

奨励賞

移送取扱所で発生した地下埋設移送配管からの流出事故について

東京消防庁予防部予防課 鈴木 貴幸

1 はじめに

先般、30年に及ぶ「平成」の時代が終わり、「令和」の時代となった。平成元年時と同30年時を比較するため、全国の危険物施設数の推移を調査したところ、総数は約30%減少している。この中で最も減少率の高い施設は簡易タンク貯蔵所で約71%、最も減少率の低い施設は移送取扱所で約21%である。

今回取り上げる移送取扱所について、この減少率の低さの要因を推測すると、その施設形態が理由であると考えられる。移送取扱所はいわゆる広範囲にわたる「パイプライン」として、貯蔵施設への石油燃料の受入及び移送を担う施設が多く、石油燃料が流通する限りは永年使用される可能性が高いためであると考えられる。

一方、移送取扱所での流出事故発生件数は平成元年から同30年まで計213件、年平均約7件発生していることになるが、危険物施設全体での流出事故総件数と比較すると、移送取扱所における割合は5%にも満たない。

しかしながら、前述のとおり移送取扱所は施設が海洋や陸路等広範囲に及ぶことから、一たび危険物が流出すると海洋汚染等広範囲に被害が及ぶ可能性が高い。危険物施設における流出事故に係る重大事故について、平成28年からの3年間、1万施設当たりの重大事故発生件数を見ると、危険物施設全体では約1件であるのに対し、移送取扱所では約9件と、9倍差であることから、いかに重大事故が発生しやすい施設であるかがわかる。

本事案は、船舶から陸上へ危険物を移送する移送取扱所の地下埋設移送配管の腐食孔から危険物が流出した事故であるが、原因究明の結果、特異性が認められたことから、同様の事故防止を図るための対策を提言としてまとめたものである。

2 当庁内での平成年間における流出事故件数

当庁内で、平成年間（平成元年1月から平成31年4月まで）における流出事故として認知した移送取扱所における事故件数は計5件であり、発生日時及び事故原因の概要は表1のとおりである。事故件数の8割が埋設配管の腐食によるものであり、栈橋部で発生しているのが特徴である。

なお、表1内No1及びNo4、並びにNo3及びNo5は同一施設である。

今回は、このうちNo4の事故事例を取り上げる。

表1 平成年間における移送取扱所の流出事故

No.	事故発生年月	事故原因の概要	発生箇所	(参考) 設置完成年
1	平成22年2月	道路下埋設配管の腐食疲労等劣化	道路	昭和56年
2	平成22年7月	受入ホース結合部の緩み	栈橋	昭和49年
3	平成24年5月	地下埋設配管の腐食疲労等劣化	同上	平成3年
4	平成31年2月	同上	同上	昭和56年
5	平成31年4月	同上（推定）	同上	平成3年

3 流出事故等の概要

(1) 発生年月日及び事故概要(表1、No.4)

平成31年2月22日1時頃、移送取扱所の配管が敷設された栈橋付近での油臭発生を端緒に、海上に重油が浮遊している状況が確認された。後日、敷設された移送配管の点検を実施した結果、気密異常が認められ、掘削したところ第1図、アの地下埋設配管に孔を確認した。

(2) 施設概要及び改修経過(第1図参照)

ア 施設概要

A重油(1,000kL、指定数量500倍)を移送する移送取扱所(昭和55年10月許可、昭和56年3月完成)である。

受入口は栈橋に設けられ、地下埋設、道路下埋設及び一部地上設置方式により、払出先となる屋外タンク貯蔵所(以下「油槽所」という。)へ接続されている。配管長は770m、最大常用圧力は0.5MPaである。

設置当時、移送配管は厚さ8.2mmの圧力配管用炭素鋼鋼管(以下「STPG管」という。)、配管径200Aであり、アスファルトジュートにより防食措置(以下「ジュート巻き」という。)されていた。地盤面下0.8m及び1.2mに埋設されており、途中6か所の点検ピットを有しているほか、中間バルブボックスが1か所設けられていた。

イ 改修1(平成元年4月変更許可、同月完成)

道路舗装工事中、重機により移送取扱所の地下埋設配管を誤って破損させた事故が発生した。損傷部分を含む1mの範囲を切断し、STPG管を溶接接続、ペトロラタムテープ二重巻により防食措置を施し復旧させた。

ウ 改修2(平成8年7月変更許可、平成9年1月完成)

栈橋のかさ上げに伴い、前ア時の受入口(以下「旧受入口」という。)から22.3m配管を延長させ、新たな受入口(以下「現受入口」という。)を設置した。

この際、新設配管を圧力配管用炭素鋼鋼管ポリエチレン被覆(以下「ポリエチレン被覆鋼管」という。)とし、旧配管と溶接接続した。旧受入口ピット(以下「旧ピット」という。)は残置し、旧ピット内に砂を充てん。旧ピット側板に新設配管を通すためのスリーブを設け、当該部分は緩衝材(シール材)を充てんしたうえで、埋め殺した。

エ 改修3(平成18年1月変更許可、同2月完成)

別に設置許可されている払出し側となる油槽所の防油堤外側の立ち上がり部分から、屋外貯蔵タンクまでの地上配管40m、可とう管及び配管架台の取替えを実施した。

オ 改修4(平成21年4月変更許可、同6月完成)

油槽所構内部分に地下埋設されている移送配管を保護するためのカルバート敷設工事に伴う変更工事を実施し、配管は設置許可当時のものを既存利用した。

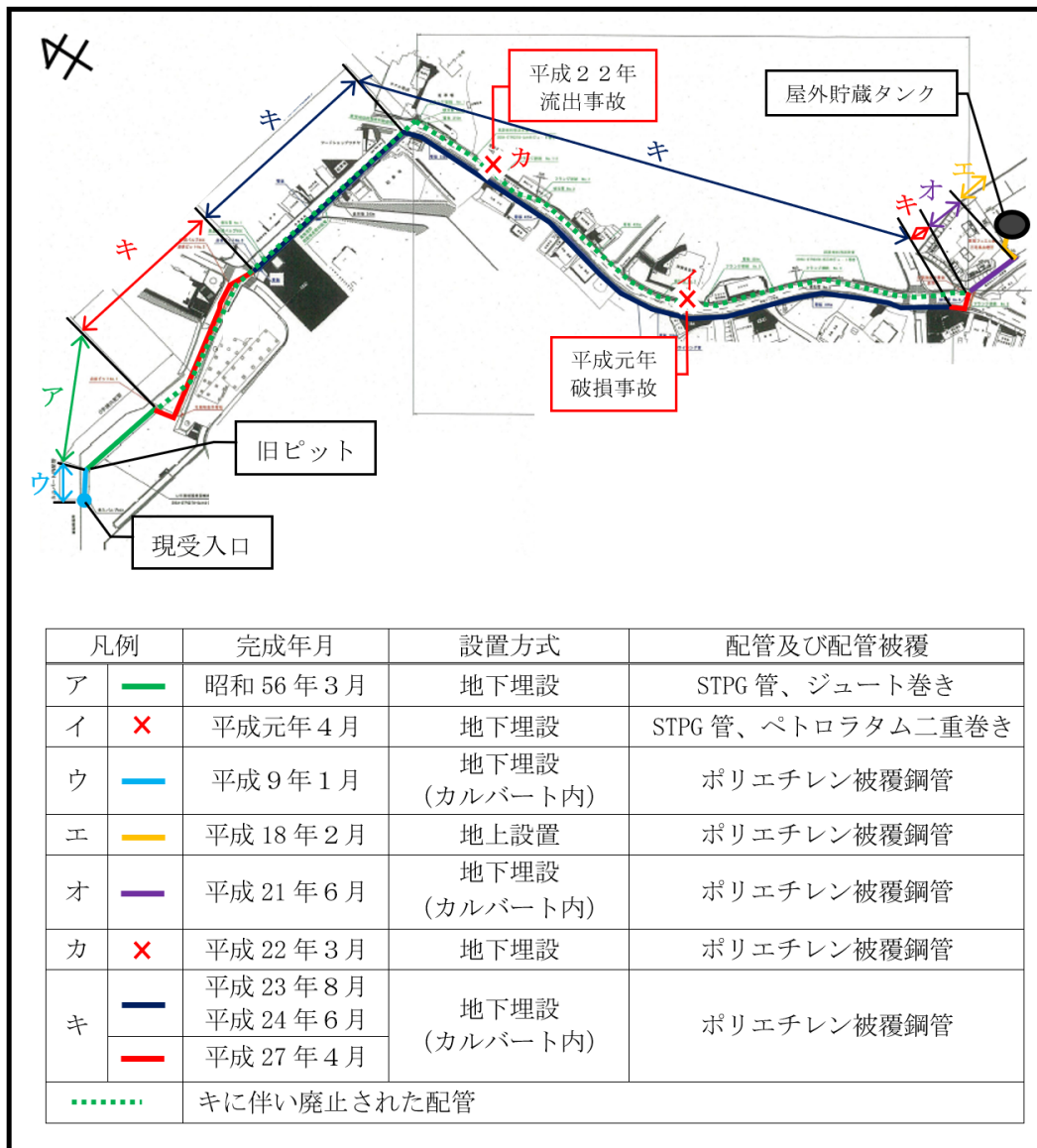
カ 改修5(平成22年2月変更許可、同3月完成)

平成22年2月、本施設移送配管直下に敷設された水道管が破裂した影響で、移送配管に直径およそ2mmの破損が生じ、当該部から危険物の流出事故が発生した。(表1、No.1)破損した配管付近をポリエチレン被覆鋼管に取替えるとともに、点検ピットを同時に設置した。

キ 改修6(第1期:平成22年12月変更許可、平成23年8月完成。第2期:平成24年3月変更許可、同6月完成。第3期:平成26年9月変更許可、平成27年4月完成)

施設老朽化により、STPG配管の道路下埋設方式から、ポリエチレン被覆鋼管のカルバート内敷設に更新した。本工事により工事範囲内の既設配管を廃止、あわせて敷設ルートを変更した。

第1図 施設状況図



(3) 流出事故調査状況

ア 現場見分状況

(ア) 第1回流出事故現場見分 (平成31年2月25日実施。第2図参照)

- a 棧橋上周囲に危険物の流出は認められない。(写真1参照)
- b 棧橋北西側周辺付近の海上には岸壁を取り巻くように油膜が浮遊しているのが認められる。(写真2参照)

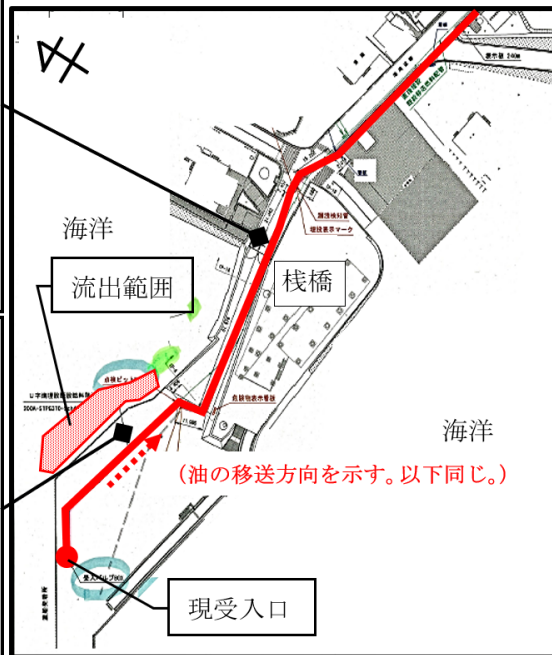


写真1 栈橋外観



写真2 流出状況

第2図 第1回見分状況図

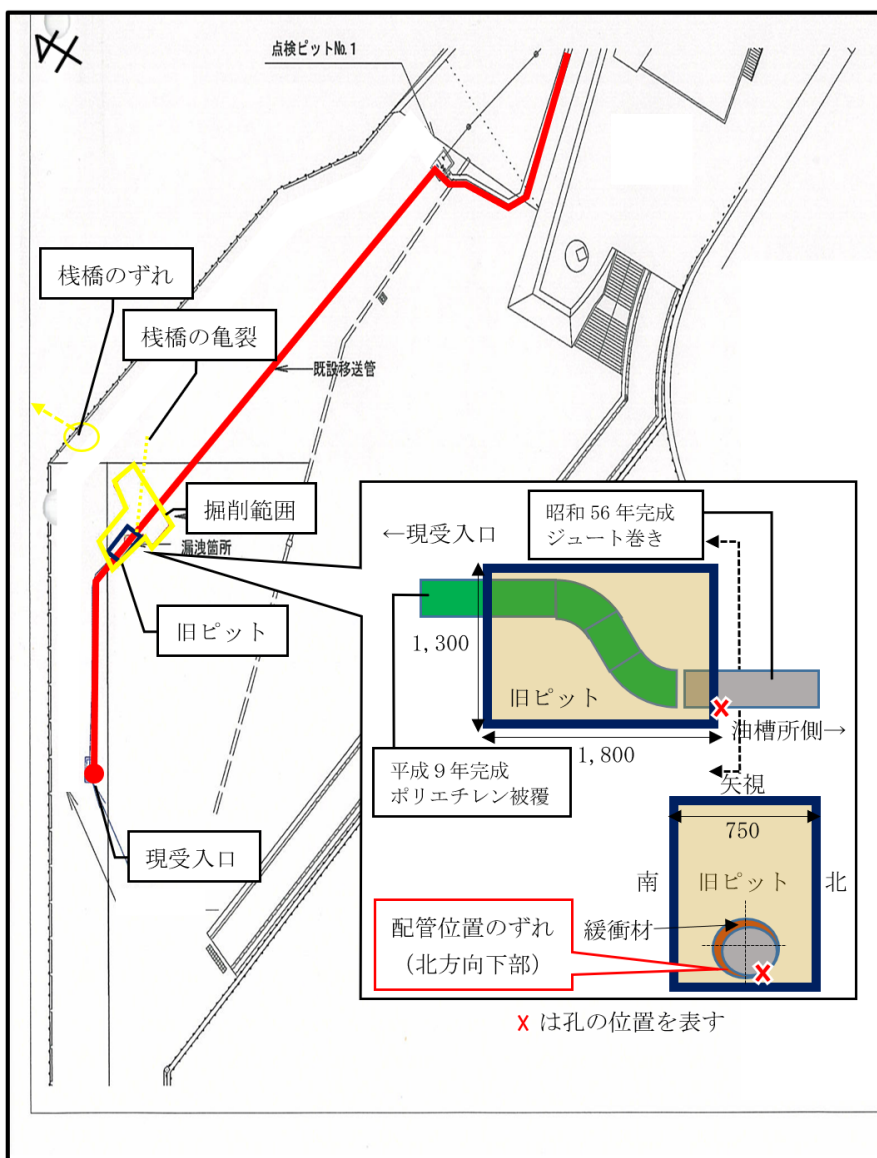


(イ) 第2回流出事故現場見分 (平成31年4月24日実施。第3図参照)

- a 流出箇所を特定するため栈橋を掘削すると、旧ピットが現認でき、その周囲には栈橋の亀裂及び北側方向へのずれが認められる。これは栈橋自体が北側に部分的に沈降したため生じたものである。(写真3～5参照。なお、旧ピットは仔細に見分するために重機により切断されている。)
- b 旧ピット内において、前(2)、ウのとおり平成9年完成のポリエチレン被覆による移送配管が溶接接続されている。相互の配管被覆を比較見分すると、現受入口側はポリエチレン被覆が原型を留めているのに対し、油槽所側のジュート巻き部分は被覆の劣化が確認された。また、旧ピット周囲の土壌は他の部分と比較して湿り気があり、油臭気が認められる。(写真6参照)
- c 旧ピットを貫通している移送配管を仔細に見分すると、油槽所側の旧ピット側板(鉄製2枚板)貫通部の北方向下部に2か所の孔が認められる。また、移送配管周囲の緩衝材は、孔が認められる部分を中心に消失している。(写真7参照)

なお、旧ピット切断の際、切断時の圧力により旧ピット側板が歪曲している。

第3図 第2回見分状況図



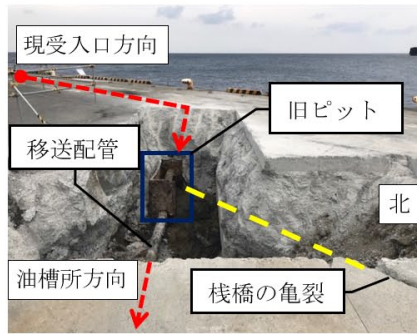


写真3 掘削状況

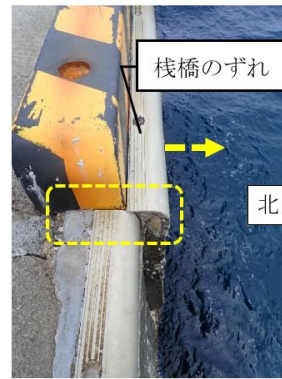


写真4 栈橋のずれの状況

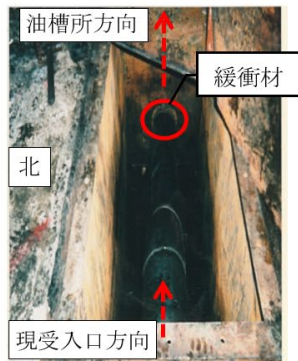


写真5 旧ピット (前2、ウ施工時写真)



写真6 配管被覆の状況

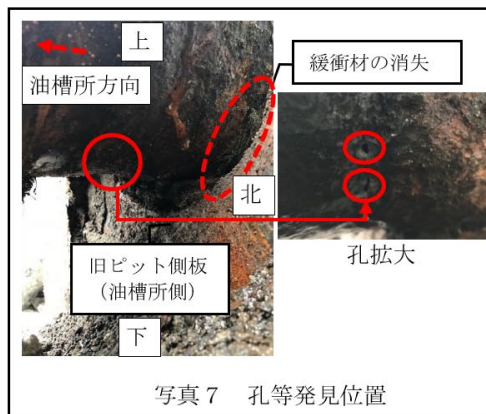


写真7 孔等発見位置

イ 配管の開孔部分の検証見分 (令和元年5月28日実施)

配管の開孔部分周囲を切断し、詳細に検証した。

- (P) 配管表面は全体的に錆びた赤褐色であり、長さ7mmの孔^①と、長さ3mmの孔^②が認められ、孔周辺に錆こびが複数認められる。(写真8参照)
- (I) 孔周辺の状態を見分すると、孔を底部として稜線を描くように強く挟られ、減肉しているのが認められる。(写真9参照)
- (ウ) 敷設状況を復元すると、孔周辺の稜線が、同じく切断した旧ピット側板(油槽所側)の稜線と重なるように接している。(写真10参照。なお、便宜上側板を配管の上部に置いて復元したが、実際は上下が逆となる。)
- (I) 配管の開孔部分を別途当庁の消防技術安全所に持ち込み、孔の金属組織の分析を行う。

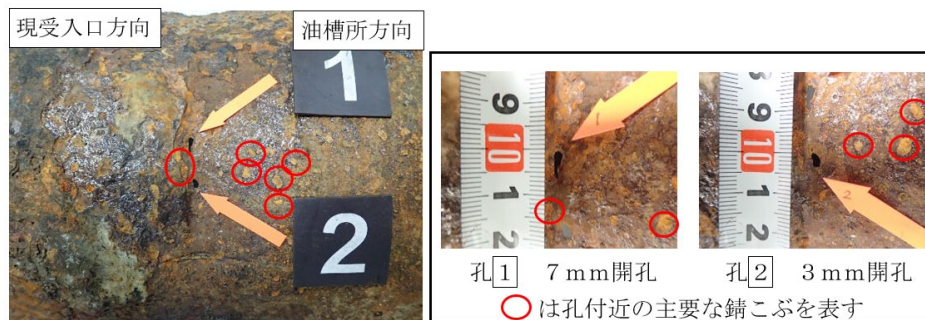


写真8 孔周囲

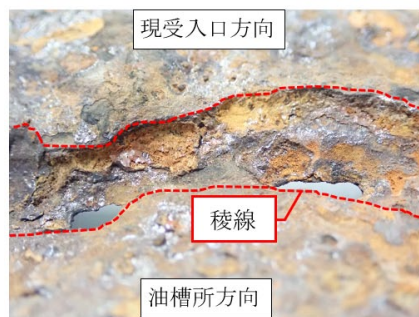


写真9 孔周辺の減肉状況



写真10 復元状況

ウ その他関係者の供述等により判明したこと

- (ア) 事故発生3日前の平成31年2月19日に、750 kL油の移送を実施した。
- (イ) 油の移送時は通常、油槽船のポンプにより圧送を行い、移送後、エアーにより再度圧送し、残油処理を行っている。圧送圧力はいずれも0.4 MPaから0.5 MPaである。(ア)の際も同様の措置を講じた。
- (ウ) 栈橋のずれ及び沈降の要因は、波の影響により栈橋基礎(ケイソン)部が浸食されたことによるものとのこと。

エ 直近の定期点検等の状況

- (ア) 平成30年5月11日に定期点検を実施した。移送配管全体における目視可能範囲での点検の結果は、異常なし。
- (イ) 平成30年6月19日に漏れ点検を実施した。0.38 MPa加圧試験を60分実施したが、圧力変動はなく、異常なし。

4 配管分析結果

当庁の消防技術安全所において、配管の孔周辺の金属組織を観察し、破孔の要因の調査及び分析を行った。

(1) 方法

- ア 現認される孔2か所を切断し、試料として成型する。
- イ 孔周辺の健全部分を、比較試料として成型する。

(2) 観察方法

前(1)ア及びイ試料の断面を、金属顕微鏡等を用いて相互比較し、金属組織を観察する。

(3) 結果

各試料片は孔周辺及びその他の部分に塑性変形(結晶粒が変形)している部分は見られず、健全部分と同様の金属組織のまま減肉していた。(写真11~写真14参照)

したがって、2つの孔はいずれも、物理的な摩耗や切断により発生したものではなく、腐食により破孔した可能性が高い。

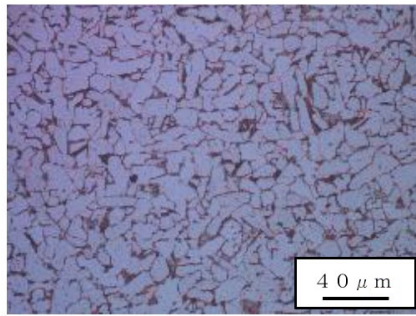


写真 1 1 孔①周囲の健全部分

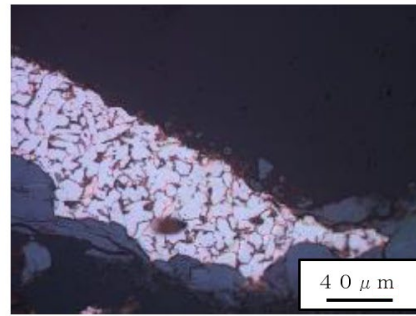


写真 1 2 孔①切断面

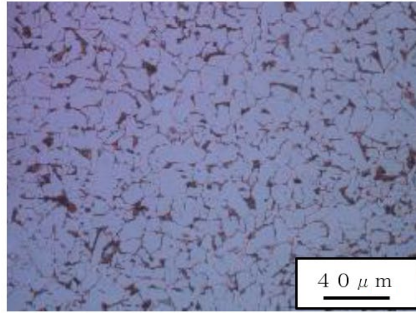


写真 1 3 孔②周囲の健全部分

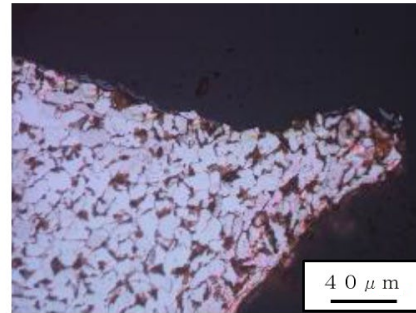


写真 1 4 孔②切断面

5 土壌分析結果

孔が認められた付近の土壌に、配管の腐食を進行させる成分が含有されているかを確認するため、外部機関へ土壌分析試験を委託した。

(1) 採取年月日

平成31年4月22日

(2) 試料

移送配管の孔付近の土壌

(3) 分析内容 (かっこ内は試験方法を表す)

ア 土の粒度試験 (JIS A 1204)

イ 有機炭素含有量試験 (JGS 0231)

ウ アルカリ消費量 (JIS K 0102-16. 1)

エ 酸消費量 (JIS K 0102-15. 1)

オ 硫化物イオン (JIS K0101-40. 1メチレンブルー吸光度法)

カ 水溶性成分試験 (水溶性ナトリウム、水溶性カリウム、水溶性カルシウム、水溶性マグネシウム、塩化物含有量、硫酸塩含有量) (JGS 0241)

(4) 分析結果

分析項目	分析結果	
土の粒度試験	砂質礫	
有機炭素含有量	1. 0	
アルカリ消費量	不検出 (< 10 mg/L)	
酸消費量	8.9 mg/L	
硫化物イオン	不検出 (< 0.2 mg/L)	
水溶性成分試験	水溶性ナトリウム	2.054 mg/g
	水溶性カリウム	0.124 mg/g
	水溶性カルシウム	1.109 mg/g
	水溶性マグネシウム	0.915 mg/g
	塩化物含有量	5.404 mg/g
	硫酸塩含有量	3.046 mg/g

(5) 考察

- ア 対象土壌は砂質礫に分類されたため、腐食性との直接の関連性は低いと考えられる。
- イ 有機炭素量は、特段腐食性が高いとは考えられない。
- ウ アルカリ消費量及び酸消費量について、それぞれ低い数値を示していることから、腐食性は低いと考えられる。
- エ 硫化物イオン不検出のため、これによる腐食性の影響はないと考えられる。
- オ 水溶性成分は各成分とも、特段腐食性が高いとは考えられない。
- カ 以上のことから、腐食性が高い土壌ではないと考えられる。

6 流出事故原因の考察

(1) 各分析結果からの考察

- ア 孔の観察結果から、2つの孔はいずれも、物理的な摩耗や切断により形成されたものではなく、腐食により破孔に至った可能性が高い。
- イ 土壌の分析結果から、土壌環境に起因して腐食が発生した可能性は低い。
- ウ 以上のことから、土壌環境以外の要因で発生した腐食である可能性が高い。これを踏まえて以下、考察していく。

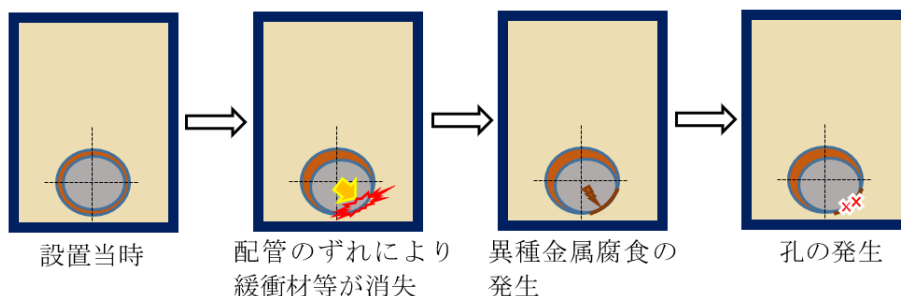
(2) 各見分及び検証結果から腐食環境の形成、そして破孔に至るまでの考察

ア 腐食環境が形成されるまでの考察

- (ア) 関係者の供述では、栈橋自体が北側に沈降したとのことであるが、現に移送配管が北側方向の旧ピット側板に接する状態で見分されている。このことから、土壌がずれるという、通常では想定されない応力が移送配管にかかり、北側方向へのずれを生じさせた。
- (イ) (ア) により、旧ピット貫通部北側下部付近に局所的な負荷が発生したため、油槽所側旧ピット側板貫通部の緩衝材はこの負荷に耐えきれず、劣化、消失していった。
- (ウ) 移送配管に被覆されているジュート巻きも、(イ) のとおり緩衝材が消失したことで移送配管への緩衝機能が喪失し、移送配管が油槽所側旧ピット側板と直に接したことで接触面が剥離、消失していった。
- (エ) 以上のことから、栈橋のずれにより、最終的には油槽所側旧ピット貫通部北側下部付近の移送配管のジュート巻きによる防食措置が消失し、移送配管が腐食環境下に晒されるようになったと推定される。

イ 防食措置の喪失から破孔形成に至るまでの考察

- (ア) 孔周辺に見られる減肉箇所が、旧ピット側板の稜線と重なるように接していることから、移送配管及び旧ピット側板接触部において局所的な減肉が発生していたといえる。このことから、移送配管及び旧ピット側板間において何らかの腐食要因があったものと仮定し、以下考察する。
- (イ) 孔が発見された移送配管付近は、前3、(2)、ウのとおり古い移送配管（STPG管）と新しい移送配管（ポリエチレン被覆鋼管）が溶接接続されている。このことから、新管と古管間で溶接した際に発生する腐食の可能性が考えられるが、一般には、新管が陽極となりマクロセルが形成されやすく、今回の孔発生位置が古管側で発生しているため、この可能性は低いと考えられる。
- (ウ) 移送配管（STPG管）と旧ピット側板（鉄板）とが直に接することにより、異種金属同士が接触することとなった。これにより、移送配管に局所的なアノードが形成され、腐食が進行した可能性は考えられる。
- (エ) 以上、各見分結果から、腐食の可能性として残されたものは、異種金属腐食であり、これにより移送配管が破孔に至ったものと推定される。



7 事故後の顛末について

- (1) 今回の流出事故を受け、栈橋における配管経路及び敷設方式の変更を指導した。その結果、申請者側から配管経路等の変更許可申請がなされ、配管は地下埋設方式から、地上設置方式へ変更された。
- (2) 申請者が複数所有する別敷地の移送取扱所について、設置時期が同時期（設置後30年前後）の施設及び移送配管が栈橋下に埋設されている等、設置環境が類似している施設については、法令に基づく定期点検のほかに、ポーリング等による個別調査・点検をするよう指導した。

8 事故防止に向けた提言及び総括

今回の事故は、特異な施工方法から発生した流出事故であるのと同時に、普段の目視点検では確認できない地下埋設部、かつ栈橋で発生し、海洋へも危険物が流出した重大事故でもあった。このため、特に栈橋といった海洋上に設置される移送取扱所は常に、リスクマネジメントを図る必要がある。

これを受け、消防行政側及び事業所側双方に以下の提言をする。

(1) 消防機関への提言

ア 不要物件の除去によるリスク回避

今回の配管腐食の要因の一つに、旧ピットの存在が挙げられる。本来ならば不要である旧ピットを存置した結果、移送配管への腐食の一因を与える結果となってしまった。

したがって、腐食リスクを増加させるような不要な物件は、極力排除したうえで配管ルートを選定するよう、消防機関として指導すべきである。

イ 貫通部の適切な処理

ピット等を配管が貫通する場合は、スリーブの適切な埋戻し措置を行うべきである。特に振動や衝撃といった外圧が予想されるような箇所については、十分に緩衝材を充てんし、保護措置を図る必要がある。あわせて検査時において、特に当該部分の施工状況を目視で確認する。

また、地殻変動等による通常想定されないような事象にも対応できるよう、配管とピット間に十分な距離を保たせてスリーブ径を選定、施工するよう指導すべきである。

ウ 敷設方式の検討

栈橋は常に潮汐の変動や、波浪による浸食作用等常に過酷な環境下に晒されている。今回紹介した事故案件のみならず、表1のとおり類似事故が他にも複数発生している。

特に、栈橋での移送配管は常時目視確認できる敷設形態であることが、事故防止の第一歩となると考える。

したがって、移送配管の敷設方式は地下埋設方式を避け、努めて地上設置や海上設置方式を指導すべきである。

また、地上設置方式の場合であっても、他の危険物施設でも一般的な、配管が外圧を受けないカルバート等による保護措置を講じるほか、上蓋をグレーチングとし、配管を常時目視で点検できるような形態とすることが望ましい。

実際、近年の施工方法として地下埋設方式の施工実績があまりないことは、常時目視確認できる敷設形態が妥当だということを証明していると言える。

(2) 移送取扱所を有する事業所側への提言

今回紹介した流出事故は、事業所側が以前から施設老朽化対策を講じていたところであったが、唯一設置完成当時から残されていた配管部分から事故が発生したものである。

また、表1のとおり、昭和末期から平成初期にかけて完成した移送取扱所（設置後約30年前後）であって、かつ栈橋部での事故が多く発生している。

特に、同時期に完成した移送取扱所のうち、栈橋で地下埋設方式の配管を有する施設については、流出事故のリスク要因を多く抱えていると言える。

そのため、まずは事業所が所有する施設の設置年数や改修状況を把握し、栈橋の地下埋設配管部といった流出のおそれのある危険箇所を洗い出す必要がある。もしこのような危険箇所が存在する場合は、漏れ点検を含む定期点検はもちろんのこと、場合によっては自主的な詳細調査を実施し、その結果によっては配管ルートの変更を含めた抜本的な改修を計画する等、事故防止に向けたアクションが必要である。

9 結びに

時代は令和を迎えた。昭和末期から平成初期に設置された、先人たちが築き上げた施設^{レガシー}をこれからも安全に使用し続けていくためには、消防機関側の適切な行政指導と事業所側の弛まぬ自主保安体制確保の双方が必要となる。そして、我々が、危険物施設から事故が発生しない、事故を発生させない安全・安心な時代「令和」を築いていかなければならない。

今回は、移送取扱所では重大事故が発生する確率が格段に高く、栈橋を移送配管が通過する施設では特に事故のリスク要因が多いことが判明したため、設計時及び施工時における提言を含めた事故防止対策を述べた次第である。

特に昭和末期から平成初期の施設のうち、地下埋設方式の移送配管をまずは早期点検及び改修させることが、流出事故の抑止に繋がると考えており、本提案で少しでも同種事故の未然防止が図ることができれば幸いである。

最後に、現地調査及び画像等各種情報提供を含む事故調査に協力いただいた事業所に感謝を申し上げ、結びの言葉とする。