

危険物事故 関連情報

廃油再生燃料製造工場で発生した火災

稲敷広域消防本部阿見消防署 予防課長補佐
海老原 達博

1 はじめに

紹介する事例は、廃油を原料として再生燃料（助燃材）を製造する危険物製造所において複数の要因から爆発火災に至った事例です。

2 事故概要

- (1) 種 別 爆発火災
- (2) 発生場所 茨城県稲敷市
- (3) 発生日時 平成29年3月17日（金）11時58分ころ
- (4) 覚知日時 平成29年3月17日（金）12時02分（119覚知）
- (5) 鎮火日時 平成29年3月17日（金）16時36分
- (6) 気象状況 天候；晴れ 風向；西 風速；3.2m/s 気温；10.7℃ 相対湿度；36.5%
- (7) 人的被害 死者1名、負傷者2名
- (8) 物的被害 製造所563.5㎡ 全焼
隣接建物 部分焼
損害額2億7,000万円
- (9) 出場状況 公設8隊 65人
消防団26隊 197人
広域応援出場3隊
※その他避難者搬送用 バス2台（市役所）
- (10) 事故の概要

製造所内でポンプ設備を使用し、ドラム容器から大型の油槽に廃油を送油中に送油ホースに亀裂が生じ、危険物が製造所床面に漏洩した。

床面に漏洩拡散した危険物付近でフォークリフトを始動させ引火、爆発に至ったもの。

事故を発生させた工程及び設備は無許可で設置されたもの。

3 事業所概要

当該事業所は、石油製品製造業で主に廃油を原料とした再生燃料を製造する事業所である。再生燃料は炉等の助燃材として利用されている。

事業所には、廃油受け入れ用の屋内貯蔵所、屋外貯蔵所、屋外タンク貯蔵所、地下タンク貯蔵所等の貯蔵施設と廃油再生施設である製造所、さらに出荷用の一般取扱所が設置され危険物取扱いの一連の工程が可能な事業所である。

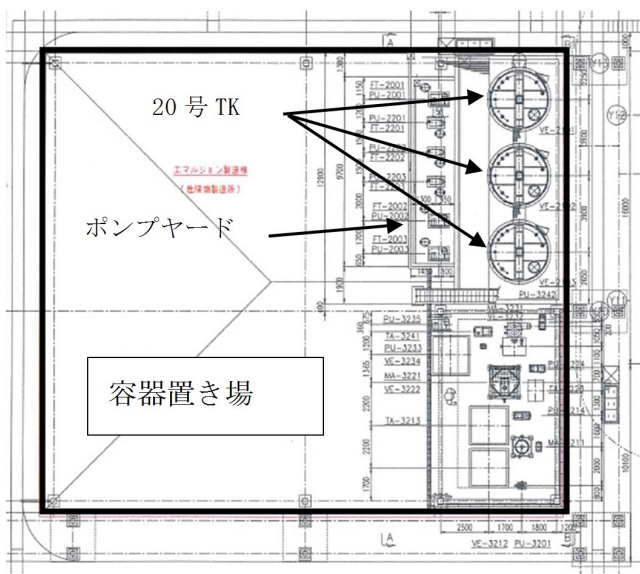


4 焼損製造所の概要

- (1) 平成24年10月設置許可
同年12月完成
- (2) 建築面積 527.65㎡
延べ面積 563.5㎡
一部2階 全面壁なし(一部ALC)
- (3) 許可危険物及び倍数
 - 第4類第1石油類(非) 20,000L (100倍)
 - 第4類第1石油類(水) 25,000L (62.5倍)
 - 第4類第アルコール類 40,000L (100倍)
 - 第4類第2石油類(非) 30,000L (30倍)
 - 第4類第2石油類(水) 30,000L (15倍)
 - 第4類第3石油類(非) 63,000L (31.5倍)
 - 第4類第3石油類(水) 35,000L (8.75倍)
 - 第4類第4石油類 35,000L (5.83倍)
 倍数 353.58倍
- (4) 製造概要

火災が発生した製造所は、施設内の貯蔵施設に入荷した廃油をポンプ設備を使用して20号タンク(混合槽)に送油し、混合エマルジョン化する。廃油の入荷形態は、ドラム容器によるものと移動タンク貯蔵所によるものなど複数の形態があり、配管を通じて混合槽に送油する形態と、ドラム容器からノズルを使用し送油する形態に分けられる。

(5) 平面図



5 被害状況

- (1) 製造所の被害状況
製造所は全焼、隣接した工場外壁及び守衛所外壁の類焼。火元付近の廃水タンク、分電盤及び制御盤が類焼する。(写真1参照)



写真1 製造所全景

(2) 物質の被害状況

製造所内には原料として使用する廃油がドラム容器・コンテナ容器等で貯蔵しており、ドラム容器706本、1㎡のコンテナ容器58基が焼損する。

ドラム容器は706本中、400本が危険物に該当し、306本は危険物を含むが引火点を持たない廃水であり、危険物400本中327本が液体の危険物を貯蔵した物、73本が廃油の沈殿物を集めた半固体の危険物であった。

危険物液体に該当した327本中212本は容器が変形しながらも燃え残り115本分の23,000Lが焼失したことがわかる。(写真2参照)

半固体状の危険物は、全量が固化し燃え残った。焼失した危険物は容器の損傷が激しく油種の特定期間には至らなかった。(写真3参照)

エマルジョン工程タンク(20号タンク)内部に貯蔵された危険物は、火災により混合工程が停止したことから液体と固体に分離し総量53,020kgがタンク内に残っていた。

(3) 被災影響範囲及び拡大状況

火災により黒煙が付近に充満、有害物質拡散の可能性から防災行政無線、市メールを活用し避難勧告を発令。付近住民749世帯1931人が避難。また、現場への進入路を全て閉鎖し通行止めとした。

火災による消火活動等で敷地外へ危険物を含む汚染水が流出したため、敷地から繋がる水路5ヶ所を閉鎖した。閉鎖前に事業所の廃水貯水槽を溢れ敷地外へ流出した汚染水は、工業団地調整池へ52t、付近の水路へ1,987t、距離にして1.2kmの範囲に流出した。汚染水の汲み上げに要した期間は火災翌日から9日間を要した。

汲み上げた汚染水を分析した結果、引火性は認められなかった。

(4) 人的被害

- ・死者1名(焼死・社会死状態で不搬送)
- ・負傷者2名(軽度な熱傷で救急搬送)

火災時は製造所内に2名の作業員が作業に従事しており、うち1名が死亡した。

また、製造所に設置された第3種移動式粉末消火設備を使用し初期消火を行った事業所内の従業員2名が火傷による熱傷で救急搬送された。

6 事故原因調査

事故現場は鎮火後も危険物が残存し、広い範囲で可燃性のガスが充満し、調査に危険が伴う状況であった。まずは調査員の安全確保を最優先とし、ガスを測定しながら危険区域を特定して調査を行う。また、爆発を伴う延焼をした結果、建屋内部は倒壊した建築部材や容器等が散乱した状態で細部の見分に入るまでに2週間が経過した。

事故見分は第4回見分まで行い、再現実験を含む検証を行い、事故報告まで約5か月を要した。(写真4参照)



写真2 変形したドラム容器



写真3 焼損が激しいドラム容器



写真4 倒壊建築物と散乱する危険物・容器

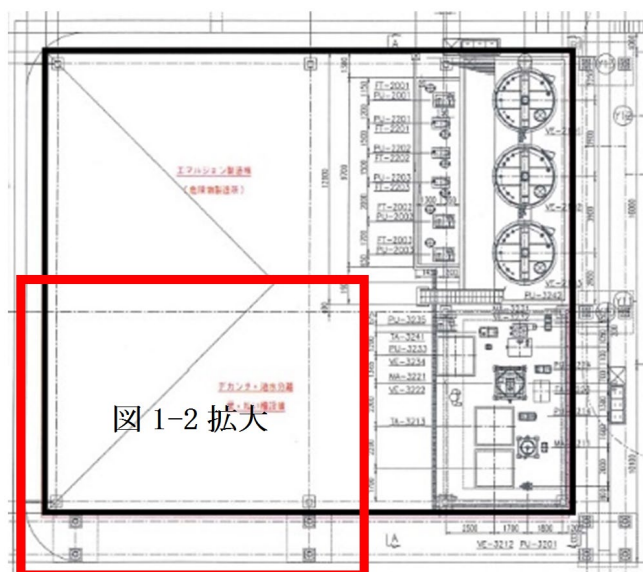


図1 流出・爆発発生箇所

(1) 第1回見分

①発見者の供述

発見者は製造所の作業員で事故時も作業を行っていた。また、この発見者は爆発が起こる前に泡状の液体が床面に流れているところを目撃しており、この流出物进行处理しようと水かきを取りに向かった直後に爆発に遭遇している。(図1, 図1-2参照)

また、爆発直後に事故被害者がフォークリフトに乗車しているところを目撃している。

②危険区域の設定

事故現場の床面は、破裂した容器から流出した危険物が広範囲に広がり強い刺激臭を発していた。可燃性ガスを測定すると引火性のガスを検知していたため、第1回の見分区域はガスが無い限られた場所となる。

③建物の焼損状況

可燃性ガスによる危険箇所を避け、建物を見分した結果、南西側に多く焼損跡が見られた。

④物質の収去

焼損状況、目撃証言から流出箇所付近の物質を収去し鑑定を依頼する。(図2参照)

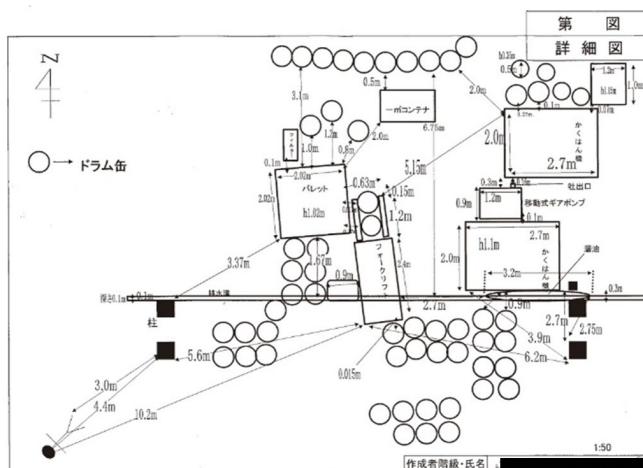


図1-2 流出・爆発発生箇所拡大図

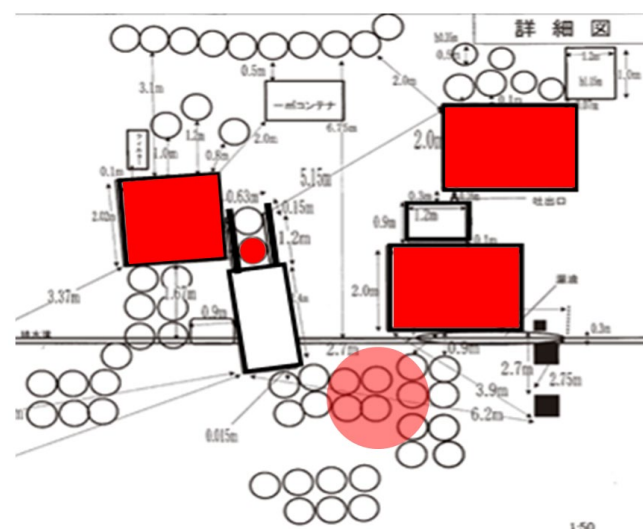


図2 物質の収去箇所

⑤第1回見分まとめ

製造所建屋は、南西側の屋根及び梁の大きな変形が見られ、南西側の床面には無許可で設置されたポンプ設備、大型油槽及び原動機付のフォークリフトがあり、激しく焼損している。(写真5, 6参照) 東側のエマルジョン工程タンク(20号タンク)は変色が見られるが、変形までには至っていない。(写真7参照)



写真5 建物南西側



写真6 フォークリフト



写真7 20号タンク

(2) 第2回, 第3回見分

①第2回見分

第2回見分は、現場保存を行いながら事故調査の障害となる倒壊建築物の除去及び、散乱したドラム容器の除去を行う。

倒壊建物の除去は、解体時に残存危険物から発生するガス等により危険が伴うため、消防、事故事業所、製造所設計業者、解体事業者の4社で協議を行ってから行う。

検討事項として、消防による保存場所の選定と解体にかかる二次災害の想定、製造所設計業者による構造不安定箇所の特定、事故事業所による残存油種の危険性及び解体事業者の使用機材等について協議する。

解体作業には、消防事故調査班が立会い、噴霧放水を行いながら実施した。解体しながら見分を行い、現場保存位置を指示する。(写真8参照)



写真8 解体作業

②第3回見分

第3回見分は、出火場所の特定について行う。第1回見分で確認した建屋の焼損状況から建屋南西部分を中心に見分する。南西部分には、無許可で設置されたポンプ及び大型の油槽が設置されておりフォークリフトが停車した状態であった。(図1-2参照)

フォークリフトは、クランプ型でドラム容器を掴んで回転させる構造になっている。

焼損したフォークリフトはドラム容器2本をクランプ部分で掴んだ状態で停車していた。(写真9参照)このフォークリフトは、大型油槽にドラム容器内の残渣物を投入するために設置されている。

残渣物を投入する工程には、廃油処理作業ならではの特異な理由がある。廃油として受け入れるドラム容器の内容物は様々であり、中には半固体状のものや残渣物を含むものもある。

再生燃料の原料として利用できるものは液体のみであるため、固体状の廃棄物及び残渣物の処理に苦慮していた。残渣物が残る状態ではドラム容器の処分や再利用もできず、二重の問題が発生していた。

そこで、ドラム容器に残る残渣物等を大型油槽に移し替えた後、さらに溶剤等を加え混合攪拌を行い、静置した後に発生した上澄み液体を20号タンクに送油する。これを繰り返し行い、固体状の残渣物を減らしていく工程を行っていた。この工程、設置された一連の設備は無許可で行われていた。

第3回見分は当日に製造所で作業を行っていた作業員に作業工程等を細かく聴取しながら進めていたが、ここで新たな供述を得た。

供述によると、無許可で設置された大型油槽付近に設置されたポンプ設備を事故当日に使用していた。通常はドラム容器から固定されたポンプ設備を使用し20号タンクに送油するが、事故当日は、無許可で設置されたポンプを使用して大型油槽に送油していたという内容であった。この新たな供述をもとに無許可設置の設備付近の見分を進める。

ポンプは、大型油槽2基に挟まれた状態で吐出・吸引両方のバルブは閉じた状態。バルブレンチは片方だけ付いた状態で1つは付いているはずだが、外されている。ポンプには、ポリプロピレン製耐油ホースが緊結された状態であり、ポリプロピレン部分は焼失しておりワイヤーだけが残っている。ホース先端の吸引ノズルはドラム容器の口に刺さった状態であった。(写真10、11参照)



写真9 クランプ型フォークリフト



写真10 油槽に挟まれたポンプ



写真11 ドラム容器に刺した吸引ノズル

③第2回, 第3回見分まとめ

第2回見分で, 解体作業により障害物を取り除いた結果, 無許可で設置された設備全景を確認することができ, その付近の焼損状況が激しいことが判明した。

第3回見分では, 作業員の新たな供述により見分を行った結果, 矛盾はなく無許可工程の全貌が見えた。ここでさらに, 1回の見分で複数の人から聴取した事故被害者が爆発音時にフォークリフトに乗車していた行動について見分を行う必要が出てきたため, 次回見分を行うことになる。

第3回見分を終了した時点で, 見分内容を整理精査するとともに, 今後の調査方針等を関係機関を交え協議した。(写真12参照)



写真12 調査会議の様子

(3) 第4回見分

①着火物について

これまで行った見分から着火物の検討を行う。目撃証言, 作業員の当日作業の供述及び焼損状況から2つの作業が疑える。

まず, フォークリフトがドラム容器を掴んだ状態で焼失していることからドラム容器の残渣移し替え作業中の危険物の漏洩。もう一つは, ポンプを使用して油槽へ送油中の漏洩の2つに絞られる。漏洩した液体は鑑定からガソリン由来の危険物等が検出され引火点の低い危険物と判明している。

鑑定結果から大型油槽内, ポンプ内, ドラム容器内及び, 目撃位置の床面から採取した液体はいずれも危険物で引火点は低く着火物としての条件は十分であり, (図3参照) 後はどこからどのように漏れ広がったのが第4回見分調査の目的となる。

目撃証言からは, 事故被害者は爆発時フォークリフトに乗車しているが, 発見者である作業員はフォークリフトを使用した作業までは目撃していない。また, 爆発音時はバックしているように見えたと言っている。一方で, ポンプを使用した作業は, 作業そのものを目撃されている。爆発直前に, 大型油槽付近に流出物が確認されていることにも着眼する必要がある。

フォークリフトから確認すると, クランプされたドラム容器は内容物が入ったままの状態ですら蓋が付いていた。この状態からすると, 掴んではいるが回転させていない状態であると考えられる。(写真13参照)

さらに重要な判断材料が確認される。第3回見分時にポンプの付いているはずのバルブレンチが1つ無くなっていることが確認されているが, そのバルブレンチがフォークリフトの回転クランプ部分の上部で発見さ

採取箇所	鑑定結果
大型油槽	トルエンを主体としたベンゼン環を有する化合物を含む数種類の炭化水素。
大型油槽	トルエン及びエタノール
ドラム容器	いくつかのピークは認められるが, 成分は不明である。
床面	トルエン, アルコール類及びベンゼン環を有する化合物。
ポンプ内	ガソリン及び軽油由来と考えられる化合物。

図3 鑑定結果



写真13 掴まれたドラム容器

れた。(写真14参照)このことにより、フォークリフトによる回転作業が行われていなかった可能性が高いと推測される。

次にポンプの設置を確認すると、第3回見分で述べた通り大型油槽の間に挟まれた場所に設置してありホースは緊結された状態で供述の作業内容が行われていた状態を確認できる。同一品でホースの結合状況を再現すると大型油槽までの幅が狭い状態で結合していることが判明した。この状態は、ホースの仕様書の曲げ限界である17cmと同一であり、ホースの方向により、曲げ限界に近く湾曲させた可能性がある。(写真15、16参照)



写真14 回転クランプ上部に置かれたレンチ



写真15 結合部の間隔の測定



写真16 結合の再現

作業状況の聴取から、日常的にホース内の残油を抜き取る行為を行っており、その工程はホースを上下させるため油槽との接触部分が擦れることが判明した。また、大型油槽に貯蔵された廃油は反応により油温が上昇することがあり、ホースの破断許容温度60℃を超え、ホースが破断した事例もあった事が判明した。

②再現実験

ポンプ設備及び、ホースの使用実態から以下の漏洩原因を想定し検証実験を行う。

- ・ホースの結合不良
- ・ホースと油槽の接触摩擦によるホースの損傷
- ・無理な屈曲による亀裂

検証実験は事故時を再現するため、同型のポンプ設備及び大型油槽を同位置に設置し想定を変えて行った。(写真17、図4参照)



写真17 再現実験

実験1	ホース接続部を円周の1/16回転緩める
実験2	ホース接続部を円周の1/8回転緩める
実験3	ホース接続部を円周の1/4回転緩める
実験4	ホースの表面が油槽の角部に接触する位置に弓鋸で亀裂を入れる。
実験5	亀裂を更に深くする。

図4 再現実験の想定

図4で示したとおり想定を変えて再現実験を行った結果、ホースと大型油槽の接触部に亀裂を加えて行った想定が目撃証言であった状況と一致した。結合部を緩めた想定では、大きく緩めても勢いがなく広範囲に流出しなかった。一方、亀裂を入れると勢いよく噴出し目撃された位置まで流出が広がった。この結果から、ホースの亀裂から流出したことが疑える。

③発火源について

これまでの見分から発火が疑えるものは、ポンプ設備の電気火花、電気配線、フォークリフト、静電気、化学反応熱などが考えられる。これらについて一つ一つ確認する。

まず、静電気については容器等は接地されており衣服も静電気対策が取られていた。電気配線は防爆仕様でコンセントも防爆仕様になっている。化学反応による発火等もサンプル試験を行っているため考えにくい。これらについては発火の可能性が低いと考えられるため、ポンプ設備及びフォークリフトについて見分を進める。

ポンプ設備は、モーター部分は防爆型であるが制御盤は非防爆構造であった。しかし制御盤は床から一定の高さを有している。制御盤各部分は焼損が激しく部品等は確認できない。(写真18参照)

フォークリフトは、全体の焼損が激しい状態で運転席、エンジン各部分の部品は金属製の部品を含め原型を留めていない。(写真19, 20参照)

フォークリフトの見分は専門的知識が必要なため、当該フォークリフトの製造元であるトヨタの技術者に技術支援を依頼し、トヨタと合同で見分を行う。

フォークリフトは内燃機関付で燃料はガソリンとLPガスを切り替えて運用できる構造となり、防爆性能を有していない。

トヨタ技術者の見解では、構造的には火花を発生する部分に可燃性の蒸気が流入する恐れは少なく設計されており通常の状態では一定の安全性を有しているとの情報を得る。それを踏まえエンジン内部及び電気部品等をさらに見分するが各部品の損傷が酷く原型を留めていない。

焼損が激しいことから、同一型のフォークリフトを用意し、比較しながら見分を行い、火花等を発生させる部品を重点的に見分する。(写真21参照)トヨタ技術者からの情報で、ディストリビューターが火花を多く頻繁に発生させることが判明した。位置、構造から引火の可能性が高く同一品を取り寄せ比較見分を行った。(写



写真18 ポンプ制御盤



写真19 運転席



写真20 エンジン内

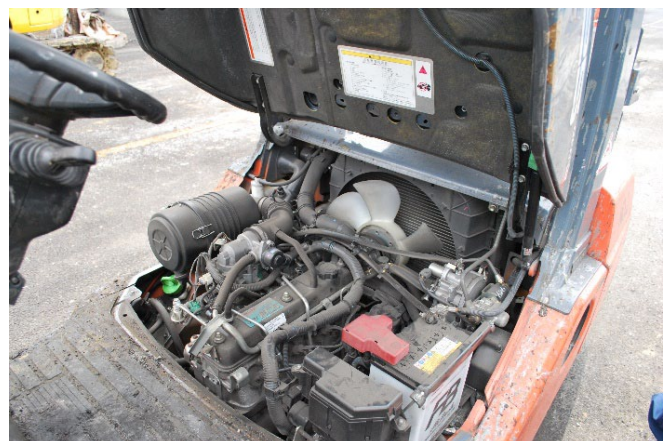


写真21 同型車両

真 22, 23 参照)

過去のエンジン部分の火災事例からもディストリビューターから着火した事例があると情報を得てディストリビューターを改めて見分すると、火花を発生させる位置に通気用の穴が 3ヶ所あり、可燃性の蒸気が流入する可能性を否定できない結果となる。

④第 4 回見分まとめ

第4回目見分では着火物と発火源について見分した。着火物は取扱い危険物及び分析結果から、第 1 石油類等の引火性の危険が高い危険物であることが判明している。また、漏洩原因は検証実験により目撃情報と酷似した状況を再現できた。また通常時の使用状況から、ホースにかかる負担が多く漏洩リスクの高い使用実態を確認している。

発火源については、可能性のあるものの中からフォークリフトのディストリビューターが最も発火の危険が高いことが判明した。また、爆発時に事故被害者がフォークリフトの運転席にいた事からエンジン始動時に爆発した可能性が高いと思われる。作業者が目撃された場所は、屋外に数歩で出られる位置であったにもかかわらず、わざわざ屋外と逆方向のフォークリフトに引火後に乗車するのは不自然である。さらに、焼損したフォークリフトは社内規定により運転席右側にチェーンが付いており、回り込まなければ乗車できない。(写真 24 参照) 引火後にわざわざ炎に包まれるフォークリフトに回り込んで乗車する行為は極めて不自然である。

以上の内容から、第 4 回の見分をもって調査を終了とし事故原因を判定する。

7 事故原因

(1) 危険物流出の原因

危険物を吸引するために使用していたポリプロピレン製のホースは、熱に弱く金属ワイヤーで覆われているものの著しく曲げた状態で長期にわたり使用する性能を有していない。流出させた場所は、17 cmと狭くさらに、その湾曲した状態で金属と接触した同じ部分に摩擦を与えていた。これにより摩擦を与えた接触部に亀裂が生じ危険物を噴出させたと考えられる。

事業所は、ホース交換の頻度を決めておらず、目視で交換時期を決めていた。当該設備は許可を受けていないことから、安易に考えて設備を導入し使用したことがそもそもの原因といえる。

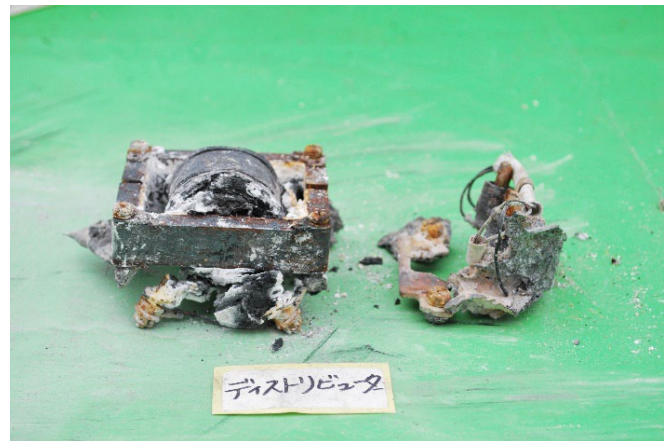


写真22 焼損したディストリビューター



写真23 同型品のディストリビューター



写真24 リフトのチェーン装着

(2) 爆発の原因

流出した危険物は目撃情報から流れるほどの勢いを伴い広範囲に広がっている。発見者はすぐに異常に気が付き、慌てて水切りとウエスを取りに行ったことから流出の状況が酷い状態だったことがわかる。また、この直後に大きな爆発音と同時に一気に燃え広がる炎、そしてフォークリフトに乗車する事故被害者が複数の人に目撃されている。フォークリフトに乗車前に爆発が起きている場合、ドラム容器で雑然とした状況の狭い場所からフォークリフトに乗車して逃げる行為は不自然となる。またフォークリフトは防爆性能を有しておらず火花を発生させる装置に通気用の穴が確認された。このことから危険物が広範囲に流出した場所でフォークリフトのエンジンを始動させたことが爆発の原因になった。

通常の許可通りの工程と設備で危険物を取扱っていた場合、可燃性の蒸気が滞留する恐れはない。可燃性の蒸気が滞留していなければ、フォークリフトから引火する危険性は少ない。しかし、今回の事故は許可以外の設備で許可以外の工程を行っていた。この工程は可燃性の蒸気の発生が頻繁に起こる工程であり、危険物の流出が発生しなかったとしても事故が起きた可能性は否定できない。

8 事故後の取り組み

この事故を機に事業所及び消防がそれぞれ事故防止に係る取り組みを行っている。

(1) 事業所の取り組み

①事故検証会

専門知識を有する技術者、愛知県にある本社の会社幹部を交えて事故調査内容を精査し、事故に至る経緯から各設備の構造、製造工程及び製造に従事する生産体制の見直しを行う。

②再発防止委員会

大学教授等の学識経験者を交えた再発防止委員会を組織し、様々な事故防止に係る検討を行い、全社員を対象とした研修等を行う。

(2) 消防の取り組み

①危険物規制

今回の事故の教訓として、申請に係る審査及び協議の重要性を再確認することになる。

製造所は、原則貯蔵行為は認められないにもかかわらず事故施設には大量のドラム容器が貯蔵されていた。この容器置き場は申請時から存在し、この行為を予測できたと思慮する。これは、直接事故の原因ではないものの被害の拡大要因であることに違いはない。

これを踏まえ事故を教訓に組織全体の危険物規制の強化を目的とした研修を実施、また立入検査マニュアルを作成し各署に配布し、今まで特定の職員が行ってきた危険物規制事務を幅広い職員に知ってもらうことで組織全体の底上げ、及び立入検査に係る知識技術の向上を目指している。

②規定・規則

当消防本部は、7市町村からなる広域消防であり、1本部9署所で構成される。危険物施設は管内全域に約1000施設あり、規制事務を本部一括で行い、立入検査は各署所で行っている。

事故を機に、立入検査の均一性を確保するため製造所及び一般取扱所の一部については本部規制事務担当が同行できる組織体制を確立した。また、検査前に検査に係る注意事項等を研修方式で伝達する等、類似事故防止に立入検査が有効になるように努めている。

9 おわりに

この事故は、危険物の流出から引火し広域に被害を拡散させた。流出は施設の排水溝を超えて拡散しフォークリフトのエンジンを始動させたことにより着火し爆発、さらに爆発後の黒煙と異臭を近隣地区に拡散させ、多くの住民を避難させることになった。また、消火に大量の泡薬剤を含む水を使用したこと、施設から大量の危険物が漏れたことで、敷地内の貯水設備の容量を超え敷地外に漏れ出し工業団地の調整池と近隣用水路を汚染した。複数の要因から多種の事故を発生させ近隣住民を含め社会的に大きな影響を与えた。

事故調査の中で、直接的な事故の原因のほかにも様々な要因が見えた。まずは廃油処理業界ならではの苦悩がある。廃油処理業界は危険物事業所から多くの多種多品目の廃油が発生するにもかかわらず、それを処理する処理事業所が少なく、事故を発生させた事業所も慢性的な忙しさに負われていた。この事業所は年間で16,700tの廃油を処理している。これは1日当たり約230本のドラム容器を処理することになる。また170社の事業所と取引しており、複雑・多忙から安全への配慮がだんだんと失われていったと考えられる。

このような現状は事故当時者だけでは改善できない。民間の廃油処理業界団体、県等が主管する廃棄物対策部局そしてわれわれ危険物規制事務を行う消防が事故防止対策について連携をとる必要があると考える。今回の事故は、事業所の従業員以外にも多くの付近住民に被害を与えたことから様々な方面から対策を講じて類似事故を防止していかなければいけないと考えます。

このような重大事故を経験し、自分たちが行う審査、指導がいかに重要で責任があるかを痛感しました。「間違いは誰にでもある」が、「絶対に間違っはいけないこともある」これを肝に銘じ審査・指導を行っていきたいと思います。