

「屋根工事中の屋外タンク貯蔵所で発生した火災」及び 「製造所ストリッパー塔からのベンゼン及びフッ化水素流出事故」

川崎市消防局 予防部危険物課 渡邊 勉

1 はじめに

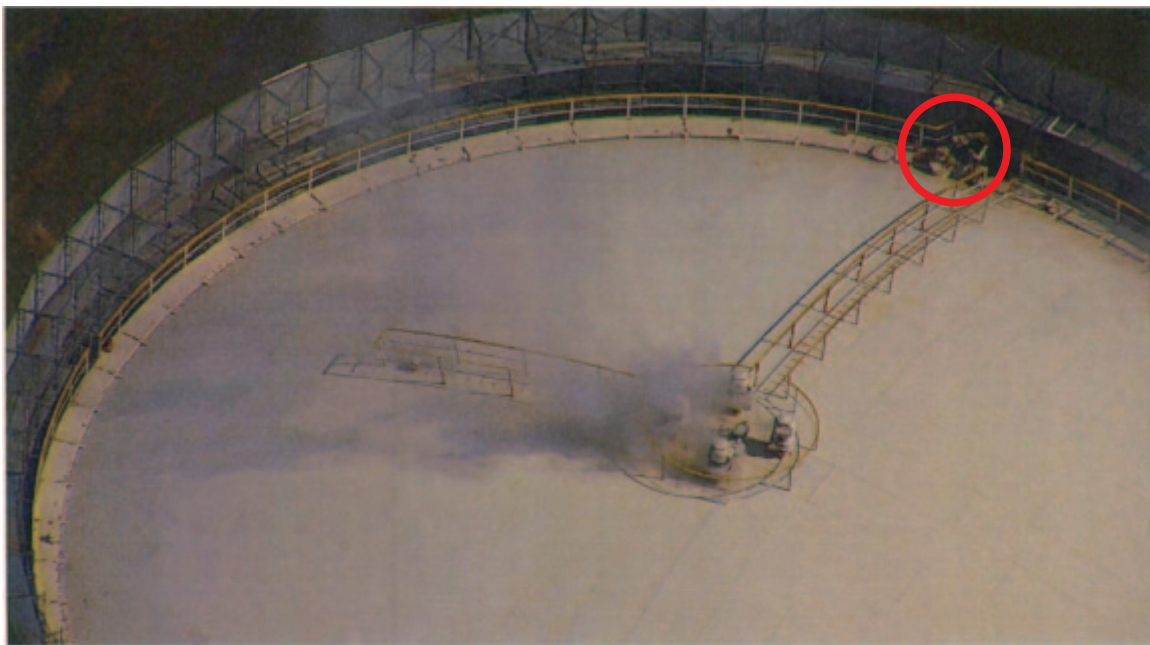
川崎市は、神奈川県北東部に位置し、北は東京都、南は横浜市に隣接し、多摩川に沿って南東から北西へ伸び、その最長距離は33.13kmにわたる細長い地形となっています。東京湾に接する臨海部は、明治時代から埋立てが進められ、石油、鉄鋼、化学、セメント、電力等の産業が集積され、京浜工業地帯の中核となり、昭和30年代後半になると、石油化学系の工場が建設、操業され、国内初期の石油化学コンビナートのひとつとして形成してきました。

平成30年現在、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28年度中に発生した2つの危険物施設の事故事例を紹介します。

2 事例1「屋根工事中の屋外タンク貯蔵所で発生した火災」

(1) 概要

屋外タンク貯蔵所の屋根（ドームルーフ）全面取替工事のため、ゲージポールノズル周りの屋根板のガス溶断作業を行っていたところ、ブリーザーバルブより白煙が出ていたので、開放中であったマンホールからタンク内部を見たところ、火煙を確認した。トップアングル付近の屋根外周部の約3分の2に煤けを生じたものです。



ブリーザーバルブからの白煙（丸印はゲージポール）

発生日時 平成29年3月16日（木）09時40分
覚知日時 平成29年3月16日（木）09時53分
処置完了日時 平成29年3月16日（木）17時51分

火煙を発見後、直ちに作業員等により消火活動を実施しましたが、火災発生箇所に対して消火器のノズルが入るような場所がなかったため、直接噴射することができず、消火には至っていません。消防隊等によりタンクへの冷却放水を実施、開放中のマンホールを閉止し、屋根マンホールへ回転式散水ノズルでタンク内部へ放水を行い、その後、タンク内へ蒸気を導入し、鎮火に至っています。

(2) 施設概要

発災施設の概要は以下のとおりです。

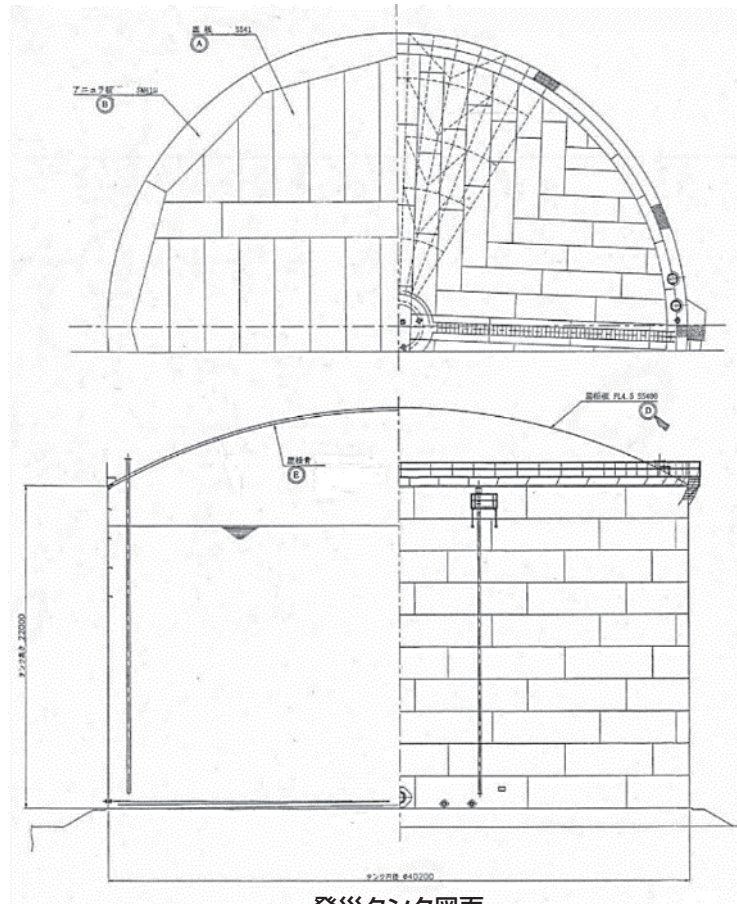
タンク形状 固定屋根式（ドームルーフ）

タンク容量 約24,000kl

タンク直径 40.2m、タンク高さ 22.0m

品名 第4類第3石油類 重油

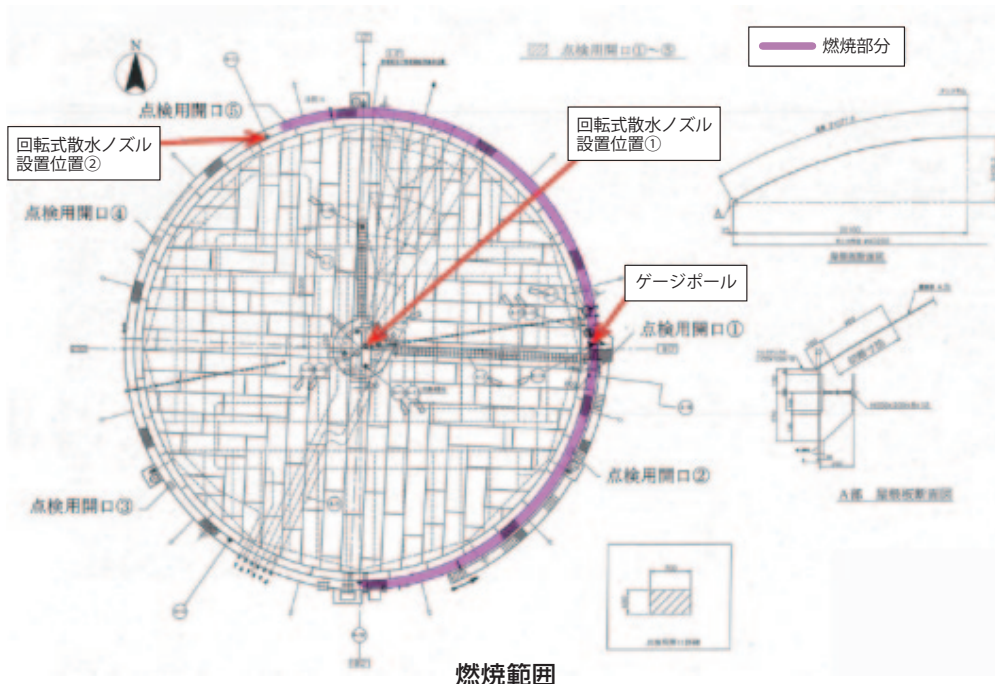
設置完成検査 昭和57年



発災タンク図面

(3) 調査結果

当該タンクの北を0°とすると、出火元のゲージポールは約90°の位置、焼損範囲はゲージポールから反時計回りに110°程度進んだ340°と、ゲージポールから時計回り方向に90°程度進んだ180°の位置までです。



燃焼範囲



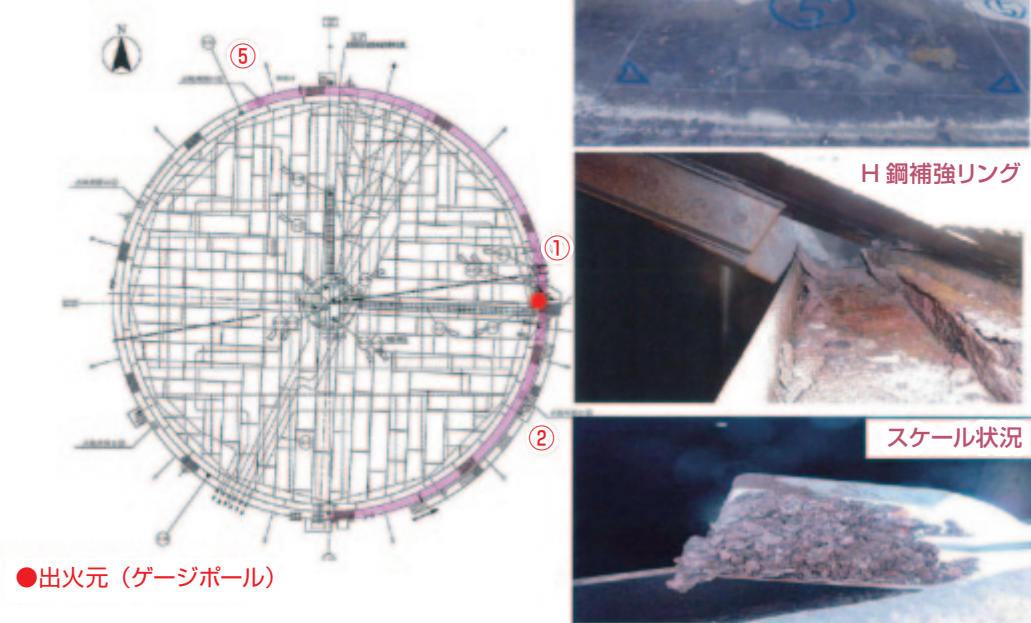
屋根の煤けの状況

このタンクは、今回の工事の前のタンク開放時に、屋根板の肉厚が薄くなっている箇所があることが分かり、今回の変更工事で屋根板の全面更新を計画し、火災の4か月ほど前にタンク内部のクリーニング（底板全面及び側板内面高さ2mの範囲で全周）を実施しています。今回の屋根板全面更新に伴う先行工事として、付属品（ゲージポール）の撤去（屋根板部の溶断）を行っていたところ火災が発生しています。

後日、屋根板の一部を切り取り、焼損範囲を確認したところ、屋根板下に補強リング（H鋼）があるのが確認され、H鋼部にスケールが溜まっていました。スケールに硫化鉄が存在する可能性が考えられたことから、成分分析を実施しましたが、分析結果及びタンクを開放してから約149日経過していることから、火災発生時の火源は硫化鉄によるものではないと推察されました。今回の工事にあたり、事業所もタンク図面等の確認をしていましたが、図面上にはっきりと補強リングが記載されていなかったため、補強リングがあることは分からなかったとのことでした。

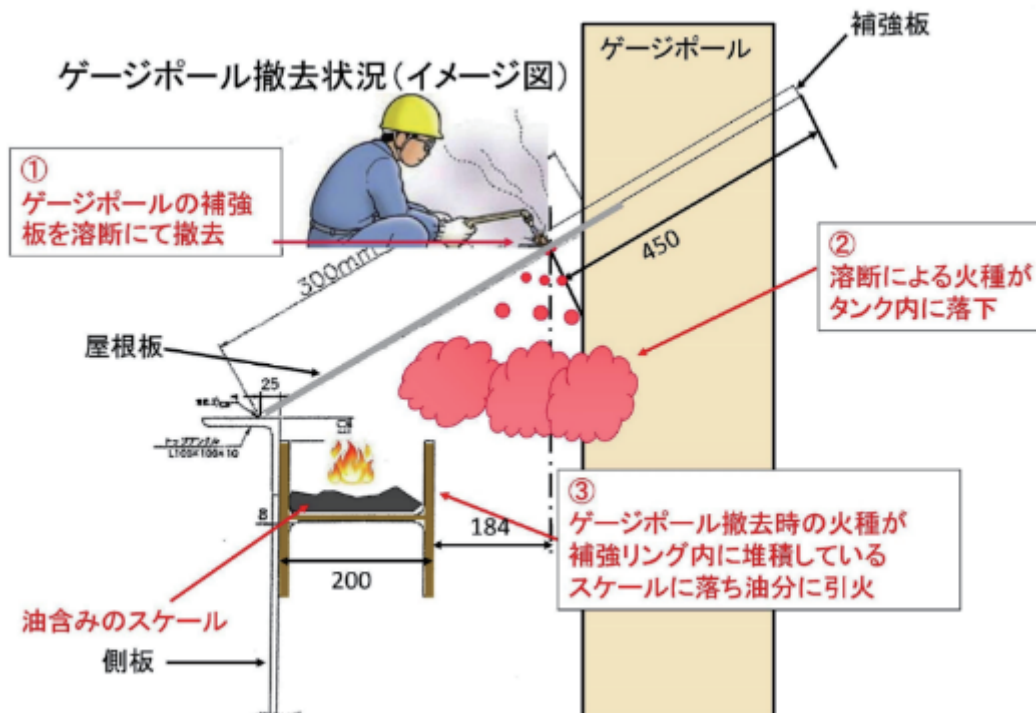
また、スケールのガスクロ蒸留分析を行ったところ、スケールには油分が含まれており、スケールの着火テストでは、250℃でくすぶりが発生したことから、火源があれば燃焼すると推察されました。

燃焼した屋根骨補強リング内の状況



(4) 発災原因

発災原因は、屋根骨補強リング等の内部構造物の状態を十分に確認しないまま、ガス検知器及び目視可能範囲の確認のみで、火気の使用を判断し、屋根骨補強リング内に重油留分が滞留している状態で、ゲージポールの撤去に伴う、屋根板部の溶断を実施した為、溶断片や火の粉が着火源となり、補強リングに溜まっていた油分含みのスケールに引火し、内部火災に至ったと推察されました。



(5) 再発防止対策

再発防止対策は、以下のとおりです。

- ア タンクの内部構造や状態を図面等の資料で十分に確認するとともに、直接目視を行い、事前に確認することとしました。(危険要因の抽出)
- イ 内部構造物や屋根板裏面等に油分がある場合は、クリーニングを実施する。可燃性物質が除去できない場合には、火気を使用しない方法(セイバーソー、ホールソー等)で、屋根板の撤去作業を行うこととしました。

3 事例2「製造所ストリッパー塔からの流出事故」

(1) 概要

製造所のスタートアップ時に、ストリッパー塔への入熱開始後、塔頂から湯気のようなものが出ているのを発見し、塔周囲の地面上に細かい油滴のようなものを確認したものです。

発生日時 平成28年12月15日(木) 13時40分
覚知日時 平成28年12月15日(木) 13時49分
処置完了日時 平成28年12月15日(木) 15時33分

14日から施設全体のスタートアップを開始し、15日午前から製造過程でフッ化水素を除去するためのストリッパー塔に入熱を開始していました。13時40分になり、従業員がストリッパー塔頂上付近から目視により湯気のようなものが流出しているのを発見し、現場付近にて塔周囲の地面上に細かい油滴のようなものを確認したため、流出しているものがスチームではなく、当該施設の内容物によるものだと判断し、13時55分に装置を緊急停止しました。その後、ストリッパー塔系統内に滞留している溶液を冷却してから、他のタンクに移送したのち、湯気のようなものが出ていた箇所の検査を実施した結果、ストリッパー塔の塔頂付近のエンドフランジ止めされているノズルに開孔を確認しました。

発災時当該シートなし

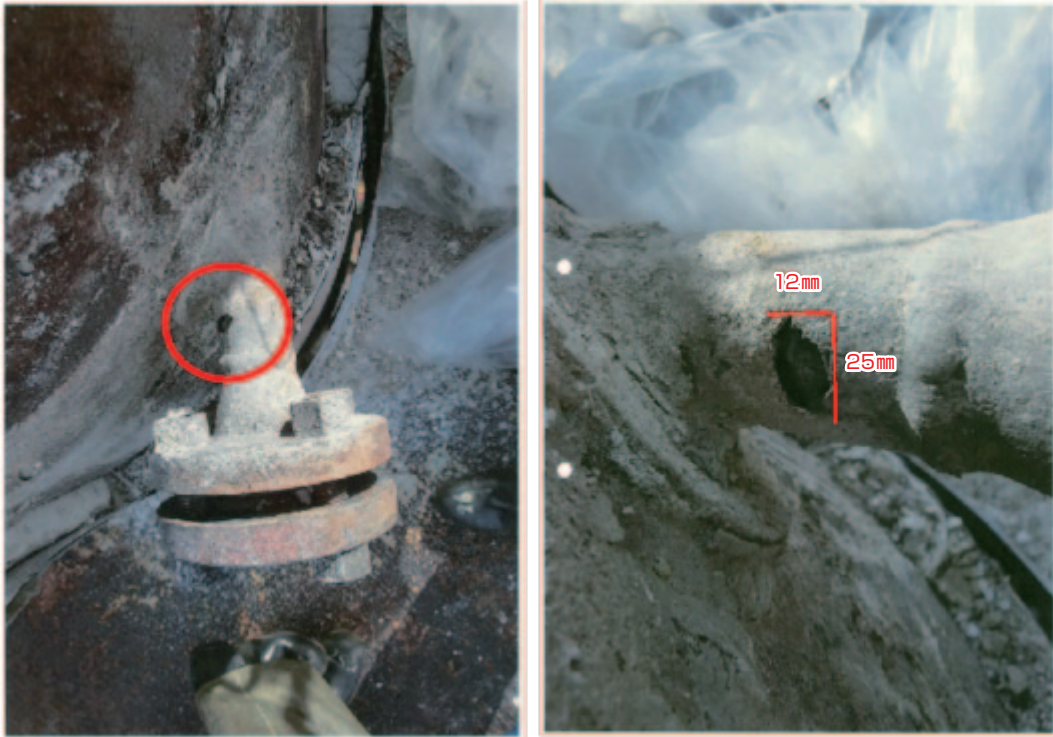


発災時、塔頂に湯気のようなもの確認

ストリッパー塔外観
(開孔したノズルは塔頂近くのステージ付近)



開孔したノズル
(ノズルの上から撮影、丸印は開孔部)



ストリッパー塔の保温材を撤去した後のノズルの写真

(2) 調査結果

今回、湯気のようなものを確認したストリッパー塔頂部付近を調査したところ、塔頂部に付属しているエンドフランジ止めされているノズルにおいて、目視により 25 mm × 12 mm の開孔が確認されました。開孔が確認されたノズルの仕様は次のとおりです。

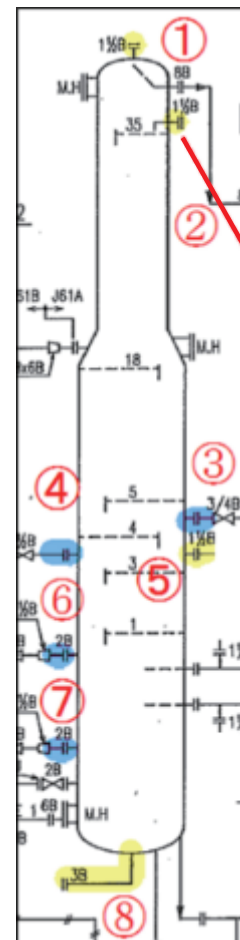
材質：1・1 / 2B STPG370 sch160 (元肉厚：7.1 t)

エンドフランジ材質：SFVC2A、機器本体材質：SB410

保温施工状況：保温なし (機器本体保温あり)

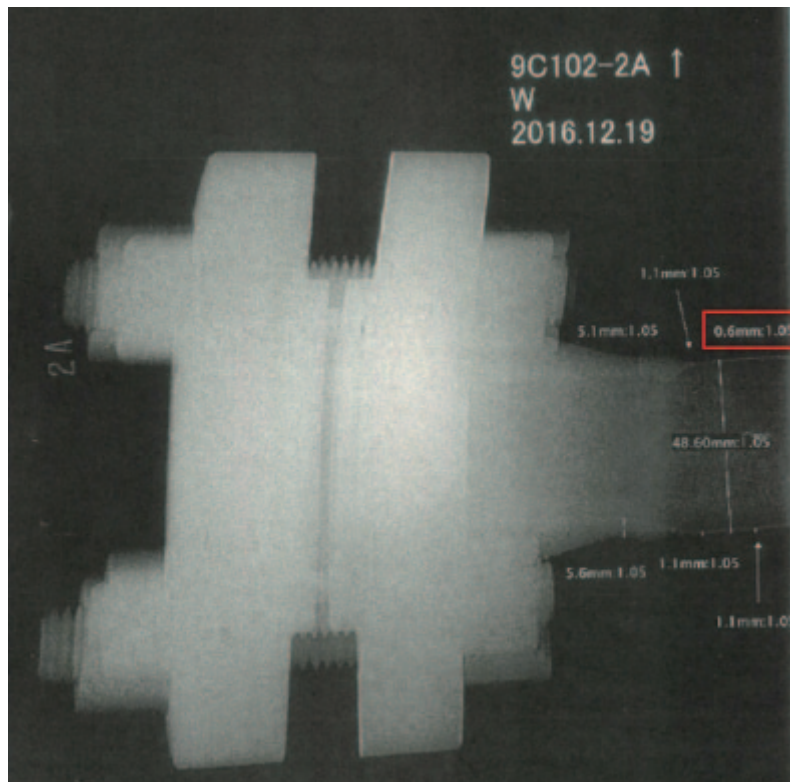
開孔が確認されたノズルに放射線検査をおこなった結果、内面の全面腐食により、元肉厚 7.1 mm の配管が、開孔部近傍の最も薄い箇所でも 0.6 mm となっていることが分かりました。

ストリッパー塔に設置された他のエンドフランジ止めされているノズルについても放射線検査を行った結果、トップベントノズル (①) については、元肉厚 7.1 mm であるものが、最も薄い箇所でも 3.9 mm、温度計ノズル (⑤) は元肉厚 7.1 mm であるものが、最も薄い箇所でも 4.4 mm、ボトムノズル (⑧) は元肉厚 7.6 mm であるものが、最も薄い箇所でも 4.5 mm となっていました。



開孔したノズル

塔ノズル測定箇所



開孔ノズル（上下）RT写真（赤枠は最も薄い箇所）

ストリッパー塔は 1962 年から使用していましたが、2004 年に他の工程で使用していたものをフッ化水素のストリッパー塔へ転用しています。今回開孔したノズルは運転開始時には循環ラインとして使用していたものですが、1975 年から使用を中止し、エンドフランジ止めとされていたものとのことでした。

塔本体については、直近で 2005 年に開放検査を実施しており、外面、内面の目視検査と超音波肉厚測定では、機器本体に著しい減肉は確認されておりません。また過去から実施している本体及び使用しているノズルの定点肉厚測定の結果においても著しい減肉傾向は確認されていなかったとのことです。

(3) 発災原因

ア 流出した物質について

ストリッパー塔の開口部付近から採取した物質の分析結果から、フッ化鉄、酸化鉄の形で存在している物質であると推定され、また装置の運転の状況から、流出した物質は、内容物の芳香族化合物（第4類第1石油類）及びフッ化水素であると推定されました。流出量については、発災時の運転温度、圧力および開口面積を基に算出した結果、流出量は、約 7L（芳香族化合物 5L、フッ化水素 2L）と推定されました。

イ 外面腐食について

当該ノズル付近は雨水が溜まる構造となっていなかったこと、また外面について目視検査をおこなった結果、全体的に肌荒れ程度の腐食（0.1 mm～0.3 mm深さ程度と推定）であったため、外面については通常おこりえる範囲の減肉はしていると考えられるものの、開孔にいたるような重大な腐食要因とはなっていないと推定されました。

ウ 内面腐食について

当該機器の系統には、内部流体に触媒であるフッ化水素が含まれています。フッ化水素は、水分の存在下ではフッ化水素酸を生成し、炭素鋼の侵食度が高まります。機器本体は、直近（2005年）及び過去から実施している定点肉厚測定の結果から、著しい減肉は認められておりませんが、エンドフランジ止めとされているノズルの侵食度を機器本体と比べると、大きな差が認められました。開孔したノズルは、ノズル端部と比べ温度が高いため、水分の凝

縮が少ないと想定される塔本体に近い部分で開口していますが、ノズル内には凝縮水液が全体的に薄く付着していたものと推定され、また、当該ノズル長さは約100mmと短く、端部にも腐食は発生していたことから、塔本体に近い部分も端部とほぼ同様の腐食環境であったと推定されました。さらに、当該開孔箇所は塔本体の保温施工板金の切り欠き部にあり、雨水等が伝い易い箇所であったため、ノズル側面を伝う水により冷却され、凝縮が発生しやすい箇所であったのではないかと推定されました。

これらのことから、プロセス中に含まれる水分（ppm 単位）が保温施工されていないエンドフランジ止めのノズル内で冷却・凝縮されたことにより、内容物のフッ化水素と水分により、フッ化水素酸が生成され、侵食度が高まり、長期使用によってノズル内で内面腐食が進行し、開孔に至り、当該開孔部から内容物の芳香族化合物及びフッ化水素が、ガス状で流出したものと推定されました。

(4) 再発防止対策

ア 発災ノズルについて

当該ノズルは撤去し、塔本体と同仕様の板材にて外面より当板補修を実施し、保温を復旧しました。当該当板部はストリッパー塔の次回開放時（平成 29 年度）に、はめ板を行いました。開放検査の際は、内面より機器全体（各ノズル含む）の目視検査を実施することとしました。

イ 類似ノズルの検査について

フッ化水素酸による腐食が懸念される系統の機器（ストリッパー塔を含む全 27 基）について、滞留部となる部位（ベント、行き止まり配管、PI・TI・LGノズル等）の検査を実施することとしました。検査結果は肉厚管理システムに登録した上で、今後も余寿命に応じて検査を継続し、減肉が認められた場合はその余寿命に応じて補修を実施することとしました。

ウ 不要ノズルと保温施工に係る対応について

不要ノズルについては、余寿命に応じた検査を継続的に実施しますが、機器の開放検査時には撤去することを検討することとしました。また、保温については、水分が凝縮する懸念のある部位について、侵食度によるリスクを評価した上で、施工要否を決定することとしました。

4 おわりに

2 つの事例とも、事故の深刻度評価では、重大事故には該当しない事故ですが、状況によっては重大事故まで発展しないとはいえない可能性があります。

屋外タンクの事例では、タンクに補強材が設置されているという情報が、後々に伝えきれていなかったため、補強材の中に油分（可燃物）がある可能性が、リスクとして抽出できなかった。教訓としては、情報はしっかりと伝えていく、残していく、そして、その情報から、リスクを抽出するということだと思います。

ノズルの事例では、不要ノズル等をどう管理していくか、ということかと思えます。将来使う可能性があるのであれば、維持管理を適正に行っていく。そうでないのであれば、リスクとなる可能性を考慮し、撤去していくということが重要と考えます。

2 つの事例の事業所の方も、当然、そのことの重要さは、良く分かっていらっしゃいましたが、完全に行うことは本当に難しいのだと思えます。