

危険物流出等の事故原因に関する検証

水田 亮*, 大熊 龍也**, 佐藤 和広***

概 要

消防法の一部改正により、市町村長等が「製造所、貯蔵所、又は取扱所において発生した危険物流出その他の事故（火災を除く）であって火災が発生する恐れがあったもの」についてその事故原因調査をすることができることとされた。そこで、統計資料や過去の事故事例の精査を行うとともに、実際の現場から収去した土壌や流出油等を分析し、腐食環境や流出状況について調査を行った。

その結果から、地下埋設配管や地下貯蔵タンクでの流出事故は今後増加することが予測された。特に地下貯蔵タンクでは大量流出の恐れがあるためその傾向を早期に把握し対策する必要があることが分かった。また現場調査の結果から、多様な流出等の事故原因の調査には、分析方法の追加、機材の整備及び専門的知識を修得することが今後の事故予防対策として不可欠であることが分かった。

1 はじめに

平成20年5月に改正された消防法第16条3の2に基づき、当庁では危険物規程の一部改正¹⁾が行われ、危険物流出事故等の調査実施要領が平成21年3月30日に策定された²⁾。消防庁は、平成21年度危険物事故防止アクションプラン³⁾において「地下タンク、配管等の腐食・劣化防止対策」を重点項目として設定しており、当庁においても「流出事故防止対策の推進」を掲げて取り組んでいるところである。

また他省庁の動きをみると、環境省では平成18年3月に「油汚染対策ガイドライン」⁴⁾を策定し、鉱油類を含む土壌に起因した油臭や油膜についての対応方策が示されている。本ガイドラインでは、従来より土壌汚染対策法の中で規制の対象としていた特定有害物質以外の鉱油類についても生活環境保全上の支障として捉えており、当庁による危険物流出事故等に対する調査及び対策が他方面へ及ぼす社会的影響は大きいと考えられる。

以上のことを踏まえ、本検証は調査のための基礎的な資料を作成するものとして、危険物流出事故等の原因調査を実施すると共に、過去の危険物流出事故等の原因を調査及び分析し、実施要領の確立について検証した。

2 検証内容

(1) 過去の流出事故事例検証

全国及び当庁管内で発生した危険物施設等の流出事故について、危険物施設等災害速報原票及び文献、各種報告資料を活用し、流出事故原因の分類と精査を行い、流出事故の傾向や特徴について検証した。

検証にあたり、使用した資料を下記に挙げる。

- ア 消防白書（平成21年度）⁵⁾
- イ 東京消防庁統計資料（平成11～20年度）⁶⁾
- ウ （社）全国石油協会「給油所における地下タンク・地下配管の漏洩対策等に関する調査報告書」（平成15年報告）⁷⁾
- エ 危険物施設等災害報告書（平成17～20年）
- オ 流出事故等調査・特異災害報告書（平成21年）

エ、オについては当庁管内の報告書を参照資料とした。

(2) 現場調査と試料採取及び分析方法の検証

危険物流出事故等の調査は、物的証拠を主体として関係のある者に対する質問の聴取に基づき検討を加えることが基本となる。この物的証拠の一翼を大きく担うものとして、科学的な分析による原因調査があり、危険物規程事務処理要綱第28の2に規定されている原因調査時の測定項目を以下に挙げる。

- ア 可燃性ガス測定器等による可燃性蒸気の確認
- イ 土壌の水素イオン濃度測定
- ウ 土壌の地表面電位勾配、対地電位測定
- エ 土壌の腐食電位の測定
- オ コンクリートの中酸化状況の確認

この他に同事務処理要綱では、必要があると認められる場合は物件等の形状、構造、材質等について詳細に分析を行うこととされている。

本検証ではこれらの項目について分析手法及び評価方法の検証を行うと共に、実際に危険物流出事故現場へ行き、土壌や危険物施設等のサンプリング手段についても検証を行った。

*危険物質検証課 **四谷消防署 ***消防技術課

3 検証結果

(1) 資料の統計報告の検証

ア 全国における危険物施設

消防白書⁶⁾では、全国で発生した危険物流出事故件数は平成6年から増加傾向をみせ、平成19年に過去最多の事故件数となっており、15年前の平成6年と比べると平成20年は倍以上の流出事故が危険物施設で発生している。図1に平成20年中に発生した危険物施設別の事故発生件数及び危険物施設1万施設当たりの流出事故発生件数（以下「事故発生率」という）を求めて示す。なお、簡易タンク貯蔵所などの発生件数の無い施設についてはこの図から除く。

消防白書によると平成20年の危険物施設の設置許可数は、多い順から地下タンク貯蔵所、移動タンク貯蔵所、給油取扱所となっているが、図1の流出事故発生件数は、多い順から一般取扱所、給油取扱所、地下タンク貯蔵所となっており、発生件数と設置数の傾向は必ずしも一致していない。また事故発生率では、危険物施設数の最も多い地下タンク貯蔵所や事故発生件数の最も多い一般取扱所は、他と比べて特に高い数値を示していない。さらに事故発生率の低い施設は、全て貯蔵所が占めており、流出事故を発生する危険性が他の施設と比べて一様に低いと考えられる。

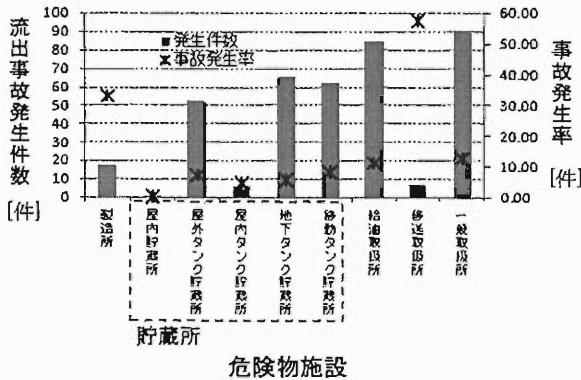


図1 全国の施設別事故発生状況(平成20年)

イ 東京消防庁管内における危険物施設

(7) 流出事故発生件数

東京消防庁統計資料⁶⁾により、平成11年から平成20年の間の当庁管内での危険物施設における流出等の事故について、危険物施設別の発生件数及び総件数を調べたものを図2に示す。

当庁管内における総件数は、各年での増減が大きいですが、これは発生件数が少ないこと（過去10年間で1年当たり平均21.3件）に起因したばらつきであると考えられる。次に施設ごとの発生件数を見ると、過去10年間においては常に給油取扱所の発生件数が最も多く、その発生件数の増減が総件数の増減と同様の傾向を示している。また他の施設では、移動タンク貯蔵所及び運搬車両に関わる発生件数が給油取扱所に続くが、これらの施設

の事故の多くは交通事故によるものである。

図1に示した全国の傾向と比較すると、当庁管内では一般取扱所や製造所での発生件数が他の施設と比べて非常に少ないことが特徴的であり、過去10年間では当庁管内の製造所における事故発生は無い。

以上のことから、当庁管内では危険物施設の流出事故対策を進める上で、給油取扱所の事故対策をとることが大きな意味を持つと考察される。

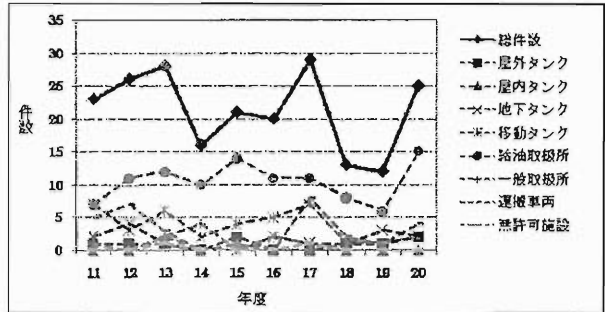


図2 当庁管内の施設別事故発生状況

(イ) 危険物施設数

平成21年3月現在の当庁管内における危険物施設の総数は14,461施設であり、施設区分別にみると地下タンク貯蔵所が全体の24%を占め、全国での施設数と同様に最も多い施設となっている（図3参照）。

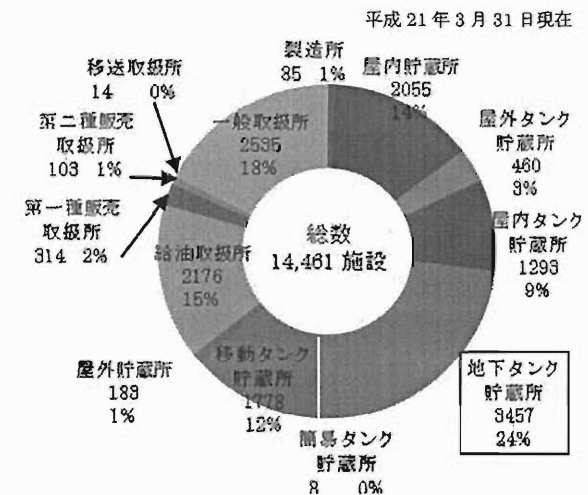


図3 当庁管内の危険物施設数

その他上位を占める危険物施設区分は、全国の上位を占める施設と同様の傾向となっているが、屋内タンク貯蔵所が全体の9%（全国2.6%）と高い比率を占めるのに対して、屋外タンク貯蔵所が全体の3%（全国14.7%）と低い比率を示している。

(リ) 給油取扱所

図2より、当庁管内での給油取扱所の流出事故件数は過去10年間で常に最も多い。過去10年間の給油取扱所数と流出事故発生件数について図4に示す。

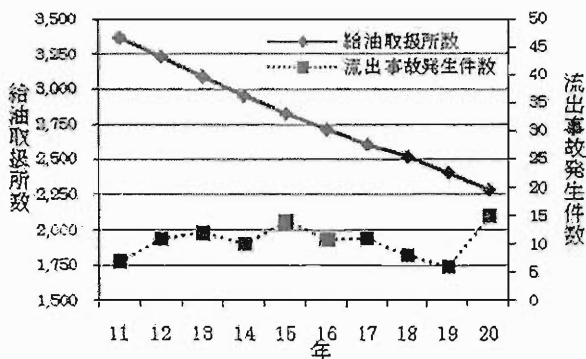


図4 当庁管内の給油取扱所数・流出事故発生件数

図4より当庁管内の給油取扱所数は、平成11年が3,369施設であるのに対して、平成20年では2,287施設と30%以上減少しており過去10年間で減少傾向を示している。一方、流出事故発生件数は平成20年で15件と増加しており、過去10年間の推移をみても横ばい状態である。この傾向から、給油取扱所の流出事故発生率が高いことが推察されるため、平成11年から平成20年の当庁管内の給油取扱所における事故発生率を全国の事故発生率と共に図5に示す。

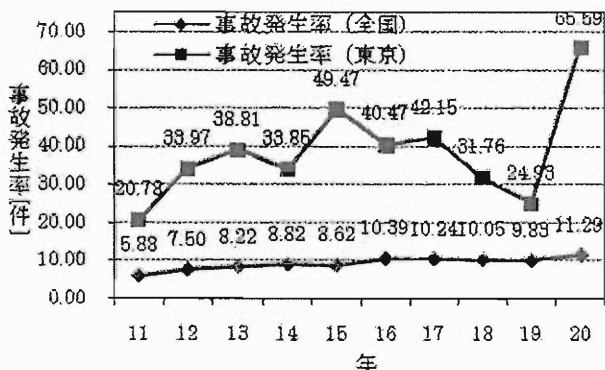


図5 給油取扱所の事故発生率

平成20年中の当庁管内での給油取扱所における事故発生率は65.59件で高く、各年で変動は大きいがこれは施設数が全国と比較すると少ないためと考えられる。当庁管内の事故発生率は、過去10年間の平均38.18件で、全国平均9.08件と比較すると当庁管内の事故発生率が高いことが分かる。

全国の事故発生率では、各年に大きな変動はないが増加傾向をみせており、平成20年の11.29件という数値は平成11年の5.88件と比較すると過去10年間で二倍近い上昇を示している。

(エ) 事故原因

平成19年中に危険物施設で発生した流出等の事故を物的要因、人的要因、火災等の事故原因別に分類した結果を図6に示す。

図6より、火災や人的要因(装置の誤操作等)を除くと、腐食や金属疲労等の劣化による事故原因が21%と最

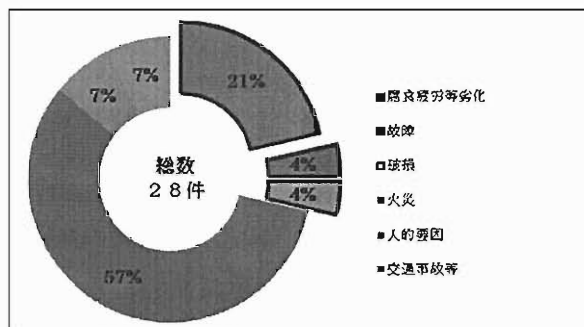


図6 危険物施設流出等の事故の事故原因別分類

も多く、物的要因中の7割以上を占めている。なお、平成19年中に災害が発生した施設の平均経年数(設置から事故発生までの平均年数)は33.3年であり、最も経年数の長いもので43年、最も短いもので15年であった。また事故に至った部位は全て地下埋設配管に関わるものであり、地下貯蔵タンクに関するものはなかった。

ウ 給油取扱所の流出事故傾向

危険物施設のなかで事故件数の多い給油取扱所における流出事故の傾向を検証した。(社)全国石油協会が平成15年7月にまとめた「給油所における地下タンク・配管の漏洩対策等に関する調査報告」⁷⁾では、全国の給油取扱所での流出調査を行っており、実際に流出があった給油取扱所の流出箇所を調べたものを表1に示す。表1より、地下埋設配管からの流出が70.4%を占めており、地下貯蔵タンクと同時に流出した数字を加えると約8割が配管から流出しているのが分かる。

表1 給油取扱所の流出箇所

| 区分 | 回答数 | 割合 |
|-----------------|-----|--------|
| 地下貯蔵タンク | 82 | 20.7% |
| 地下埋設配管 | 278 | 70.4% |
| 地下貯蔵タンク及び地下埋設配管 | 35 | 8.9% |
| 合計 | 395 | 100.0% |

経年数と流出事故件数との関係を見ると、地下埋設配管からの流出は経年数と相関性は認められないが、地下貯蔵タンクは経年数21年以降で経年数に比例して流出事故が増加している。また、経年数26年以降の地下貯蔵タンク数は全体の半数以上を占めており、経年数が20年経過しているものは73.5%である。

地下貯蔵タンクについて着目すると、危険物の規制に関する政令(以下「危政令」という)第13条及び危険物の規制に関する規則(以下「危規則」という)第24条により、タンクの塗覆装をモルタル塗り、アスファルト塗覆装、エポキシ樹脂塗覆装またはタールエポキシ樹脂塗覆装による施工をすることとなっている。野田らによる

表2 地下貯蔵タンクの外面保護の状況

| 外面保護の種類 | 回答数 | 割合 |
|-------------|-----|--------|
| 1. モルタル | 21 | 23.3% |
| 2. アスファルト | 67 | 74.5% |
| 3. エポキシ樹脂 | 2 | 2.2% |
| 4. ポリエステル樹脂 | 0 | 0.0% |
| 5. ウレタン樹脂 | 0 | 0.0% |
| 合計(有効回答数) | 90 | 100.0% |

「地下タンク等の外面防食に対する漏洩危険物の影響に関する研究」⁸⁾では、当庁管内の地下貯蔵タンクを有する危険物施設の79%がアスファルト塗覆装であることが報告されている。全国で実際に流出した給油取扱所の地下貯蔵タンクの74.5%がアスファルト塗覆装という調査結果(表2参照)を踏まえると当庁管内の地下貯蔵タンクの多くが流出危険の高い塗覆保護であることが分かる。

(2) 過去の流出事故事例

平成17年から19年までの3年間で当庁管内において発生した腐食疲労等による物的要因に起因した流出事故等を表3に示し、数件の事例について検証した。

事例1 一般取扱所(表3-No.3、原因:金属疲労)

屋内タンク貯蔵所から一般取扱所内のディーゼル発電機に供給される重油が流出したもの。

流出の原因は、発電機の燃料噴射ポンプの固定ボルトが折損(使用時間約17,000時間)したことにより、異常な振動が燃料油入口ターミナルボルトに発生して緩みが生じ、脱落して重油約200Lが流出した。脱落したボルトには緩み防止となるスプリングワッシャー等が取り付けられていなかった。

折損したボルトの断面組織を観察した結果では、介在物などの材料欠陥は認められなかったが、破面観察の結果、疲労破壊を示すストライエーション模様が認められた(図7、8参照)。

事例2 給油取扱所(表3-No.5、原因:腐食)

自家用屋外給油取扱所のタンク室に設置された地下貯蔵タンク配管からの軽油が流出したもの。

流出は配管の腐食孔及び送油管2か所、油面計管1か所、計量管1か所の計4か所で発見された。腐食箇所は、全てタンク室上部の山砂層の土壌部分で確認されており、配管の全てがタンク室のコンクリートを貫通し、周囲の土壌環境が同じ条件の複数の配管でほぼ同時に腐食が進行していたと考えられる(図9参照)。コンクリートに接触している全ての箇所では腐食は確認されなかったが、腐食孔のあった箇所付近ではすべての配管で

表3 流出事故事例(当庁管内)

| No. | 覚知年月 | 流出施設 | 品名 | 経年数 | 流出部位 |
|-----|--------|------------|------|-----|--------------------|
| 1 | H17.5 | 地下タンク貯蔵所 | 重油 | 31年 | 地下送油管、地下戻り管、地下通気管 |
| 2 | H18.7 | 一般取扱所 | 重油 | 32年 | 発電機燃料噴射ポンプ |
| 3 | H18.8 | 屋内タンク貯蔵所 | 廃油 | 29年 | 屋内タンク上部 |
| 4 | H19.6 | 地下タンク貯蔵所 | 灯油 | 20年 | 送油管 |
| 5 | H19.6 | 給油取扱所 | 軽油 | 27年 | 地下送油管、地下油面計管、地下計量管 |
| 6 | H19.7 | 屋外タンク貯蔵所 | 灯油 | 33年 | ピット内送油管 |
| 7 | H19.7 | 地下タンク貯蔵所 | 重油 | 43年 | 地下吸引管 |
| 8 | H19.9 | 地下タンク貯蔵所 | キシレン | 37年 | 地上通気管 |
| 9 | H19.10 | 給油取扱所 | ガソリン | 14年 | エア抜き管 |
| 10 | H19.12 | 少量危険物貯蔵取扱所 | 灯油 | 27年 | 地下吸引管 |

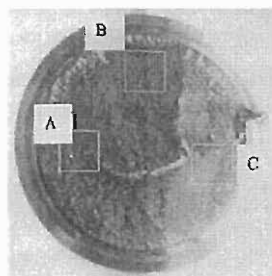


図7 疲労破壊した固定ボルト

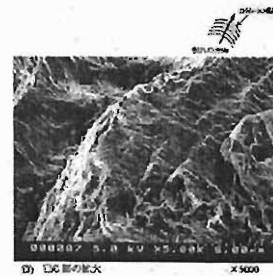


図8 C部の電子顕微鏡写真

減肉が確認された。よって、腐食は土壌に接した部分とコンクリートに接した部分との間で配管に電位差が生じ、マクロセル腐食が進行したことが原因として考えられる。

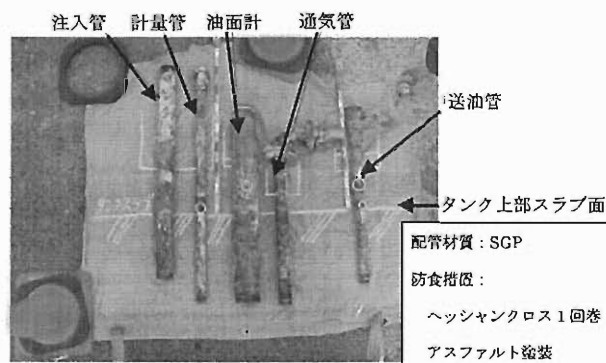


図9 腐食した配管

事例3 屋外タンク貯蔵所(表3-No.6、原因:腐食)

屋外タンク貯蔵所から一般取扱所へつながるピット内送油管から灯油が流出したもの。

流出箇所はピット内の送油管下部1か所に発見された(図10参照)。配管ピット内の腐食が発見された配管

付近には、設備の維持管理が不適切であったため土砂が堆積しており、この配管堆積部分が経年により腐食したと考えられる。また、腐食箇所は、送油管がコンクリートに埋設される部分（一般取扱所敷地内）から 10cm 手前の部分に位置しており、土壌／コンクリートマクロセル腐食の可能性も考慮された。

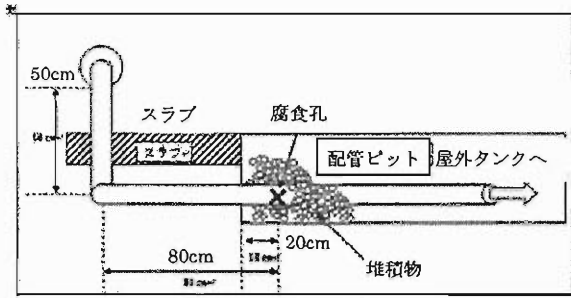


図10 配管流出部分

ここまで危険物施設等災害速報原票その他関係資料を基に過去の事例を検証したが、危険物流出事故等の調査における測定項目や土壌の成分分析などについては、今まで調査はなされていなかった。また事例1での断面観察による疲労破壊の調査については、消防機関による原因調査によるものではなく、事業者が第三者機関に委託したものであるため、今後これらの調査を行っていくことが一つの課題である。

(3) 調査実施要領の検証

危険物流出事故現場において、土壌等のサンプリング及び成分分析を行い、必要なサンプリング手法や分析手法及び評価方法の検証を行った。平成20年から21年に当庁管内で発生した腐食疲労等による物的要因に起因した流出事故等について表4に示す。表4中の数件の事例について分析及び評価方法の検証を行った結果を示す。

検証事例1 給油取扱所(表4-No.1、原因:腐食)

給油取扱所敷地内の地下タンクに貯蔵されるガソリン及び廃油が流出したもの(図11参照)。

それぞれのタンクで気密異常が確認され、ガソリン貯蔵タンクの気層部分に直径10mmの貫通孔が、廃油タンクにはタンク側面の液層部に20mmの腐食孔が発見された。廃油タンク底部及び周囲の土壌成分を分析した結果、ガソリンに含まれる成分とエンジンオイルに由来する成分が検出された。なお現場が面する東側道路に沿って地下鉄が走行していたため、タンク周囲の迷走電流を測定したが腐食の原因となる迷走電流は確認されなかった。

検証事例2 一般取扱所(表4-No.3、原因:金属疲労)

一般取扱所内の発電機戻り配管(フレキシブルメタル配管)が破断し、重油が流出したもの。

流出時、配管を固定していたU字ボルトも同時に破断

表4 流出事故事例(当庁管内)

| No. | 覚知年月 | 流出施設 | 品名 | 経年数 | 流出部位 |
|-----|--------|----------|------------|-----|----------|
| 1 | H20.9 | 給油取扱所 | ガソリン 廃油 | 19年 | 地下貯蔵タンク |
| 2 | H21.5 | 一般取扱所 | マシン油 | 31年 | 地下吸引管 |
| 3 | H21.5 | 一般取扱所 | 重油 | 24年 | 戻り配管フランジ |
| 4 | H21.5 | 一般取扱所 | 灯油 | 28年 | 地下送油管 |
| 5 | H21.6 | 地下タンク貯蔵所 | トルエン | 38年 | 地下貯蔵タンク |
| 6 | H21.6 | 給油取扱所 | ガソリン | 40年 | 地下吸引管 |
| 7 | H21.6 | 給油取扱所 | ガソリン | 44年 | 地下貯蔵タンク |
| 8 | H21.11 | 地下タンク貯蔵所 | 重油 | 18年 | 地下送油管 |
| 9 | H21.12 | 地下タンク貯蔵所 | 灯油 | 21年 | 吸引管 |



図11 廃油タンク及びタンク底部

し、脱落していたため、固定ボルト及び配管の破断面を電子顕微鏡で観察した。結果として、固定ボルト破断面には応力割れに特徴的なディンプル(図12参照)が観察され、配管破断面には疲労破壊に特徴的な粒内疲労破面や細かい振動による金属疲労に特徴的なストライエーションと呼ばれる模様が観察された⁹⁾(図13参照)。

本現場は、配管を固定していたボルトとナット間に何らかの原因で緩みが生じ、発生した振動が固定ボルトの破断・欠落を引き起こし、固定されなくなった配管に振動が発生した。このため、蓄積した金属疲労によって、配管が破断して流出に至ったものであるとされた。¹⁰⁾

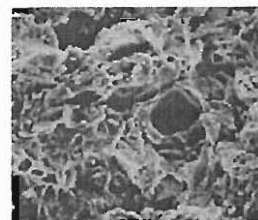


図12 固定ボルト破断面のディンプル(電子顕微鏡)

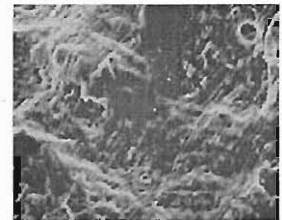


図13 フレキシブルメタル配管(電子顕微鏡)

検証事例3 地下タンク貯蔵所(表4-No.5、原因:腐食) 地下タンク貯蔵所内のタンク底部に発生した打突孔か

らトルエン約 4,500 L が地中に流出したものの。

タンク底部の打突孔の位置を確認すると、水抜き導管の下部に位置しており、水抜き管を入れる際に繰り返しタンク底部に落下させて衝突させたため、内部腐食が進行していたタンク底部に打突孔が生じたものとされた(図 14、15 参照)。



図 14 タンク内の腐食孔と水抜き管 図 15 地下貯蔵タンク

検証事例 4 地下タンク貯蔵所(表 4-No.8、原因:腐食)

地下タンク貯蔵所内の埋設配管に亀裂が発生し、重油が流出したもの(図 16 参照)。

亀裂はタンク室付近の埋設部分と配管点検口部分の 2カ所にて発見され、それぞれの土壌の成分分析においても重油が検出された。なお、配管点検口部分の土壌から検出された重油をガスクロマトグラフ(以下 GC という)で成分分析した結果、埋設部分の土壌成分の信号と異なり、低沸点成分を示す信号が消失していた。消防機関の事故覚知は 11 月であったが、付近住民からは夏頃に同様の臭気があったとの情報があり、この信号の違いは、漏洩に至った時期がそれぞれ異なったために、低沸点成分が揮発していたことが推定される。図 16 に試料及びとして標準 A 重油(参照試料)、標準 A 重油(恒温槽 40℃×12 時間乾燥)の GC 結果を示す。

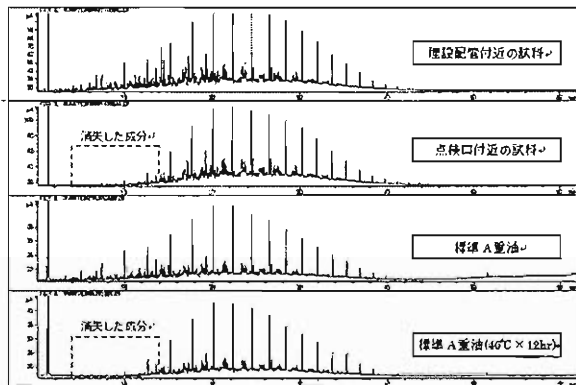


図 16 試料及び標準 A 重油の GC 測定結果

4 調査手段の課題と提案

危険物流出事故現場を調査した結果、試料採取時等の課題及び提案事項が数件挙げられたため、以下に述べる。

(1) 試料採取

危険物が土壌を経由して地下水に流出した場合や公共排水路に流入した可能性がある場合、地下水の検査井戸やマンホール等の堅穴から試料を採取する必要がある。危険物の拡大範囲を特定する場合、これらの採取場所では一般に間口が小さく深いため、採取状況を直接目視することはできないので、試料容器の形状やワイヤーの使用などを考慮し、適切な位置で採取しなくてはならない。

全国の危険物施設のうち第 4 類の危険物を貯蔵し、または取り扱う危険物施設は 98% を占め、第 4 類危険物の比重は水よりも軽いものがほとんどであるので、周囲へ漏洩拡大した際には水面上の試料を採取する必要がある。例として、一般に水質調査のために環境測定などの場で一般的に使用されるウォータースンプラーや吸着材を充填した容器を水面上に浮かべる等により、効率的に薄膜の試料を集める手段を検証する必要がある。また水溶性の危険物が流出した場合、流出成分が水中に溶けて希釈される。この微量成分を検出する方法についても検証が必要であり、例として市販の濃縮キット等の活用により試料の採取及び脱着が可能であると考えられる。

(2) 危険物による塗覆成分への影響

危険物施設の外部腐食は、アスファルト等の塗覆保護部分の劣化から始まり、様々な要素により危険物施設本体への腐食へと進むと推察される。過去に配管からの危険物流出によるタンク本体の塗覆保護部分の劣化促進についての危険性を検証しており、特にガソリンによってアスファルト塗覆が溶解することを確認している。

地下タンク貯蔵所において、配管からガソリンの流出が発生した現場では、周囲のアスファルト塗覆されたタンク本体においても腐食が進行している可能性が高いと考えられる。このためタンク周囲の土壌分析時には、流出した危険物の同定だけでなく隣接するタンクからの危険物流出の有無についても確認することが重要である。

アスファルトは石油の蒸留残渣であることから、GC によりその成分分析を行うと潤滑油等の重質石油成分とピークが重複する。故に、流出したタンク塗覆成分をサンプリングして成分分析を行い、重質油成分と相違する成分を検証することは流出成分を特定する上で重要である。

(3) タンク内の水分

地下貯蔵タンク内の結露により発生した水分は、通気管から流入した空気等の結露によるものであり、この空気は大気中の窒素酸化物や硫酸酸化物を含んでいる。そのため、地下貯蔵タンクに滞留した水分はタンク内底部のマイクロセル腐食を引き起こす要因となることが考えられる。水分中に含まれる酸性物質の存在を確認するために、タンク内に発生した水分を採取する必要がある。

(4) 含水比測定

土壌試料の含水比は、日本工業規格(JIS A1203)土の含水比試験方法に準じて 110℃の乾燥炉で加熱減量を調べることによって求められる。危険物が流出した土壌を乾燥炉に入れて行っている現在の方法では、低沸点成分

の揮発が考慮されていないため、正確な含水比が求められないと考えられる。そこで、より正確に含水比を求めるために、土壌をメチルアルコールで懸濁したのちに水分量を滴定するカールフィッシャー法が挙げられる。

(5) 土壌成分

土壌中に埋設された危険物施設の土壌環境における腐食要因として硫化物イオンの存在が挙げられ、土壌腐食の評価方法として広く参考にされているドイツ規格 DIN (土壌の腐食性評価) による評価方法¹¹⁾においても硫化物イオンは土壌腐食環境因子の一つとなっている。また硫酸環境にあるステンレス鋼は、酸素や硝酸などの酸化剤との共存により不動態化するが、塩化物イオン等のハロゲン化物イオンが存在することにより不動態化が崩れて著しく腐食が進行する。故に、DIN の腐食環境因子には該当しないが、塩化物イオンも重要な意味を持つと考えられる。塩化物イオンの存在を調べることは、塩化物イオンを含む酸である塩酸やコンクリート中の塩濃度を考察し、腐食環境を調べる上で重要な分析項目となる。

よって、土壌中の硫化物イオンや塩化物イオン等の陰イオンを調べるために、キャピラリー電気泳動等による分析が必要であると考えられる。

(6) 流出箇所の分析

金属疲労による劣化や腐食の原因究明を行うために、流出箇所を採取し、分析する必要がある。

流出箇所の分析として、まず表面観察により減圧方向の確認や滞留物の付着状況、塗覆状況を調べて流出に至った原因の推定を図る。さらに、提案として電子顕微鏡及び金属顕微鏡による金属組織の観察を行うことを挙げ、金属の破断形態から破断に至った原因を推定するとともに、破断の起点箇所を分析することにより破断方向を調べ、原因の特定に役立てる。また腐食部分を電子顕微鏡及び金属顕微鏡で観察することにより腐食形態についても調べる。これら顕微鏡の観察を行うには、試料の前処理が必要となり、破断部位を精密に切断して樹脂に埋め込み、断面を研磨する機器と技術が要求される。

また、蛍光X線分析装置等により金属の成分分析を行い、不純物の存在や材質の特定、配管内滞留物の特定を行うことが挙げられる。

(7) 配管内の観察

流出の原因調査を行う上で配管などの流出部分を特定し、配管の腐食状況や亀裂・孔の部位を分析することは必須項目であるが、危険物が流出した施設では、必ずしも掘削が行われるとは限らず、特に配管からの流出時は旧設配管を埋め殺しにして新設配管を設置することがある。危険物施設を掘削し、取り出すことは事業者を経済的負担を強いることになる。そのため、気密試験により流出配管を限定した上でファイバースコープを使用した配管内の観察や配管用気密試験器具の活用などにより、必要最小限の部分的掘削を行えるようにする方策が必要である。

(8) 今後の課題

GCによる土壌中の成分分析やキャピラリー電気泳動等による陰イオン分析を調査実施要領の測定項目に加えることが必要であると考えられる。また、機械的破断による流出事故発生時に金属破断面を観察する等の検証を今後進める必要がある。破断に至るまでの再現実験や腐食形態の特定のために配管塗覆や土壌の pH、迷走電流などの腐食環境を整えた再現実験も今後の課題である。

5 おわりに

本検証により以下の知見を得た。

- (1) 当庁管内で最も危険物流出事故が多く発生している施設は給油取扱所である。
- (2) 給油取扱所に設置された地下貯蔵タンクは、過去の流出傾向及び設置経年数や塗覆保護の経緯、地下埋設の形態上、今後流出に至る可能性は高い。
- (3) 全国の給油取扱所における流出事故の多くは、配管からの流出であり、必ずしも経年数に比例しておらず、比較的早期に腐食、流出している。
- (4) 金属疲労の蓄積による劣化及び流出時は、破断面観察等により、その原因を早期に特定し、類似した設備環境からの新たな流出を予防することが重要である。
- (5) 流出原因調査時には、腐食以外の金属疲労や設備管理など他の要因が関与している場合も多く、調査時には留意すべきである。
- (6) 危険物成分は地下貯蔵タンクの塗覆層を劣化させる恐れがあり、土壌中の危険物成分を分析することは、腐食の進行を考察する上でも必要である。

[参考文献]

- 1) 予防部長依命通達：東京消防庁危険物規程等の一部改正等について、20 予危第 550 号、平成 21 年 3 月
- 2) 予防部長依命通達：危険物流出事故等の調査実施要領の策定について、20 予危第 559 号、平成 21 年 3 月
- 3) 総務省消防庁危険物保安室長：平成 21 年度危険物事故防止アクションプランの取組について、消防危第 46 号、平成 21 年 3 月 30 日
- 4) 環境省水・大気環境局土壌環境課長：油汚染対策ガイドライン、環水大土発第 060322001 号、平成 18 年 3 月 22 日
- 5) 総務省消防庁：消防白書、平成 21 年度
- 6) 東京消防庁：東京消防庁統計資料、平成 11 年度版～平成 21 年度版
- 7) (社)全国石油協会：給油所における地下タンク地下配管の漏洩対策等に関する調査報告書、平成 15 年
- 8) 野田哲也他：地下タンク等の外面防食に対する漏洩危険物の影響に関する研究、東京消防庁消防科学研究所報、第 42 号、p 70-76
- 9) 安全工学協会：安全工学講座 3 破壊、p 233-234
- 10) 東京消防庁予防部危険物課：危険物規制速報、No.141
- 11) ドイツ規格協会 DIN 50929-3

Verification Concerning the Cause of Accidents Involving Leaks of Hazardous Materials

Ryo MIZUTA*, Tatsuya OOKUMA**, Kazuhiro SATOH***

Abstract

According to the partially amended Fire Service Law, the city, town, and village mayors are now authorized to investigate the causes of accidents involving leakage of hazardous materials or others that have occurred in haz-mat plants, storage depots, or handling places (excluding real fires) when these accidents are very likely to cause a fire. We thus examined the statistical data and the history of past accidents. We also collected the soil and leaked oil from the accident site to learn how corrosion progressed and leaks occurred.

As a result we concluded that the leak accidents from underground piping and storage tanks will increase in the future. Since underground storage tanks may cause massive leaks, it is necessary to grasp their leak possibility at an early date and take appropriate measures. After conducting the on-site cause investigations, we found it indispensable to adopt additional analytical methods, upgrade our equipment and increase our expertise in cause investigation.