



# 危険物事故 関連情報

## 同一事業所内で発生した「クリーニング中の屋外タンク貯蔵所火災」及び「潤滑油製造装置群火災」について

有田市消防本部警防課予防係 東山 英幸

### 1 はじめに

この2つの事例は、石油コンビナート施設内の、開放清掃中の「屋外タンク貯蔵所」において火災が発生したものと、その4日後に同施設の製造所である「潤滑油製造装置群」で火災が発生したものである。

### 2 開放清掃中のタンク火災について

このタンク火災は、H28年11月から休止に向けての清掃作業中の屋外タンクから出火したものである。

#### 2.1 タンク諸元

発生したタンクの諸元等は次のとおりである。

- ・設置許可：昭和44年2月4日
- ・完成検査：昭和44年8月28日
- ・内径：75,500mm
- ・高さ：21,335mm
- ・屋根形状：浮屋根式タンク
- ・許可容量：85,376kl
- ・内容物：原油（スロップ）
- ・消火設備：固定式泡消火設備等

#### 2.2 火災概要

- ・出火日時：平成29年1月22日6時50分頃

##### (1) タンクの実情

当該タンクは、スロッシング対策対応タンクであるため、平成29年3月末までスロッシング対応工事実施、もしくは休止する必要があり、今回このタンクは休止する計画であった。クリーニングは、準備工事を含めて平成28年11月から平成29年1月末までの3か月で実施する計画が進められ出火時はタンク内部の撤去作業中であった。

##### (2) 出火時の状況

休止に向けてのクリーニング中であり、火災発生時、原油は排出されており、内部は原油スラッジが残っている状態であった。火災前日までに約90%のスラッジを回収しており、残りは20klであった。当日作業員が、作業準備のためタンクヤードに入りタンクの屋根中央付近から西側に流れる黒煙を発見。近づくともンホールから出ているホースなどが燃えているのを確認した。タンクのマンホールから黒煙が見えておりタンク内に進入できる状態ではなかったため、タンク内部の消火はできず、消火器にてタンク外にあるホース等を消火した。

##### (3) クリーニング作業

タンクのクリーニングは、内部のスラッジを軽油（ADO）で溶かしながらエアーポンプを使いタンク外に排出、防油堤内に設置している角タンクに入れ角タンクでスラッジと軽油を分離し、分離した軽油を再利用する手順の作業である。

#### 2.3 消火について

発災当初は、高所放水車3台及びタンク付属設備の固定泡消火設備による泡放水を実施、また清掃中のためマンホールが

全て開放されていたので、スラッジ付近のマンホールから内部に向けての泡放水も併せて実施したが、タンク内のスラッジの燃焼に対し消火効果が十分に得られなかった、そのため、消火戦術を変更するべく開放中のマンホールを全て閉鎖した後、タンク内へ水を注入し燃焼スラッジを水没させる方法を選択する。

## 2.4 内部見分に至るまでの経過

内部見分は、タンクに水を注入し屋根板まで水を入れたため屋根板が水に浮いている状態であった。そのため排水とその後の安全対策を取る必要があり、安全対策として、浮き屋根保護として屋根板をワイヤーで固定、タンク内部の支柱の強度確認及び補強を実施。また内部のスラッジが乾燥すると再燃する可能性があると考えられたので、タンクの屋根板に散水設備を取り付けた後、内部見分を4月26日より開始した。

## 2.5 現場見分

### ①タンク側板見分

タンク側板北西側約30mが底部からウィンドガーター付近まで茶色く変色しているのが認められた。

### ②タンク屋根板見分

タンク屋根板の北西部に茶色く変色及び波板状に変形が認められた。

### ③タンク内部見分

タンク内部には、スラッジが北西部に幅約30m、奥行き最大約17m、高さ最高部で約2m堆積していた。又、タンク内側の側板は煤等で黒くなっていた。

スラッジの表面を見分する。表面は黒い部分と茶褐色の部分が斑模様になっているのが認められた。スラッジの内部は、掘り起し内部を見分すると、内部はすべて黒色であることが認められた。



タンク側板



タンク屋根板



タンク内部(スラッジ)



スラッジ内部



スラッジ表面

## 2.6 火災原因の推定

従業員の供述及び現場確認でのタンク内部の残留物の確認の結果から、当該タンクの出火原因を推定した。今回の火災が起きたタンクは、休止するために清掃作業中であり、内部にはスラッジ及び清掃に使用する軽油、ゴムホース、エアポンプ等の清掃に必要な物品のみが存置されていた。

そこで、今回の可能性がある発火源として、主に静電気による着火、清掃時に使用した可能性がある油の染み込んだ布からの自然発火、火気を発生させる電気工具、スラッジの発熱により軽油が自然発火点に達し出火の4点が考察出来るため、その検証及び検討を以下のとおり実施した。

### ア 静電気による火花発生

発災当時はタンク内には誰も入ってはなく、内部の機械類も作動はしていなかったため静電気による火花が発生したとは考えにくい。

### イ 油の染み込んだ布からの自然発火

内部残留物やタンク内の持ち込みリストの確認等から油の染み込んだ布は確認できていないため、油の染み込んだ布からの自然発火は考えにくい。

### ウ 火気を発生させる電気工具等

石油コンビナート施設であり火気の持ち込みは当然禁止されており、質問調書、作業手順書、内部残留物の確認等から火気及び電気工具などはタンク内にはないと考えられる。また、内部の金属類も転倒していなかったため、転倒の際に金属同士が当たり火花が発生したとは考えにくい。

### エ スラッジの発熱

内部には約20klのスラッジが残されており、清掃作業中水を掛けるなど、乾燥対策は取っていないかった。

元素定量分析結果からスラッジ中には硫化鉄が含有されていることが確認できた。

使用していた軽油の引火点及び発火点を調べると、引火点は55℃、発火点は229℃であった。

硫化鉄は、酸化発熱することが過去の事例等で知られているためタンク内のスラッジの熱分析を総務省消防庁消防大学校消防研究センターに依頼した。

## (A) 分析結果

### ・方法

タンク内部から採取した7点の室温付近のスラッジの発熱挙動を高感度熱量計(C80)を使用し、調査した。また、燃焼に至るまでの確認と各試料の差異を見るためにTG-DTAの測定も行った。

### ・測定結果及び考察

- ①窒素パージして保管された試料4点は、室温付近から直ちに発熱し室温付近に(25～27℃)にピークの頂点を持ち、60℃付近まで続く発熱反応を検出した。
- ②タンクの側板側から採取され窒素パージして保管された試料1点は、室温から89℃付近に発熱反応を検出した。この発熱反応のピークの頂点は61.7℃であった。
- ③タンク内から採取され空気中で保管された試料2点は、室温から66～70℃付近に発熱反応を検出した。この試料も室温から発熱が起こっているがピークの頂点が31～35℃付近にシフトしている。これは、窒素パージして保管された試料のデータと比べて全体的に高温側にシフトしている。これは、空気雰囲気中で保管されたため試料が変質したものである。
- ④TG-DTAの測定から蒸発成分による吸熱反応が起こらない場合、115℃付近から450℃以上まで連続的に発熱反応が起こり、燃焼に至ることがわかった。

以上のことから空気が供給された場合室温から直ちに発熱が起こる。乾燥等により吸熱反応が起こらなくなると、この発熱が蓄積し温度上昇が起こり、試料の分解燃焼温度に繋がれば火災に至る可能性があることが確認された。

このことから、この火災の原因はタンク清掃中に残っていたスラッジが乾燥により発熱し自然発火、清掃に使用していた軽油などの可燃性蒸気に引火したものと推定する。

## 2.7 今後の対策

- ①タンク清掃時にはスラッジの乾燥対策をとること。
- ②業界紙等に事故原因を発表し水平展開をとることなどの指示を行っています(消防庁から硫化鉄に係る火災事故防止対策の徹底についての通知が出されております)。

## 3 潤滑油製造装置群火災について

この製造装置火災は、潤滑油を精製する過程で、配管が腐食し穿孔したことで高圧ガスが噴出し出火したものである。また、石油コンビナート施設からの出火であり、LPガスの貯蔵施設が付近にあったことから住民に避難指示を発令し社会的にも大きな影響があった火災である。

### 3.1 被災施設の概要

潤滑油製造装置群(高危混合設備)は原油からガソリン、灯油、重油等を除いた原料油より潤滑油等を精製する装置であり、3つの製造所から構成されている。

#### ・第2プロパン脱瀝青装置(DA-2)

設置許可: 昭和43年12月4日

完成検査: 昭和44年4月9日

原料油からプロパンを溶剤としてその中の潤滑油分を抽出し、アスファルト分を分離除去、高粘度高級潤滑油等の素材を製造する装置。

#### ・第2潤滑油抽出水添精製装置(PT-2)

(発災施設)

設置許可: 昭和43年12月4日

完成検査: 昭和44年4月9日

減圧蒸留塔で各留分に分けられた油及び第2プロパン脱瀝青装置で精製された油をN-メチル-2ピロリドン(NMP)を溶剤として芳香族成分及び硫黄分を分離除去する第2潤滑油抽出水添精製部門(PT-2)及び第2潤滑油抽出水添精製部門から送られた油に水素ガスを接触反応させ潤滑油の色相、酸化安定性、界面活性性状等の改善を行う水素化精製部門(PT-2HD)で構成された装置。

#### ・第2プロパン脱蠟装置(PD-2)

設置許可: 昭和43年12月4日

完成検査: 昭和44年4月9日

プロパンを溶剤として潤滑油材中のワックス分を除去する装置。

### 3.2 火災の概要

出火日時: 平成29年1月22日(日) 15時40分頃  
 覚知日時: 平成29年1月22日(日) 15時47分  
 緊急使用停止命令: 平成29年1月22日(日) 16時6分  
 応援要請: 平成29年1月22日(日) 16時45分(和歌山北部臨海広域協議会)  
 避難指示: 平成29年1月22日(日) 17時14分  
 避難指示解除: 平成29年1月23日(月) 4時10分  
 鎮圧日時: 平成29年1月24日(火) 8時9分  
 鎮火日時: 平成29年1月24日(火) 8時27分  
 焼損面積: 約800m<sup>2</sup>  
 死傷者: なし  
 漏洩量: 約200トン(水素、軽質炭化水素、重油、抽出溶剤)

### 3.3 避難指示について

この火災では、被災エリア及び周辺にLPGの貯蔵施設があり、BLEVE（沸騰液膨張蒸気爆発）の危険性が予見できたため、1月22日（日）17時14分に石油コンビナート施設隣接地区である有田市初島地区（避難指示世帯1281世帯2986人）に避難指示を発令した。

避難指示の方法は、防災行政無線、メール配信、ホームページ等による広報及び市、警察、消防団による個別訪問で対応し、有田文化福祉センター及び有田市立箕島中学校を避難所として開設した。これに伴い付近道路の通行規制も併せて実施する。

### 3.4 消火について

最初の消火戦術は、事業所及び消防本部の高所放水車4台でBLEVEの発生防止を重点に置きLPガス貯蔵施設の冷却を中心に行った。その後和歌山北部臨海広域協議会の応援により四方からの放水体制を行った。また、火勢をコントロールできるようになった後は、ガスの拡散を防ぐため、火を消し切るとは行わず、配管内のガスが燃焼してしまうのを待つ戦略を取った。

### 3.5 焼きの状況

焼きしているのは潤滑油製造装置群が設置されているスピルウォール内約800m<sup>2</sup>である。

上方から見分すると、機器に大きな変形や座屈等は見られないが、中央に設置されているラックを中心に円形状に茶色に変色している。

周囲から見分すると、スピルウォールの西面及び南面は、焼きは見られない。東面の南側には焼きは見られないが、中央から北側にかけて機器の変色、レジン板の剥離、配管などの変形が見分できる。地盤面には黄色や緑のワックス状の油が堆積している。北面については、機器は変色しレジン板の剥離が見分できる。配管は大きく変形している物が多く見られ、地盤面には緑色のワックス状の油が付着し、コンクリートやレジン板なども散乱している。

最も焼きが強い中央ステージ2階を見分する。ステージ西側には階段が設置されておりこの階段は2階のステージ付近から東側に湾曲している。ステージに設置されている機器は変色し南側がやや下に落ち込んでいる。ステージの南東部の床面は割れ、計器類や配管が下方に沈み大きく変形している。配管には開口している部分も数カ所見分できる。



上方からの状況



北面西側



中央部ラック階段1階部分

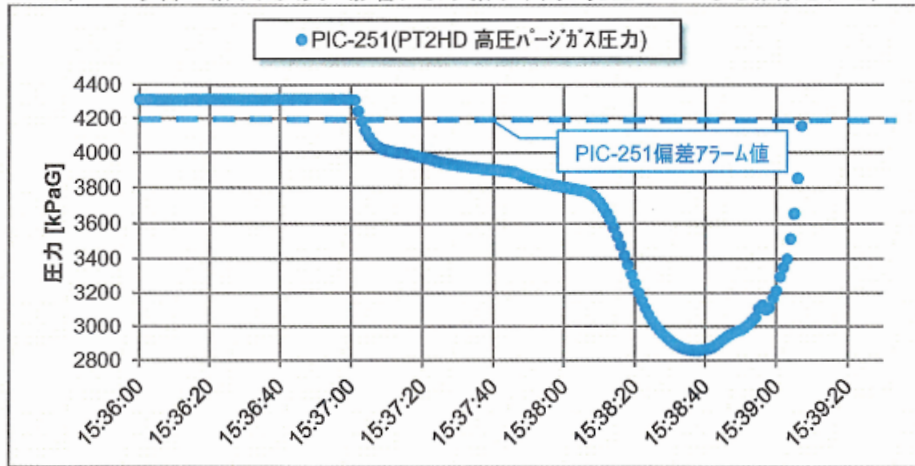


中央部ラック2階南東側床面付近

### 3.6 出火箇所の判定

この火災は第2潤滑油抽出水添精製装置の水素化精製部門で発災したものである。関係者の供述及び機器類のデータを調査したところ、高圧パージガスの圧力計、流量計が13時37分に大きく変化していることが判明した。

第二潤滑油抽出水添精製装置（PT-2 HD）の高圧パージガス系統の圧力計 PIC-251（15:39以降の指示は火災の影響により指示不良が発生していると推察される）



圧力計データ

これを踏まえ現地調査を行ったところ、このライン付近に1カ所のフランジを含む計18カ所の開口部を発見した。更に調査を行うと6カ所は水等の配管であった。残った開口部を現場にて、目視等での確認、非破壊検査を行い、更に切り出して破面解析、内部残留物等の調査をおこない最初に開口した箇所の特定を行った。このうち1カ所はバイパスラインであり本管とは縁切りされているため、この結果最初に開口した箇所ではないと考えられる。また、フランジは計器の確認により15時55分に開口したことが確認された。また1カ所は切り出し後再調査の結果開口していないことが確認された。

最初の開口部を特定するにあたり、この配管が高圧配管のためガスが勢よく噴出しており煽火現象が起こっていたと考えられ同時に噴出ガスの冷却効果によって熱影響をあまり受けていないと思われる。

※煽火とは混合気の噴出速度が燃焼速度を大きく上回る場合に火災が炎孔に保持されずに炎孔から一定距離を隔てた空間で燃焼する現象。

このことを踏まえ調査を行うと、残り9カ所の内6カ所は、鑑識の結果、全て開口部に熱影響を受けている。これにより、これらは、最初の開口部ではなく発災後に熱影響を受け開口したものと考えられる。

残りは3カ所であるがこれらは中央部ステージ2階南東側に位置し、最も焼きが激しいところである。この3カ所の開口部は近くに位置しており、あまり熱影響は受けていない。

またこの付近の内部には筋状の減肉及び局所的に急激な減肉が見られた。このことから最初に開口し、出火した箇所は中央部ステージ2階南東側の高圧ガスパージラインのあった開口部のいずれかの可能性が高い。



最初の開口部付近



最初の開口部付近 (内側)

### 3.7 出火原因の判定

第2潤滑油抽出水添精製装置水素化精製部門高圧ガスパーズラインにおいて最初に開口したと考えられる箇所は2014年に設置されたものである。このためこの部分が急激に腐食した理由を考察する。第2潤滑油抽出水添精製装置水素化精製部門は年々原料油組成の重質原料油の処理比率が増加している。このことから、同配管内部で水分が凝縮した箇所において、水酸化アンモニウム濃度が上昇し著しいアルカリサワーウォーター腐食が発生したと考えられる。

このため、アルカリサワーウォーター腐食により減肉した配管は高圧の内圧に耐え切れず局所的に破壊が生じ、穿孔及び開口に至ったと推定する。

この付近には、火源は見当たらなかったため、配管内部の腐食生成物の微粒子及び微量の不純物が水素ガスに随伴して急激に噴出することで静電気が帯電し、静電気火花が漏洩した高圧の水素ガスに着火、その後噴出した火炎により配管等が熱せられ流通していた油に引火し延焼拡大したものと推定する。

### 3.8 再発防止策及び今後の対応について

#### (ア) ハード面として

- ・ アルカリサワーウォーター腐食対策として、腐食が強いと考えられる箇所に対し腐食に強い材質に変更すること
- ・ アルカリサワーウォーター腐食管理を①Kp値の管理、②水酸化アンモニウムの濃度管理、③配管内の流速管理の3点に重点を置き、定量的根拠に基づき行うこと。
- ・ 施設の再建時には、緊急遮断システムを構築すること。

#### (イ) ソフト面として

- ・ アルカリサワーウォーター腐食のメカニズムが未解明であることを踏まえ、施設設備の再稼働後には、配管肉厚等の放射線透過試験による面測定及び超音波探傷試験による点測定を実施し、腐食の傾向と把握に努めること。
- ・ 腐食のメカニズムの解明とそのリスク及び安全対策について実効的な研究及び研修を実施すること。また、その他の事故対策についても研究し、更なる安全文化を構築すること。
- ・ 事故の原因、再発防止策を社内従業員に十分周知させ、さらに業界紙等を通じ業界内に水平展開を行うこと、等を指示する。

## 4 終わりに

被災した屋外タンクは現在休止中となっており将来は廃止予定と聞いているが、タンクの清掃は常時行われているものである。被災した製造所は、すでに復旧しており、消火設備の増強や水注入での水酸化アンモニウムの希釈なども行われているが、アルカリサワーウォーター腐食についてはまだ十分な知見がないことから、今後の指導についても十分に行い同様の事故の再発防止に努めたい。