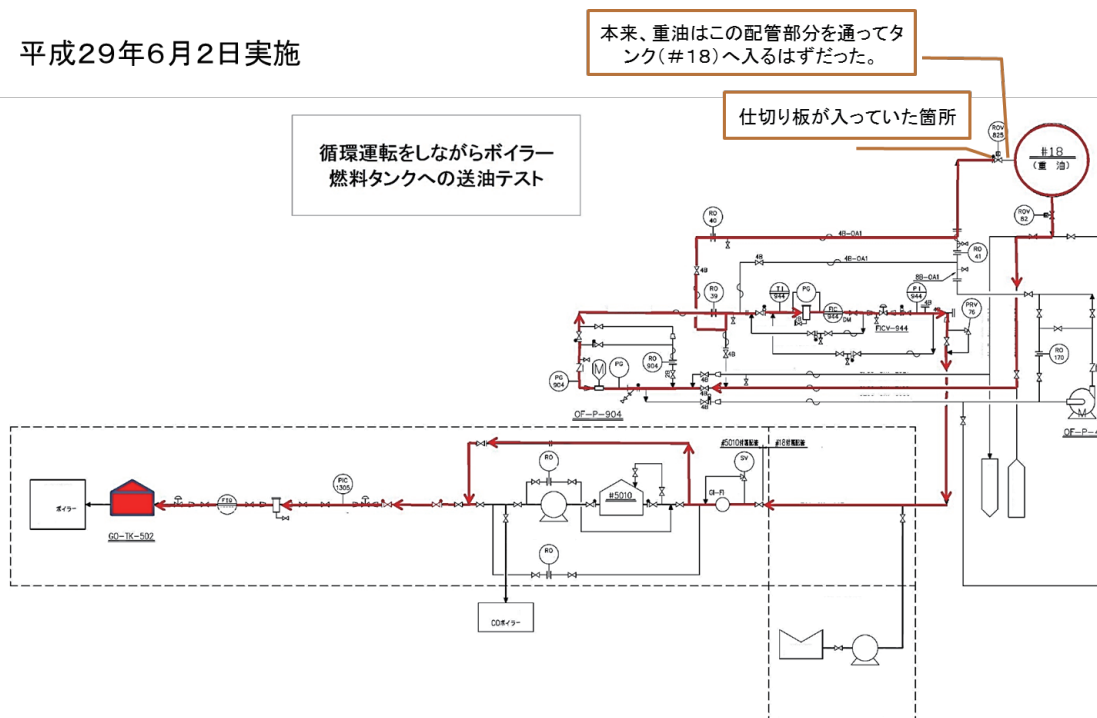
完成検査を受検した翌日の6月1日に配管改造部分の通油試験を行っています。通油テストは、赤色のライン部分を使用して、#18からP-904間で循環運転を行いました。#18の元弁（ROV-825）付近に仕切り板が入っていたため、本来ならば重油は循環できず、行き場のない状態になるはずでしたが、テストライン上に安全弁（PRV76）があり、行き場を失った重油の圧力が安全弁の設定圧を超え、青いラインを伝って#5010へ流れたため締め切り状態とはならず、このことに気付かなかったため通油テストは合格となりました。

平成29年6月1日実施



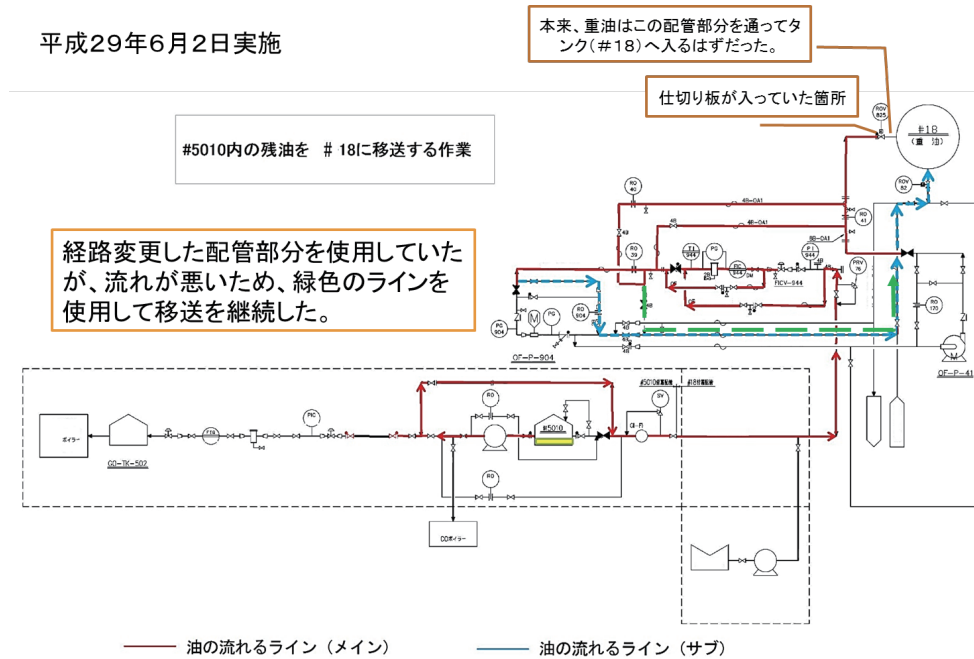
さらに翌6月2日に#18の循環運転をしながら、#18からボイラーのサービスタンク (GO-TK502) へ送油するテストを行っていますが、この時にも仕切り板には気が付いていません。

平成29年6月2日実施



同日には#5010開放のため、#5010から#18への重油の移送も行っています。移送ラインは赤色のラインですが、ROV-825付近に仕切り板が入っているので、ROV-825経由では#18へは重油が送れませんが、青色のラインも使用していたので、このラインを経由して#18には重油が送られていました。当時の運転員は重油の流れが悪いことに気が付いたのですが、その原因を究明せずに、流れを良くするために緑色のラインも開き、移送を継続しています。

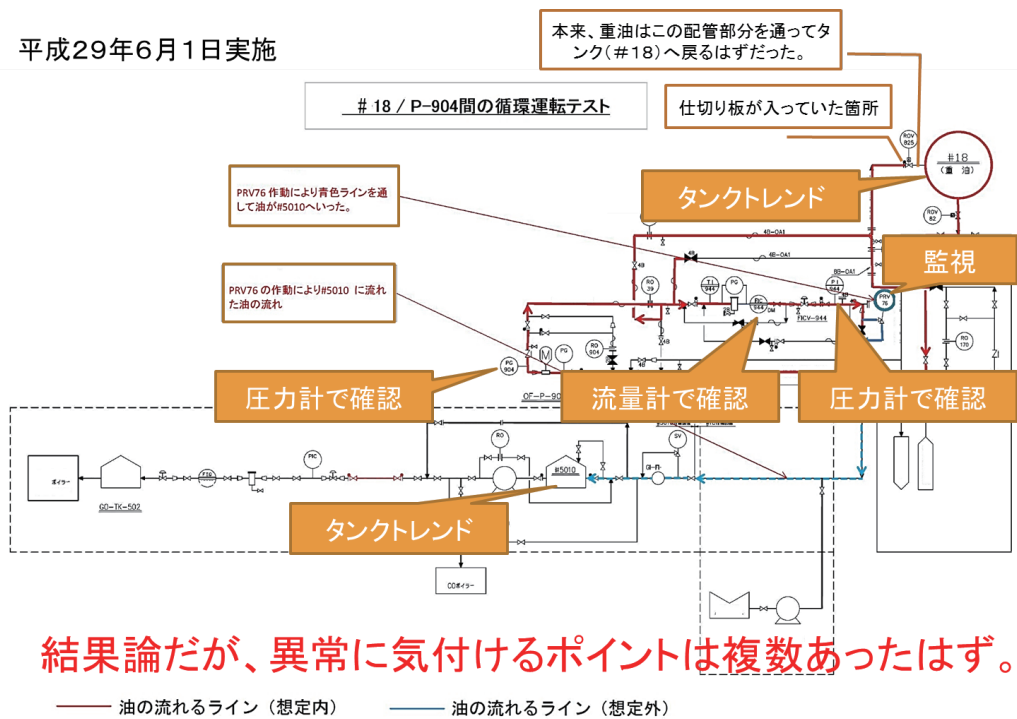
平成29年6月2日実施



この様に、通油テストを含め、3回、仕切り板が入っているラインを使用しようとしていました。結果論ではありますが、異常（閉そく）に気が付けるポイントは複数あったと考えられます。6月1日の循環テストでは、#18に戻るはずの油が戻っていないので、例えば#18の液面トレンドや使用ライン上の圧力計・流量計指示値を確認するなり、遠隔監視機能はなかったものの安全弁の現場での監視、誤って重油が送油されてしまっていた#5010の液面高さの変化等に気が付けていれば、ラインの閉そくを発見できたかもしれません。

また6月2日についても、タンク間移送時には、流れが悪いことに気が付いていたわけですので、各種トレンドデータから流れが悪い原因を掘り下げることをやるべきだったと思います。

平成29年6月1日実施



結果論だが、異常に気付けるポイントは複数あったはず。

通油テストについて手順書等は整備されていたとのことですが、通油テストの適否の確認方法が記されていないとのこと。通油テストなのだから、流れているのか確認することは当然ですが、手順書は汎用性を持たせるためなのか、若しくは示さなくとも分かるはずと考えていたのか、その確認方法についての記述は無かったとのこと。

通油テストとは何なのか、その本質が理解されているか？



テストの結果を確認する手段はどのようなのか？



変更部分の通油を直接確認できないのなら、どの様に確認するか、適切に検討する。

- 作業手順書に確認手段を明示する。
- 分かっているだろうでは、ダメ！
- Know-whyを伝えること、知ろうとすること。
- 「変だな」と気付ける力、「どうする」と考える力の育成

(5) 安全対策

この事故を受けて、次の安全対策が行われました。運転・設備変更後の手順書には運転上の注意事項を記載し、異常の有無が分かりやすいようにする。また、流量計等がない場合の流れの確認方法として、圧力値や電流値の変動で確認する旨の教育を行う。仕切り板を挿入したフランジに保温材を巻く場合には、仕切り板の柄の部分に保温材の外から見えるようにするよう、仕切り板入れ替えを作業要領書に記載する。

3 事例2「屋外タンク貯蔵所の付属配管からの流出」

(1) 概要

巡回中の作業員が配管ラック下の看板に油が付着しているのを発見したため、ラック上の配管を確認すると、ダミーパイプサポート（管状のパイプサポート）の先端から油が垂れているのを確認したものの。

発生日時 平成29年6月12日（月）10時25分頃

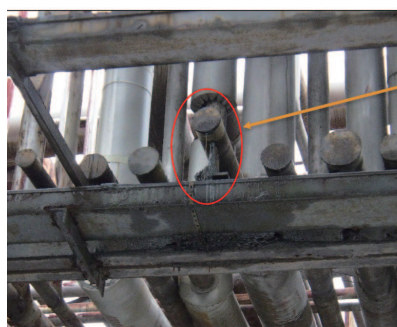
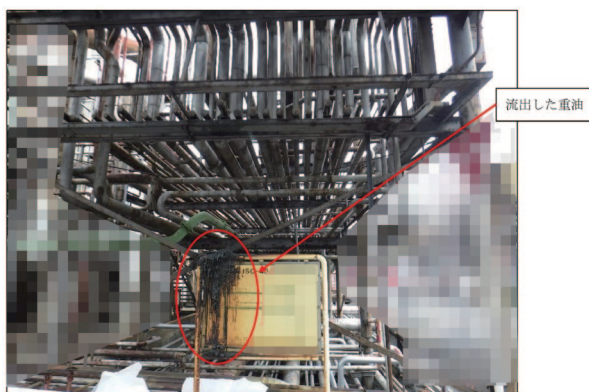
覚知日時 平成29年6月12日（月）10時37分

処置完了日時 平成29年6月12日（月）11時14分

人的被害 なし

物的被害 重油58リットル、配管の開孔

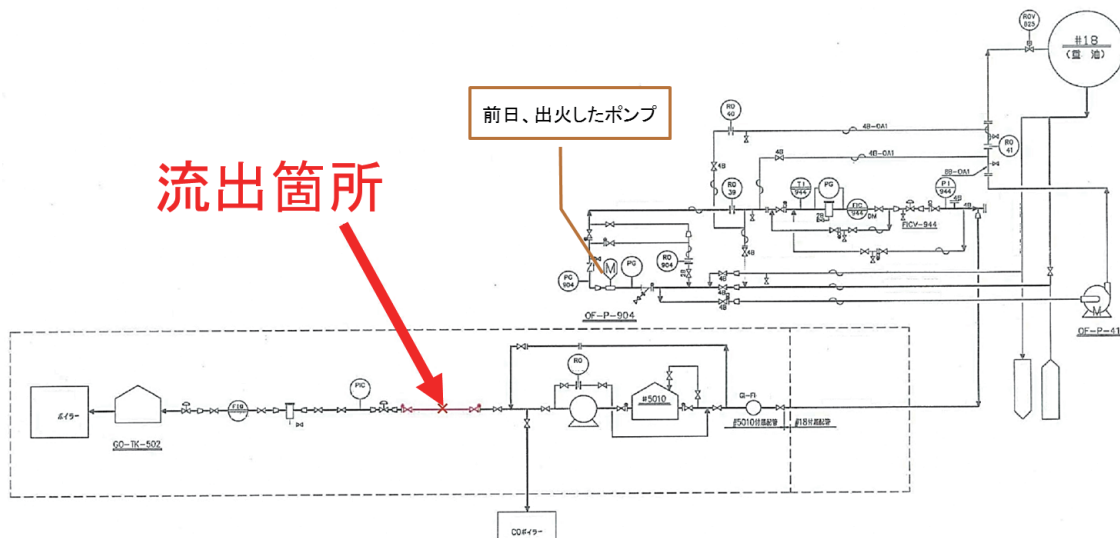
なお、当該配管は、平成29年6月11日に締切り運転により出火したポンプ【事例1】と繋がったラインであり、11日時点では、出火ポンプからの圧送で重油が送られていた。



流出部の
ダミーパイプサポート端部

開孔した配管とダミーパイプサポート
設置状況





(2) 調査結果

ダミーパイプサポート及びサポートが接続した配管エルボ部に対して放射線透過試験を実施した結果、ダミーパイプサポート内の水平部及び配管エルボ背側にスケールが確認され、エルボの背側で外面腐食の発生、さらにダミーパイプサポートが配管に向かって傾斜していることが確認されました。

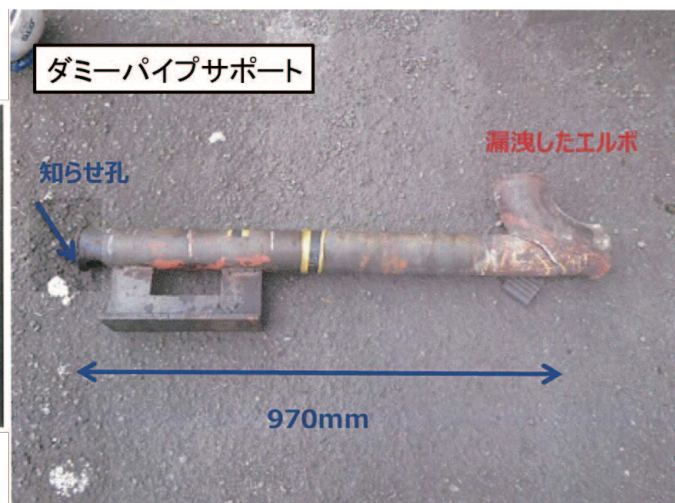
配管流出部及びダミーパイプサポートを切断し、目視検査を実施した結果、エルボ背側にて長さ25mmの縦状の亀裂が確認され、配管の内面腐食の深さは0.1mm以下であり、内面腐食の進行は軽微なことが確認されました。

知らせ孔

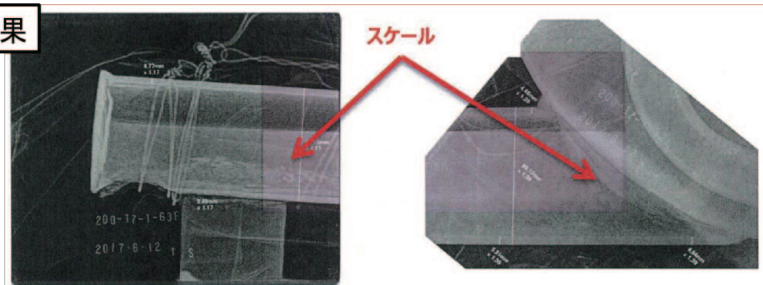


流出時はテープで巻かれていた。

ダミーパイプサポート



放射線透過試験結果





サポート切断後の配管エルボ(外面)

25mmの亀裂があった。



配管エルボ(内面)

(3) 原因

放射線透過試験による結果、ダミーパイプサポート内に腐食によるスケールが堆積していることが確認されました。ダミーパイプサポートは配管エルボに向かって、斜め下向きに傾斜していることが確認され、腐食要因となる水分がダミーパイプサポート内エルボ部に堆積しやすい構造になっていたことで、腐食が促進したものと推定されました。

また、配管に縦状の亀裂が確認されており、これは経年的に外面腐食を受けていた部位において、前日に発生した屋外タンク貯蔵所（#18）の付属ポンプ（P-904）の火災の原因である締切り運転による配管内圧の上昇が引き金になり、腐食により減肉していた部位が開孔し、流出に至ったものと考えられました。

(4) 安全対策

腐食開孔した部分については取替えを実施し、サポートの形状については、ダミーパイプサポートからH鋼でのサポートに変更しました。

水平展開として、屋外タンク貯蔵所（#18）から屋外タンク貯蔵所（#5010）を經由してボイラーに供給される重油配管システムの健全性を確認するため、ダミーパイプサポートが敷設された箇所に対し、放射線透過試験を実施し肉厚測定を行いましたが取替が必要となる箇所は確認されませんでした。この事業所では1990年頃より、新設及び取替え時のダミーパイプサポートの使用を全面禁止し、H鋼又はフラットバーによるサポート使用していますが、それ以前に設置された配管のサポートの多くは、今回の事故と同じタイプのサポートであり、事業所内に数多く存在しています。これらのダミーパイプサポートの管理リストを作成し、検査プログラムにより管理を実施することとしました。また、ダミーパイプサポートが配管側に傾斜していたことも腐食進行の要因の1つと考えられるため、ダミーパイプサポートの傾斜の有無を目視で点検し、明らかに傾斜している等、健全性が疑われる配管は非破壊検査を実施することとしました。

4 おわりに

2つの事故とも、幸いなことに負傷者の発生等の人的被害の発生や事業所近隣へ影響が及ぶようなことはありませんでしたが、発生原因は何処でもありうることを考えられますので、事故防止の参考となればと考え紹介いたしました。