

災害調査報告書

産業リサイクル処理工場における 爆発災害



独立行政法人
産業安全研究所

1 はじめに

廃酢酸をタンクローリーより FRP タンクに充填終了後、片付け作業中に爆発・火災が発生し、2 名が死傷した。災害原因調査を行ったのでその結果について報告する。

2 略

3 災害の概要

災害概要 廃酢酸の FRP タンク充填終了後、片付け作業中に爆発・火災
発生時刻 午後 14 時 15 分頃
被災者 作業員 1 名死亡、1 名右指軽度火傷
気象条件 曇、気温 30.6℃、湿度 56%、風速 11.6m/s (14 時の測候所観測値)

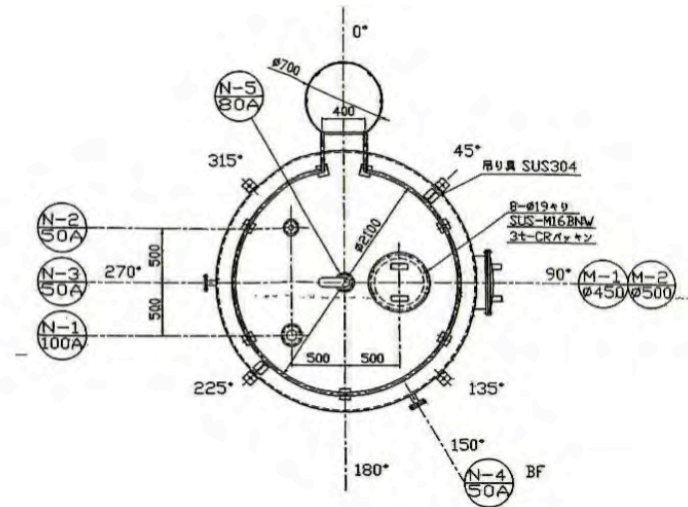
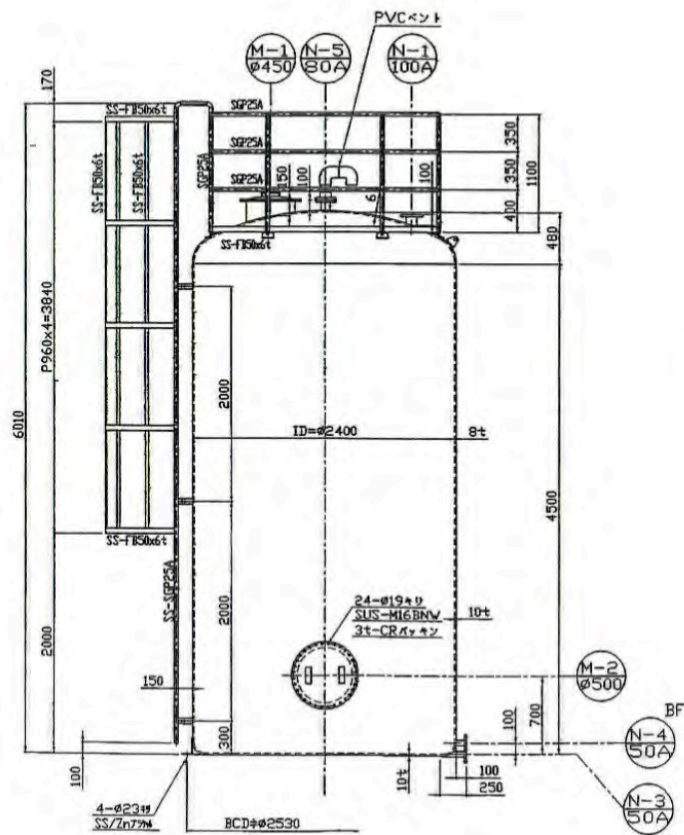
3.1 設備の概要

廃酢酸を充填する FRP 製タンクは直径 2.4m、高さ 4.5m、内容積 20m³、壁厚 8mm であり (図 1)、配管は塩化ビニール製である。周辺には 5 基の FRP タンクがある (図 2)。

3.2 災害発生状況

災害は廃酢酸約 10t (≈10m³) をタンクローリーより FRP タンクに充填終了後、片付け作業中の 14 時 15 分頃に起きた。充填は 13 時 35 分から 14 時 10 分の 35 分間程度で終了している。タンクローリーのホース、接地ケーブルが収納されていたこと、ホースと液入口のバルブとのジョイントの取り外しが中途であることから、このときに爆発が発生したと推測できる。作業の詳細は以下の通り。

1. タンクローリーを図 2 の位置に駐車
2. リサイクル会社の受入担当者がタンクの脱臭ラインのバルブが閉まっていることを確認 (通常は開ける。ボールバルブのボールの焼損痕 (図 10) から完全には閉まっていなかったことが予測できる)
3. 充填作業員 (タンクローリー運転手) は空のタンク C-41 に充填するため、液入口バルブ (プラスチック) とタンクローリーホースとのジョイント (ステンレス) を取付、ホースを接続
4. 液入配管口のバルブを開け、タンクローリーのギアポンプにて充填を開始
5. 受入担当者は充填開始直後、中間、終了前に手で触れ、タンク表面の温度により化学反応による温度上昇がないことを確認
6. 廃酢酸 10t の充填は 13 時 35 分～14 時 10 分の約 35 分間で終了
7. 充填作業員は液入配管口のバルブを閉じ、タンクローリーホースを収納
8. 液入配管口とタンクローリーホース間のジョイントを取り外しているとき (充填終了後約 5 分後) タンク内で爆発が発生



仕様	
容量	20m ³
設計温度	常温
常用温度	常温
設計圧力	満液
常用圧力	大気圧
空重量	約0.85ton
本体材質	FRP (耐溶剤グレード)
設置場所	屋外
SS塗装	下塗り1回ノ上塗り2回塗布 (緑色)

M-2	マンホール	500φ	1	FRP	側壁用
M-1	マンホール	450φ	1	FRP	塔頂用
N-5	ベント	80A	1	FRP	JIS10KFF PVCベント
N-4	予備口	50A	1	FRP	JIS10KFF BF
N-3	液出口	50A	1	FRP	JIS10KFF
N-2	液入口	50A	1	FRP	JIS10KFF
N-1	排気口	100A	1	FRP	JIS10KFF
番号	名	サイズ	数量	材質	備考

御用命先		尺底	1/40
名	FRP製	台数	3基
称	20m ³ FRP貯槽	設計	製図 検図 図法
			三角
		設計	
		図	M-020920-1

図 1:FRP タンク

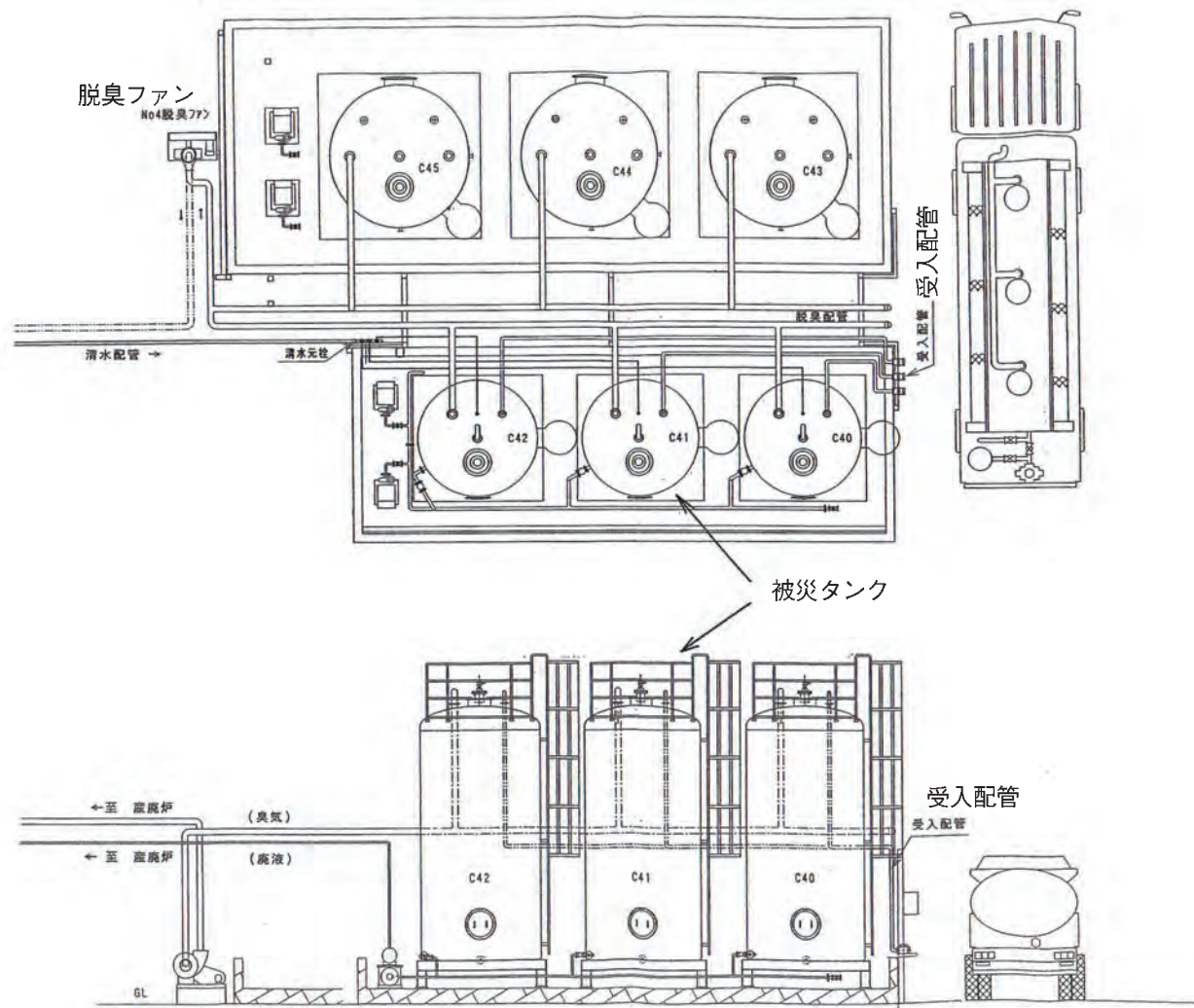


図 2:FRP タンク，周辺設備およびタンクローリーの配置

なお、タンクローリーの接地ケーブルも収納されていたので、充填中にタンクローリーが接地されていたかは不明。

3.3 被害状況

3.3.1 タンク

タンクは底部を除いて、西側に 46m 離れた場所に飛ばされていた。タンク内部は廃酢酸の汚れはあるが、焼けた形跡は見られなかった（図 3）。



図 3:爆発により飛ばされたタンク

3.3.2 周辺

飛ばされたタンクがあった周辺は爆発後の火災により 5 基のタンク，塩ビ配管などが焼損（図 4）。防液堤内の 2 機の送液ポンプの焼損，北側の脱臭ファンおよび脱臭ファン周辺の塩ビ配管等の破損・破砕（焼損ではなく爆発による破損と推定される（図 5, 6）。タンクローリーの泥よけ，後部ブレーキランプ等のプラスチック部の熱変形。

3.3.3 人的被害

充填作業者 1 名の死亡。受入担当員の救助の際の右手軽火傷。



図 4: 飛ばされたタンクがあった周辺の焼損



図 5: 破損した脱臭ファン



図 6:破損した脱臭ファンの配管・フランジ・ダンパ

4 静電的要因の調査

4.1 調査項目および結果

4.1.1 FRP タンク，配管

タンクは水洗いされたもので、充填前は空であった。タンク材は耐酸性のFRP、配管材は塩ビで両者とも電氣的に絶縁性の高い材料であるので、液体が帯電した場合、電荷の漏洩が困難な設備である。

タンク上部には液入管、排気口、脱臭バルブ、液面計、下部には液出口がある。

金属部分は液入配管口のバルブとタンクローリーホースとのジョイント部分、タンク手すり、はしご、FRP 製フランジのボルト、タンク下部の液出口の配管のフランジ付きバルブである。これらすべての金属は接地されていない（絶縁抵抗計にて計測）。このうち液体と接する部品は液入配管部のバルブのジョイント部分と液出口のバルブである。絶縁物を接地することはできないが（絶縁物は接地しても意味がない）、配管の液体と接するフランジ、ジョイント部を導体としてこれを接地することによって、液体の静電気帯電を抑制できるが、このような絶縁容器、配管を用いる場合の静電気対策がなされていない。

飛ばされたタンクは底部がなく、上部と胴部が離れていた。タンク内部には静電気放電を誘起するような突起状の導体はない。タンク外側の金属構造物はタンク内に進入しない構造で取り付けられている。タンク内は液体が入っていたと思われる位置までは廃液で汚れているが、それ以外は汚れがなくきれいであっ

た（図 7, 8）。タンク上部にマウントされた脱臭バルブ（図 9）と液面計も爆発でタンク上部から引き裂かれ、飛ばされたタンク周辺に飛散していた。タンク内は爆発のみが起こったものと考えられる。

4.1.2 液面計

タンク上部の超音波液面計（非防爆機器）のセンサー部はタンク内に突起するものではなく、このタンク内と接する部分も含めてすべて絶縁物で覆われている。着火源となる可能性は低い。

4.1.3 充填方法

液体はタンク上部から内部に 40cm 程度入ったパイプ（タンク底から約 4m の高さ）から充填されるようになっており、このような充填方法は液体の噴出による爆発雰囲気形成の形成要因となる。充填は約 35 分間で 10t（ $\approx 10\text{m}^3$ ）入れて終了している。流量は 4.7kg/s、流速は 2.4m/s（塩ビ配管 50φ）である。廃液はタンクのほぼ半分まで充填されていた。



図 7: 爆破したタンクの内面 1



図 8: 爆破したタンクの内面 2



図 9: 破損した脱臭ボールバルブ

4.1.4 廃酢酸の抵抗率

測定抵抗率は $25.9\Omega\text{m}$ と極めて低い抵抗率であった。通常、 $10^{10}\Omega\text{m}$ 以上の抵抗率の液体で静電気対策が必要となる[1]。このような低い抵抗率の液体では、絶縁物の配管であっても液体と接触している配管ジョイント部などが金属であり、接地されていれば、電荷が漏洩するため危険となるような静電気の帯電は起こることがない。この設備にはこのような接地した金属がない。

4.1.5 タンクローリー

爆発は充填終了後でタンクローリーのホース・接地ケーブルも収納されていたことから、充填作業中にタンクローリーを接地をしていたかは特定できなかったが、接地されていなくてもタイヤの抵抗にて接地されていることになる。接地ケーブルをはずしたタンクローリーの測定接地抵抗は $200\text{M}\Omega$ 程度であった。タンクローリーの静電容量を 1000pF とすると電荷の緩和時間は 0.2 秒である。仮に接地されていなくても、抵抗率の低い液体であることを加味して、パイプ内の流動帯電は大きくなかったと推測される。

4.1.6 脱臭配管ボールバルブ

タンク上に取り付けられた脱臭配管ボールバルブはプラスチック、ゴムの部品で構成されており、静電気着火源となるものではない。このバルブは爆発により破砕していた。バルブ内のボールの焼痕の位置（図 10）からこのバルブが完全に閉まっていなかったことが推察できる。



図 10: 脱臭ボールバルブのボール部の焼痕

4.1.7 脱臭ファン

脱臭ファンの入口はダンパを介して脱臭用配管に接続され、出口はダンパを介して焼却炉につながる配管に接続されている。爆発当時は作動中である。この脱臭ファンは非防爆型である。脱臭ファンにおいても爆発によると思われる破損が脱臭ファンの FRP 製ケーシングにあった (図 5)。この脱臭ファンに接続されているフランジ・塩ビ配管・ダンパも焼損ではなく破砕している (図 6)。このことから、脱臭ファンにおいても爆発があったものと推定できる。ファンおよびケーシングは FRP 製であるが、腐食のためか接地抵抗が $5\text{--}400\text{M}\Omega$ と比較的に小さくなっていた。平成 16 年 5 月 25 日に軸受部で液漏れ故障あり、そのときドレンに約 600mL の廃液が貯まっていた。ドレンに週 200mL ぐらい貯まるが、事故前にいつドレン抜きをしたかは不明である。ドレンに廃液が貯まっていたことが推察される。脱臭ファンは風量 $10\text{ normal m}^3/\text{min}$ 、静圧 1.47kPa 、軸動力 0.59kW 、回転数 3810min^{-1} である。

4.1.8 作業者

充填作業者は帯電防止作業服、靴は通常の作業靴を着用。地面はアスファルトとこれに接触している鉄板。湿度が比較的に低かったことを加味して、静電気放電を発生するほど作業者が帯電していなかったとは断定できない。爆発発生時、充填作業者はタンクローリーホースと液入口バルブとのステンレスジョイント (図 11) の取り外し作業をしていたと推定できる。



図 11: 液入口バルブとジョイント

4.1.9 液入口バルブ

液入れ口バルブは絶縁性の材料で構成されたものであるが、バルブを閉めた状態でも、廃液の抵抗率が低いためバルブの内部で電氣的導通は十分にあることが測定によって示された。解体されたバルブを閉めた状態で、わずかに残った廃液でもバルブのポート間の抵抗は4-15M Ω であった。事故時ではバルブ内部は廃液が十分にあるのでこの抵抗はさらに小さくなる。

4.1.10 可燃性物質と爆発雰囲気生成

廃酢酸は可燃性であり、引火点は10℃以下である。液入配管はタンク上部にあり、上部より40cm程度しか内部に入っていないため、タンク上部で噴出した液体ミスト・蒸気により容易にタンク内気相部に爆発雰囲気を形成させる構造である。

脱臭ファンに接続されるタンク上部のバルブは完全に閉まっていなかったと推測されることから、配管内、脱臭ポンプ内も爆発雰囲気になる可能性が十分にあった。たとえこのバルブが閉まっていたとしてもタンクは空の状態から充填されたこととタンク上部に排気口があることから、タンク内が爆発雰囲気になることは容易である。

この充填に係わるタンクおよび配管でつながれた部分の外側の周辺部では台風による強風のため爆発雰囲気の形成は困難であったと推察される。したがって、タンク・配管等の外の周辺の着火源は除外できる。

4.2 着火源

4.2.1 タンク内の静電気放電

充填中の液体の帯電には、

- ・塩ビ配管での流動帯電
- ・タンク内上部パイプでの噴出帯電
- ・蓄積した液体に滝のように落ちることによって液面で分裂してできる液滴や泡の分裂による帯電
- ・蓄積した液体内の異種の物質の沈降速度が異なることによる沈降帯電

が考えられる。

仮にタンクローリーが接地されていなくても、タンクローリーでの電荷緩和時間は短く（約0.2秒）、液体の抵抗率が極めて低い（25.9 Ω m）ためホースが接続されていれば流動帯電はほとんど起こっていなかったと考えられる。また、低抵抗率の液体のため沈降帯電など貯まった液体バルク内での帯電は無視できる。

上であげた噴出および分裂による帯電は起こりうるが、放電の相手となる接地導体（放電電極に相当し、放電回路形成する）がタンク内に存在しないので、静電気放電の生起は困難である。ただ、このように抵抗率の低い液体であれば、接地金属がタンク内にあればそこから電荷が漏洩するので、逆に静電気の帯電自体が起きることがない。

接地導体がなくても、可能性のある放電は液滴ミストの帯電雲による放電であろう。この放電が起きるためには、たとえば、タンクに溜まった液体が正帯電で浮遊ミストが負帯電であるような空間的に正と負に電荷分離することによって電位差が生ずる必要がある。このとき導電率が高い液体であるので、廃液でぬれたタンク内壁、貯まった液体バルク表面は同電位となり、タンク内で放電回路を形成することが容易となる。ただ、爆発が起きたのは充填後5分程度であるので、落下に時間が要するような極めて小さな帯電ミストが形成され浮遊する必要がある。また、帯電雲からの放電が着火源となったとしたなら、充填後5分も経過してからではなく電荷が十分に生成される充填中に放電が起きるべきである。

タンク内のみを着目すると、静電気放電の着火源としての可能性は特定できないが、この絶縁タンク内では電荷の漏洩がなく静電エネルギーが十分に蓄積されており、液体の抵抗率が著しく小さいため貯まった液体バルクおよび液体でぬれたタンク内壁は電氣的に浮いた導体のようになるので、放電が起これば着火性の放電を発生することは確かであろう。

4.2.2 脱臭ファンでの着火

破損状態から脱臭ファンでも爆発が起きていたことは明らかである。このことから脱臭用バルブが完全に閉まっていなかったことが推測できる。ドレンに貯まった廃液も含めて爆発雰囲気となっていたものと考えられる。ファンの回転方法はプーリーとVベルトでファンの軸を回転する方式であり、モータ部はファンのケーシングから離れているためモータの電気火花は着火源となっていないと考えられる。ファンの回転数は3810rpmで潤滑油方式であり、高熱になるほどではないであろう。ファンおよびケーシングはFRP製であるが、腐食のためか接地抵抗が5-400MΩと小さくなっていたことから、液体の抵抗率が低いことも加味して、静電気帯電による電荷の蓄積は大きくなかったと推察できる。

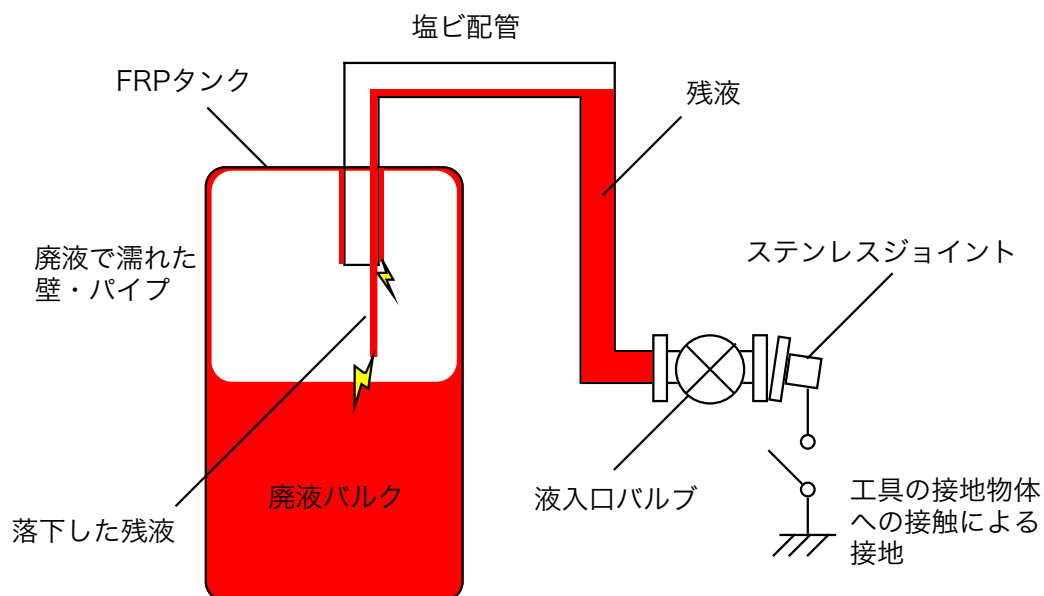
4.2.3 作業員からの静電気放電

作業員は帯電防止作業服、靴は通常の作業靴を着用であり、静電氣的に導電性の地面に立っていた。通常の作業靴を使用していたことと湿度は56%と比較的低いことから、静電気放電を発生するほど帯電していなかったとは断定できない。

4.2.4 ジョイント取外作業によるタンク内の静電気放電の誘発

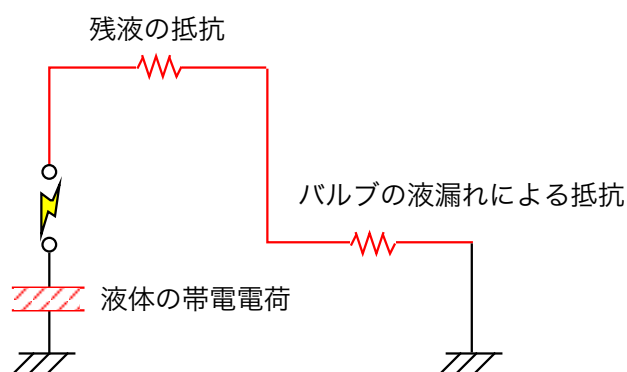
爆発は作業員が液入口のタンクローリーのホースとのジョイント（図11）を外しているときに起きている。4.2.1節で静電気放電の生成のための放電回路を形成する接地した金属がタンク内に存在しないことから、タンク内の静電気放電の生成が困難であることを述べた。図12に示すように、液体の抵抗率が低い場合パイプ内の残液による抵抗（約2.6kΩ：直径50mm、長さ20mとして計算）が低いことと4.1.9節で述べたように液入口バルブを閉めた状態でポート間の抵抗が低いことから、内部が液体で濡れたジョイント金属を金属の工具にて外

しているとき、工具がバルブを支持している金属枠（金属枠は接地金属）にふれるなどしてジョイントが接地する可能性が十分にある。4.2.1 節で述べたように液体は十分に帯電していると考えられるので、これによって形成された回路（図 12b）によりタンク内で図 12a に示すような静電気放電が発生する可能性がある。これが着火源となった可能性が高い。



低抵抗率の液体：導体のように振る舞う：
液体バルク表面、濡れた壁等などはほぼ同電位

(a)



放電の等価回路

(b)

図 12: ジョイント取外作業によるタンク内の静電気放電の誘発

また、ジョイントを取り外している作業者が帯電していてこれにより静電気放電が起きたときも、この回路によりタンク内の着火源となる可能性がある。この場合はタンク内の液体は帯電していなくてもよく、導電性が高いためキャパシタとして働き、作業者と液体に相当するキャパシタの電位が同電位になるまで放電する。

このような作業は本災害起こる以前にも行われていたと思われるが、災害に至らなかった理由として、脱臭バルブを開けること（通常は開ける）によって空気による希釈のため爆発雰囲気形成を抑制していたことが考えられる。

4.2.5 漏電

漏電は起きていないとのリサイクル会社からの報告がある。

4.2.6 雷

測候所の報告から当時雷の発生無し。

5 化学的要因の調査

5.1 廃酢酸

5.1.1 発火点

廃酢酸および災害現場から採取したサンプルを ASTM 式発火点試験器で 100～320℃の範囲で発火試験を行ったが、発火は見られなかった。発火点は試験条件に依存しており試験容器を大きくすることにより低い発火点が得られるという研究成果[3]から、同様の発火試験を倍の容量の 1L の試験容器でも行ったが、発火は観測されなかった。

5.1.2 引火点

引火点はリサイクル会社保存分の廃酢酸(事故品の控えサンプル)が 9℃、災害現場から採取したローリー残のサンプルが 15℃であった。

廃液などの揮発成分を少量しか含まなかったり、水分を大量に含むサンプルでは、従来の引火点測定では正確に引火点を測定することは難しいため、以下の測定方法で引火点を測定した。

20mL のサンプルを入れた 400mL 逆円錐型の密閉容器を水浴に沈め、サンプル、水浴をよく攪拌し、サンプル、容器内のガス、水浴の温度を所定の温度に 5 分間保持した後、35W（最大電圧 16kV）の放電装置で 1 秒間着火を試み、引火の有無を確認した。試験毎にサンプルを交換し、同温度で 3 回試験した内 1 回でも引火した最低の温度を引火点とした。

5.1.3 成分

事故を起こした廃酢酸のガスクロマトグラフィーによる成分分析により、酢酸、酢酸ビニル、アセトアルデヒド等が確認された（表 1）。

なお、アセトアルデヒドは廃酢酸中の酢酸ビニルの分解でも生じる成分であり、廃液中にアセトアルデヒドを生じるような製造工程の変更があった場合

だけでなく、廃液の保存期間、保存条件によってもその濃度が増加する可能性がある。

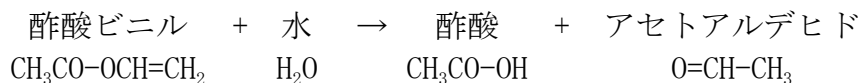


表 1: 廃酢酸の成分分析 (GC 面積比)

成分	ローリー積み込み	排出元タンク残	ローリー事故後残
酢酸	66.3	58.0	73.0
酢酸ビニル	14.4	14.0	5.1
アセトアルデヒド	6.8	3.7	5.5
その他	12.5	24.3	16.4

5.1.4 熱安定性

事故ロット品の事故後のローリー内の残液、リサイクル会社で保管していた廃酢酸の控えサンプル、それぞれについて、室温より120℃まで5℃ずつステップ昇温しながらそれぞれの温度で 20 分間断熱保持してその温度上昇を調べた。いずれも断熱温度上昇速度が 0.02℃/min を越えるような発熱は見られなかった。試験は、thermal hazard technology 社の断熱型熱量計 Accelerating Rate Calorimeter を用いて行なった。試料の量は約 5g、容器はハステロイ C 製のポンプを用いた。

5.1.5 混触危険性

事故ロット品の事故後のローリー内の残液、リサイクル会社で保管していた廃酢酸の控えサンプル、それぞれについて、事故を起こした廃酢酸タンクに入っていた前ロット品(本事故の前にタンクは洗浄済)との混合試験を行なった。混合直後の発熱については OmniCal 社製の反応熱量計 Super-CRC を用いて行なった。事故ロット品 2 種類の試料それぞれについて、約 4g をガラス容器に入れ、磁気攪拌子で攪拌しながら、約 0.5g の前ロット品を注射器で注入し、40℃の定温状態で 4 時間に渡って観測したが、いずれも発熱は見られなかった。

また混合後の安定性については thermal hazard technology 社の断熱型熱量計 Accelerating Rate Calorimeter での試験も行なった。試料は事故ロット品約 4g に対して前ロット約 0.5g を混合して作成した。容器はハステロイ C 製のポンプを用いた。室温より 120℃まで5℃ずつステップ昇温しながらそれぞれの温度で 20 分間断熱保持してその温度上昇を調べた。いずれも断熱温度上昇速度が 0.02℃/min を越えるような発熱は見られなかった。

タンクの脱臭用の排気管は、他のタンクの脱臭排気管と合流して排気ポンプに接続している。脱臭用の排気管のバルブは閉めたとの証言があるが、事故後の調査ではバルブは半開状態であり、事故当時も開いていた可能性が高い。他のタンクには、アンモニア等を含むアルカリ廃液を保存しているものもあった。

そのようなアルカリ廃液の混入があったとするなら大きな中和熱の発生が認められる。また爆発は、内容物の急激な沸騰による気液二層流噴出とその引火

または着火、あるいは内圧の上昇によるタンクの破裂、内容物の漏洩とその引火または着火により生じると思われ、いずれもタンクの外で起こる。しかるに、発熱は認められておらず(直前にタンク表面を触診している)、また爆発自体もタンク内部で生じたと思われる(タンク全体が、ペットボトルロケットを飛ばしたかのように、破損せず 40m 以上先に落下している)ので、廃液が混入した可能性は低い。

6 災害発生原因

調査により本災害の発生原因は以下のように推察される。

1. 可燃性物質は引火点 (10℃以下) が低い廃酢酸
2. 廃酢酸の抵抗率 (25.9Ωm) は低い
3. タンク、配管は絶縁物であり、バルブ等の金属部分は接地されていないため、帯電した電荷は蓄積される
4. タンク上部の高い位置から充填されるため、帯電及び爆発雰囲気生成が容易である
5. 酸素はタンクが空であったこと、タンク上部の排気口からも供給される
6. 爆発発生は充填終了後 5 分ほど経過した液入口とホースとのジョイントを取り外しているときである
7. 充填中は接地した金属がないため静電気放電を生起する放電回路の形成が困難であったが、液体の抵抗率が著しく低いためジョイント取り外し中にこの放電回路形成される可能性がある
8. この放電回路形成により静電気放電が起こり着火した可能性が高い

以上の調査から、本災害の発生原因はタンク内において引火性廃液蒸気が静電気着火で爆発したものと推定される。すなわち、

・着火源は、静電気放電。

1. ローリーからの廃酢酸が、タンク上部の高い位置からタンク内に充填されたため、噴出帯電及び/または泡等の分裂帯電が生じた。
2. タンク、配管は絶縁物であり、バルブ等の金属部分は接地されていないため、帯電した電荷が蓄積された。
3. 充填中は接地した金属がないため静電気放電を生起する放電回路の形成が困難であったが、廃酢酸の抵抗率が著しく低いためジョイント取り外し中にこの放電回路形成された可能性がある。
4. 爆発発生は充填終了後 5 分ほど経過した液入口とホースとのジョイントを取り外しているときであり、この放電回路形成により静電気放電が起こり着火した可能性が高い。

・爆発物質は、廃酢酸。

1. 廃酢酸中の成分は酢酸、酢酸ビニル、アセトアルデヒド等。

2. 廃酢酸中には低引火点のアセトアルデヒドが存在していたため、引火点が液温より低くなり、液面上に爆発性混合気が形成された。
3. アセトアルデヒドは、酢酸ビニルの分解でも生じうるので、廃酢酸の保存中に、その濃度は変化しうる。今回は、廃酢酸の受け入れまでに濃度が高まっていた可能性もある。

・酸素(空気)は空のタンク内に、はじめから存在。

排気ファンに継がるバルブが確実に閉まっていなかったと見られることから、廃酢酸のポンプ移送中あるいは終了後も、空気はタンク上部の排気口から多少供給されていたと思われる。しかし、蒸気濃度を爆発下限界以下にする程の効果はなかった。

7 再発防止対策

7.1 静電気対策

一般的な静電気対策は[1, 2]を参考されたい。ここでは、廃酢酸の FRP タンク充填を焦点にして述べる。

・帯電防止

- タンク内の液入配管を下におろすなどの dip (ドロップ) パイプとして、液体の噴出を防止する。このパイプ口が廃液でつかまるまでは流速を 1m/s に制限する。
- 廃酢酸のように抵抗率の小さい液体は液体と触れている金属部の接地をすることによって帯電を十分に抑制できる。

・接地：すべての導体は接地する。

- 金属配管は接地
- 絶縁物(塩ビ)配管のフランジおよびジョイントは金属としてこれを接地する。
- 排液口のバルブと液入口とホースとのジョイントの接地
- タンク内の液体の帯電防止にはならないが、タンク外側のはしごなどの金属も接地する。タンク外側が爆発雰囲気になったとき、電氣的に浮いた金属は静電気放電により着火源となりうる。
- タンクローリーは作業終了まで接地する。

・作業者の帯電防止：帯電防止作業服・靴

7.2 爆発危険性の把握

1. 特に廃液等の処理にあたっては、その成分が事前に報告されている通りかどうかは保証され得ないと考えるべきで、可能な限りその成分の把握を毎回確認すべきである。

2. 但し分析には限界があり、主成分は把握できても微量な成分、複雑な反応によって生成した不明物質等が必ず存在する。従って成分分析と共に、その危険性評価のスクリーニング試験が必要である。
3. 引火爆発危険性を評価するスクリーニング試験として、引火点試験があるが、試験方法によってその温度は大きく異なることを認識しておくこと。また、試験時の雰囲気温度では引火しなくとも、日中の日差しを浴びて温度が上昇する等のことがありえるので、室温より高い温度についても可能な限り確認すべきである。なお、引火後に燃焼が継続するかどうかは、引火爆発の危険性とは別の話である。十分な空気が不足し、あるいは燃料蒸気の供給が間に合わなければ炎は消えるが、これは試験条件に依存する。また、その威力は、規模に依存する。
4. 混合危険性を評価する簡便なスクリーニング試験として、ビーカーで混合して、その温度変化を見ることがよく行なわれるが、量が少ないため外気温度の影響を受けやすいことと、ある種の反応では誘導期間が数時間～数日に及ぶこともありえることから、あまり良い試験方法ではないことを認識しておく。少なくとも、新しい組み合わせでの混合の可能性がある場合は、最初の時に反応熱量計や断熱試験の実施をすべきである。
5. 場合によっては水と反応する場合もあるので、前のロットだけでなく洗浄水との混合危険性も必ず確認すること。また発熱が認められなくとも可燃性ガス、可燃性蒸気を発生する可能性もあることを認識しておく。ガス等の発生が疑われる場合は混合状態での引火点試験等が必要となることもありうる。

7.3 爆発危険性除去対策

ここでは静電気対策以外の注意点を述べる。

1. 引火点が雰囲気温度よりも低い場合、引火爆発を避けるためには爆発範囲からはずすこと、すなわち酸素の除去(例えば窒素等の不活性ガスによるタンク内雰囲気置換)が有効である。十分な換気によって燃料蒸気の濃度を下げることが可能であれば、それも対策となる。
2. 可能であれば、異なる履歴の廃液は混合しない。
3. 混合せざるを得ない場合は、タンクは徹底して洗浄すること。水と反応する場合や、堆積している沈殿物が原因で反応する場合もあるので、混合試験とともに、洗浄後のタンク内の状況をしっかり確認すること。
4. 異なる廃液を別タンクに保管しても、配管が接続している場合は混合の可能性はある。正常時には混合しない場合でも混合試験はしておくこと。そして、混合してしまった場合にどのような事になってしまうのか把握しておく。
5. 上記のタンクを継ぐ配管には逆流防止弁等を設置してバルブが空いていても、混合しないような工夫をしておく。反応することが明らかな組み合わせのタンクは配管系も基本的に分離するべきである。

7.4 防爆電器機器の使用

廃酢酸のように引火点の低い物質を扱う場所ではポンプ等に防爆電気機器の使用を薦める。

7.5 管理・点検

作業・設備・電気機器・接地・実施した防止対策などの管理と定期的な点検が必要である。

7.6 その他

安全確認：充填作業者だけではなく受入担当者もタンクローリーの接地，脱臭配管バルブの開，脱臭ファンの作動などの確認をし，二人以上の安全確認を義務づける。

参考文献

- [1] 産業安全研究所技術指針，静電気安全指針，RIIS-TR-87-1，1988
- [2] 静電気学会編，新版静電気ハンドブック，オーム社，1998
- [3] 産業安全研究所研究報告，1 リットル球形容器を用いた可燃性液体の発火温度の測定，NIIS-RR-2000pp19-24，2001