

海外の危険物施設の事故の調査について (中間報告)

1. 目的 :

危険物や高圧ガス等、各種危険性のある物質を貯蔵し、又は取り扱う産業施設の老朽化による事故事例について、海外で発生した事例を調査するとともに、維持管理・点検制度等の長期間使用する産業施設に対する対策等について海外動向を調査する。

2. 海外の事故事例調査計画と現状

	検索データベース	備考
1 2月 ～ 1月 第 4 週	ARIA (フランス)	Analysis, Research and Information on Accidents database https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accidentologie/ageing-and-degradation-mechanisms/?lang=en (今回報告分)
1月 第 4 週 ～ 2月第 1 週	RIDDOR (イギリス)	Reporting Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations http://www.hse.gov.uk/statistics/tables/index.htm#riddor について検討したが、データからは詳細が分からないことが判明したため中断した。
	COMAH (イギリス)	Control of Major Accident Hazards Regulations http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/casestudyind.htm ケーススタディの例から選択を検討中。
2月第 2 週 ～ 2月第 3 週	MARS (EU 共同研究センター)	Major Accident Reporting System https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/search# で報告されている事例から選択を検討中。
2月第 4 週 ～ 3月第 1 週	CSB (アメリカ)	U.S. Chemical Safety Board http://www.csb.gov/investigations/completed-investigations/?Type=2&pg=2 で報告されている final report から選択を検討中。

その他 ZEMA (ドイツ) があるがドイツ語のみなので、調査期間をみて可能性があるか判断したい。

3. 今回の中間報告

海外の危険物施設の設備・機器の調査として、欧米のデータベースに関して、事故事例の調査を行っているが、以下には、フランスの ARIA からの事故事例をとりまとめた（事故事例の詳細は別紙参照）。

フランス環境省の事故データベースに収録されている事故のうち「Aging and degradation mechanisms」に分類されている事故について調査を行った。さらに事故のなかで、施設を長期使用した結果、事故に至った事例 16 件を解析した。

(1) 事故原因

事故原因のうち、腐食による事故が 9 件、応力腐食割れによる事故が 4 件、割れによる事故が 2 件、疲労破壊が 1 件である。

(2) 事故発生場所

配管類 9 件、熱交 2 件、タンク 5 件

(3) 事故発生原因

- ①設計不良…「材料の選定ミス」および「設計段階で基準に準拠していない」…2 件
- ②施工不良…溶接不良、溶接面の形状不適、タンク・配管の支持土台の不良…5 件
- ③設備管理不良…点検不良（水がある状態を放置など）、「腐食物質を除去していない」…9 件
- ④設置場所不良…振動のある場所、地下水に間欠的に振れる場所など…2 件
（事故によっては 2 つの発生原因があるので、総数は事故件数と一致していない）

(4) 長期使用に係る事故のパターン

- ①外面腐食…雨水、地下水などが常時または高い頻度で間欠的に触れ、湿潤状態を形成している場所での腐食（保温材への水のしみ込みも含む）
- ②内面腐食…施工不良または設置環境により配管、底板に窪みが形成され水などが滞留することによる腐食
- ③内面腐食…機器および配管内に堆積物が残留し、堆積物内の腐食物質による腐食
- ④内面腐食…応力腐食割れを発生させる物質への対策が不十分なことによる割れ

表1 ARIA にみられる腐食・劣化を原因とする事故例

番号	破損物件	取扱物質	破損状況	原因物質／事象	設計不良	施工不良	設置場所	設備管理
No4	地上移送配管 12B	燃料油	保温材下での腐食による配管穴開き	水による外面腐食				○
No5	ページ用 1B 配管	プロピレンガス	ねじ込み継手での配管破裂	振動による機械的疲労			○ 振動	
No9	スパイラル熱交	硫酸	隔壁 (SUS316L) の穴からの水の混入	塩素によるピッチング 殺菌剤変更に伴う変更管理不良				○
No10	チューブ熱交	ホスゲン	熱交チューブの穴開き	堆積物内の残留ホスゲンと水が反応し、生成した塩酸による内面／外面腐食				○
No11	コーンルーフトank	重油	補修で側板に溶接した当て板からの割れ	切欠効果による繰り返し応力割れ不良 設計および施工不良		○		
No12	フローティンググループタンク	重油	フローティンググループの割れ	強風による繰り返しの力によるフローティンググループの割れ				○
No13	タンクドレン抜き配管のエルボ	硫酸	タンクドレン抜き配管のエルボ部分の穴開き	加圧下での硫酸との接触 設計不良	○			

番号	破損物件	取扱物質	破損状況	原因物質／事象	設計不良	施工不良	設置場所	設備管理
No15	埋設移送配管	重油、軽油	合成樹脂の防食被覆を施した埋設配管の減肉、腐食、穴開き	海岸地区を走る配管であるため、潮の干満による地下水面の変動が起こり、汽水中の塩素による外面腐食			○ 地下水	
No16	地下埋配管のエルボ	硫酸	FRP 配管の曲部やスロープのき裂	酸性環境下における応力腐食割れ（応力は支持土壌の圧縮不足に起因する配管の湾曲と水圧により発生）	○	○		
No17	タンク	オルソクレゾール	タンク側板の溶接部の最も弱い溶接線の割れ	蒸気加温コイルの内部腐食に起因する蒸気漏れによりタンク内圧が上昇し側板開裂		○		○
No18	① 取出し配管	シアン化水素	① 溶接部の開裂	① 未焼鈍炭素鋼溶接部のシアン応力腐食割れ		○		
	② タンク側板		② タンク側板の溶接部の開裂	② SUS 溶接部の割れ		○		
	③ 配管エルボ		③ エルボの溶接部の開裂	③ SUS 溶接部の苛性ソーダ応力腐食割れ				○

番号	破損物件	取扱物質	破損状況	原因物質／事象	設計不良	施工不良	設置場所	設備管理
No19	加熱炉対流部チューブ	水素、減圧軽油	対流部チューブの開裂	①ポリチオン酸による腐食と酸化・硫化による減肉 ②外面のクリープ割れ				○
No20	球形タンク取出しノズル	LPG	取出しノズル1Bの溶接部開孔	雨水のエバンス効果により酸性化し塗膜が水膨れしたため、外部からの腐食				○
No21	タンク底板	原油	タンク底板が円弧状に腐食減肉	タンク基礎の砂の圧縮不足により底板に窪みが発生し、水分が滞留しての腐食		○		○

ARIA (Aging and degradation mechanismsに分類されている事故)

()内の数字はARIAデータベースでの整理番号

No1 (35701)	事故名称	アラスカ パイプライン漏洩
	発生日	2008/12/25
	発生場所	米国アラスカ州
	施設の概要	パイプライン
	取扱危険物質	石油製品
	事故の概要	石油製品が雪に覆われた土地に流出した。
	被害の程度	432klの石油製品
	原因	配管腐食
	使用年月日	
	事故を踏まえた対策	
	措置、対策	油井を一時停止し、配管交換
	特記事項	油による汚染が雪だけであったので、雪を回収処理した。環境汚染はなかった。
	URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/35701_en/?lang=en

No2 (42752)	事故名称	北海 原油漏洩
	発生日	2012/9/12
	発生場所	ノルウェー沖の北海
	施設の概要	海上プラットフォームの原油／天然ガス分離装置
	取扱危険物質	原油および天然ガス
	事故の概要	天然ガスおよび原油が分離装置のバルブから漏洩した。
	被害の程度	天然ガス1,600kg、原油20kl(人的被害なし)
	原因	漏れの発生したバルブの締付ボルトが高濃度の腐食性塩素を含んだ温水に曝されていた。塩素によりボルトの腐食が発生し、破損した。
	使用年月日	バルブ劣化は事故の6か月前から認識されており、次回定修の時に交換予定であった。
	事故を踏まえた対策	
	措置、対策	
	特記事項	
	URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/42752_en/?lang=en

No3
(44781)

事故名称	タトル製油所爆発
発生年月日	2013/11/19
発生場所	ベルギー／アントワープ
施設の概要	石油精製設備
取扱危険物質	
事故の概要	2011年に設置したボンネットフランジに被せたシールボックス中に協力会社員が樹脂を再注入しようとしたところボイラー水(70気圧、290°C)が漏れて水蒸気爆発した。
被害の程度	2名死亡
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・ボンネットフランジと弁体フランジの寸法があっておらず、締付ボルトに応力が掛かっていた。(設計および製造ミス) ・ボイラー水質の変動により2009年にフランジ部から漏れが発生し、シールボックスを取り付けたが、2012年に6週間ほど取り外していた。この間にもれたボイラー水が凝縮して腐食物質が生成され、締付ボルトの応力腐食割れを起こす原因となった ・樹脂を再注入したときに、注入圧が高すぎシールボックスの締付ボルトを破断した。
使用年月日	
事故を踏まえた対策	同様のシールボックスの点検(低温状態になったことがないシールボックスには腐食が見られなかった。)
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・シールボックス内のボルトは目視点検できない。 ・応力腐食割れは急速に進行するので、早急に補修する。 ・樹脂再注入の際には、締付ボルトを再確認する。 ・ボイラー水が凝縮した白い粉は速やかに分析する。(腐食物質かどうかの確認)
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2015/08/FLASH-ARIA-Boitecolmatage_GB.pdf

No4
(34351)

事故名称	ロワール川燃料油流出
発生年月日	2008/3/13
発生場所	フランス/ロワール川河口
施設の概要	石油精製工場(年間処理量:1,000万トン)の燃料油タンクと船積み設備を結ぶ4.5kmの移送配管(12B、断熱材で被覆され、2段のラックの下段に設置されている。ラック全体として20本の配管がある。)
取扱危険物質	燃料油
事故の概要	31,000m ³ の燃料油を船積み中に移送配管から漏洩が発生した。
被害の程度	<ul style="list-style-type: none"> ・ロワール川の土手90kmの清掃のために750人以上が3.5カ月間動員された。 ・事業者は5,000万ユーロの負担をした。 ・478トンの燃料油の損失
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・直接的には移送配管の保温材下の局部腐食による16cm×1cmの割れ目からの漏洩であるが、当該移送配管の上部の配管に開いた穴からの漏水が元々の原因である。水滴が断熱材を侵入し、移送配管を腐食させ、最後には割れが発生した。 ・数ヶ月前から同一ラックで異常が検知されていたにも関わらず、河岸立地を考慮した指定の検査を実施しなかった。 ・保全管理体制の不備(断熱材の目視検査を管理する台帳も無く、断熱材交換を中断する理由もなかった。)
使用年月日	
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水を起こした水の配管の経路を保温材を被った配管を避けるように変更した。 ・川に沿って走る配管の肉厚測定を実施(120本に対して8,100か所の超音波検査を行った) ・事故の起こったラック下を改善して、漏れた油類が油回収排水溝に流れ出るようにした。
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・配管肉厚測定の範囲を他の配管の可能性の高い部分(サポート、分岐配管など)に拡大 ・劣化した保温材の発見と交換を制度化する。 ・水および蒸気配管の漏れ補修を制度化する。 ・タンクの減量分と移送配管の末端での流量を測定する装置を設置した。 ・河川に近い箇所の配管の漏れを連続的に検知し、警報を発するシステムを設置する。(サーモカメラ、ラック下の油回収溝に油分検知器設置など)
特記事項	この事故が2009年のフランスにおける石油および化学工業における経年老朽化検討計画の起因となった。
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2017/06/1_2016-11-15_FL_chapo-Vieillessement_PA-AN_FR_Vfin_EN_modifPA.pdf

No5
(32611)

事故名称	コンプレッサー配管の疲労破壊
発生年月日	2006/10/28
発生場所	フランス/ゴンクルビルロルシェ
施設の概要	プラスチック製造業。プロピレンガス圧縮機の吐出アキュムレーター
取扱危険物質	プロピレン
事故の概要	プロピレンガス圧縮機のアキュムレーターに接続された1B枝管の継手が破損してガスが漏洩した。
被害の程度	
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・ねじ込み継手部分の振動による機械的疲労。数年前からクラックがあることは認識されていた。 ・配管の設計が振動環境に適していなかった。(ねじ込み継手は不適) ・検査方法も適切ではなかった。(ねじ込み継手における疲労き裂を考慮した検査計画ではなかった。)
使用年月日	
事故を踏まえた対策	ねじ込み継手を溶接接合に変更した。
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・振動の影響を受けやすい同様の箇所も溶接接合に変更した。 ・パーズラインのフレアラインへの接続をホース接続とし、振動の固定点を除去した。
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2017/06/1_2016-11-15_FL_chapo-Vieillessement_PA-AN_FR_Vfin_EN_modifPA.pdf

No6
(47277)

事故名称	コンプレッサーからエチレングス漏洩
発生日月	2015/10/17 17時33分
発生場所	フランス/ゴングルビルロルシェ
施設の概要	石化コンビナート。基礎化学品、肥料・窒素化合物、プラスチックおよび合成ゴム製造業 エチレンを3気圧から33気圧に昇圧する3基の2段コンプレッサーのうちの1号機
取扱危険物質	エチレン
事故の概要	・1号機の吐出圧が甲高い騒音、とともに低下した。計器室では2ndレベルの警報が発報された。現地で確認すると4m×100mのエチレンの蒸気雲が発生していた。1号機は振動していたが、エンジンは停止していた。 ・コンプレッサーの2段目のカバーとバルブが6m先まで飛んでいた。6本スタッドボルトのうちの1本が切断され、残り5本は残っていたが、3本はナットが飛び、ねじ山がすり減っていた。
被害の程度	1.8トンのエチレン喪失。(21分間)
原因	・スタッドボルトは適合品であるが、16年前の使用開始以来交換されていなかった。 ・バルブのシールに使用されている銅が焼きなましされていなかったため、柔軟性を欠いていた。 ・スタッドの締付ミスと相俟って、柔軟性を欠いたシールが振動により破壊された。
使用年月日	1号機は5カ月前に保全を終えた後43日間の運転で事故が発生した。
事故を踏まえた対策	全てのスタッドボルトの交換
措置、対策	3回の保全ごとにスタッドボルトを交換する保全計画とした。
特記事項	当日は風が弱く、土曜日のため協力会社の作業もなく、車の通行も少なかったため、火災・爆発には至らなかった。
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/47277_en/?lang=en

No7
(48765)

事故名称	地下ピットからアセトニトリル含有排水の漏洩
発生日月	2015/5/12
発生場所	ドイツ/グレンツァッハ・ヴィレン
施設の概要	
取扱危険物質	アセトニトリル
事故の概要	アセトニトリルを含んだ排水がコンクリートピットの貫通孔から地中に漏洩した。
被害の程度	漏洩日数が不明であるが最大557日と推定され、61トンのアセトニトリルが失われた。その他、汚染された土壌の回復に3か月と50万ユーロを費やした。
原因	・コンクリートピットはコンクリートの上に鉛のコーティングがされており、さらにセラミックタイルが貼られていた。 ・時間の経過に伴い、セラミックタイルが多孔質となり、排水のpHの変動により酸化鉛の表面、及び鉛自体が溶けた。 ・続いてコンクリートに貫通孔ができた。 ・2003年以降、ピットの点検、保全は行われていなかった。 ・セラミックタイルの役割の重症性については認識されていなかった。
使用年月日	
事故を踏まえた対策	当該排水の排出先を変更した。
措置、対策	・冷却水、雨水、プラント排水の流れる地下配管およびピットの配置の明確化 ・上記設備の検査、試験、測定、分析の文書化
特記事項	2003年にプラントオーナーが変わり、第三者が検査する項目の中に、ピット類の検査が含まれなくなった。
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/A48765_a48765_fiche_impel_002.pdf

No8
(45229)

事故名称	パイプラインからの原油漏洩
発生年月日	2012/5/26
発生場所	フランス/サン・ビーゴール・デイモンビル
施設の概要	1mの深さの埋設配管(DN500)、運転圧力69気圧
取扱危険物質	原油
事故の概要	配管の上部に長さ87cm幅9cmの開口が発生し、原油が漏洩した。
被害の程度	6.4haの土地の土壌および樹木が汚染された。土壌浄化等に100万ユーロ掛かった。
原因	配管上部に3mにわたり以前の工事時の建設機械によるものと思われる引っかき傷がある。
使用年月日	1965年より使用開始
事故を踏まえた対策	
措置、対策	
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/45229_en/?lang=en

No9
(31082)

事故名称	硫酸タンク爆発
発生年月日	2005/11/26
発生場所	フランス/ピエールベニット
施設の概要	硫酸、塩酸、フッ化水素酸製造工場の硫酸用の1,500トンタンク
取扱危険物質	硫酸
事故の概要	硫酸タンクの内部で発生した水素ガスが何らかの原因で着火爆発し、コーンルーフと側板の間が開口破損した。
被害の程度	タンク破損、内部の硫酸の損失
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・三酸化イオウを水で吸収して硫酸(99.2%)とする吸収塔で硫酸を冷却するスパイラル熱交の隔壁(SUS316L)がピッチングにより穴が開いた。 ・この穴から冷却水が硫酸側に漏れ込み、硫酸が希硫酸(88%)となり、硫酸タンクに流入した。そしてタンク内部の鉄製構造物と反応し水素を発生させ、着火爆発に至った。 ・熱交は設置以来25年間は何も異常はなかった。 ・レジオネラ症対策として臭素系の殺菌剤を使用してきたが、数年前から次亜塩素酸ソーダに変更した。 ・殺菌効果を高めるために過剰に次亜塩素酸ソーダを注入したこと、および低操業により冷却水の流量が低下したことにより、隔壁が高濃度の塩素に曝される時間が長くなり、特に溶接部分にピッチングが発生した。
使用年月日	
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・殺菌剤の変更 ・硫酸に水が混入したことを検知するため各熱交の出口に温度アラームを設置
措置、対策	
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/31082_en/?lang=en

No10
(42163)

事故名称	ホスゲン漏洩事故
発生年月日	2012/5/14
発生場所	フランス／ルポンドクレ
施設の概要	イソシアネート工場のホスゲンの製造プラント
取扱危険物質	ホスゲン
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・アミン化合物と反応させるためにホスゲン溶液を蒸気で加温する熱交において、腐食により穿孔ができたチューブからホスゲン溶液が漏れ出し、コンデンセートとともに中和用のソーダタンクのシールを破り大気中に放出された。 ・また緊急停止中にウォーターハンマーが発生し、熱交のブリード弁が破損し、格納建屋内にホスゲンが漏洩した。
被害の程度	580-960kgのホスゲンの損失、運転員4名が一時的な手当てを受けた。
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・熱交の沈殿物の中にホスゲンが存在し、定修中の水洗浄で沈殿物が完全に除去できず、その後の乾燥工程においても水分が十分に除去できていなかった。 ・残留ホスゲンと残留した水が反応して塩酸が生成し、チューブにピンホールができた。 ・運転に入り、ピンホールから漏れたホスゲンと加熱用蒸気のコンデンセートから大量の塩酸が生成し、ピンポール自体と周囲のチューブに外部腐食および減肉が発生した。 ・チューブ内のホスゲン溶液の方が圧力が高いので、減肉部分が破裂に至った。 ・コンデンセートにホスゲンが溶解し電導度が上昇した後の運転操作が適切ではなかった。 (2個ある電導度計のうち1個が故障中であつたので、不適切な運転の遠因となつた。)
使用年月日	
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・熱交洗浄方法の変更 ・ソーダタンクのシールの適正化 ・電導度計の修理 ・異常時の対応方法の再教育
措置、対策	
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/42163_en/?lang=en

No11
(163)

事故名称	加熱された重油タンクの破裂
発生年月日	1988/12/25
発生場所	フランス／ペールレタン
施設の概要	石油精製所にある15,000トンの固定屋根タンク(直径30m高さ22m)。直留残渣重油を127°Cで貯蔵する。底部に攪拌機と加熱コイルを有する。上部空間部には過熱蒸気を常時注入して空気および水が入らないようにしている。
取扱危険物質	重油
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・19.6mまで重油を受け入れた時、タンク側板が開裂し、漏洩した重油が波となってタンクヤード内(8ha)に拡散した。 ・押し寄せた重油により隣接するタンク2基が浮かび上がって倒れたり、倒れた側板や配管類による衝撃で損傷し、重油類が流出した。 ・タンクヤード内の配管類にも破断等が発生した。 ・1981年の改造工事時に明けた開口部を塞いだ板から底板まで垂直に裂け目があった。 ・さらに底板／側板の溶接部が全周にわたりせん断応力により割れ目が広がっていた。
被害の程度	<ul style="list-style-type: none"> ・自衛消防隊員および作業員が軽傷を負った。 ・15,000トンタンク3基破損 ・タンクヤード内の配管類、電気機器、計装機器破損 ・重油を始めとする石油製品類約2万トン(水を含む)
原因	<p>(1次原因)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タンク底部に溜まった水が加熱コイルと接触し蒸発して、タンク内の圧力が上昇した。 ・当該水分はタンク上部に注入している過熱蒸気が凝縮したものと推定される。事故前の数日間の注入過熱蒸気量が増加しており、かつ爆発開放ハッチも開で固定されており、蒸気が定められた排気ベントに向かって流れていなかった。 <p>(2次原因)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・底板と側板のアラインメント不良によるノッチ効果 ・繰り返し荷重と風荷重 ・材質不良(溶接線が堅い) ・1981年の改造工事時に側板に明けた開口部を塞いだ鉄板の施工不良 ・重油中の高濃度のイオウにより引き起こされる水素腐食
使用年月日	1971年使用開始
事故を踏まえた対策	
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・爆発開放ハッチの除去 ・シール用の過熱蒸気の排気ノズルの調査に加えて、マンホールを閉めたとき有効となることの証明および1箇所からの注入 ・タンク改造時には使用条件にあった適切な材料と形状の選択 ・タンクヤードを分割して、流出物の波の影響する範囲を最少化する。
特記事項	当該タンクは事故以前に2回補修を受けている。1981年は2回目の補修である。
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/163_en/?lang=en

No12
(6077)

事故名称	原油タンク火災
発生年月日	1983/8/30
発生場所	イギリス/ミルフォードヘブン
施設の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・1973年の操業を開始した石油精製所にある67基あるタンクの最大の1基である。フローティングルーフ式タンク(容量94,110m³、直径78m、高さ20m) ・83mのフレアスタックが当該タンクの防液堤から99mの所にある。
取扱危険物質	軽質の原油(フラッシュ点:38°C)
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ウェールズの沿岸にある当該製油所のフローティングルーフタンクの屋根は強風によりしばしばクラックが入る。定期的に補修をしているが、事故の数日前にも28cmのクラックが発見され、原油が屋根に浸み出していることも確認された。 ・事故の当日に接触分解装置のコンプレッサーが故障し、大量のガスがフレアシステムに流入し、フレアで燃焼されたが、火の粉が当該タンクの屋根に落ち火災が発生した。
被害の程度	当該タンク全損、隣接タンクが損傷を受けた。その他17,800トンの重油の損失、6人の消防士が受傷、損害2600万ユーロ
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・クラックから浸み出た原油がフローティングルーフ上にあった。 ・接触分解装置のコンプレッサーの故障に起因する大量のガスのフレアにおいて燃焼した結果、火の粉が当該タンクの屋根に落ちた。 ・当該タンクの固定消火設備がなかったために火災が拡大した。
使用年月日	
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・固定消火設備の設置 ・屋根の漏れ箇所を定期的な補修から即時に補修する保全方式に変更
措置、対策	・フレアスタックと他の設備の距離の見直し
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/FD_6077_MilfordHaven_1983_ang.pdf

No13
(17815)

事故名称	硫酸タンクからの流出
発生年月日	2000/5/26
発生場所	フランス/ル・ティヨ
施設の概要	皮革製造業。革なめし工程で使用する硫酸タンク(16m ³)。タンクを加圧(2気圧)することにより、上部配管を通して硫酸を工場に移送する。
取扱危険物質	硫酸
事故の概要	下部ドレン抜き配管のエルボから硫酸が漏洩し、コンクリートピットに流出した。ピットからの排水が排水処理場に送られ(6m ³)、一部が河川に流出した。
被害の程度	環境汚染
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・硫酸タンクの下部ドレン抜き配管が法で定められた設計基準を満たしていなかった。(基準:下部ドレン配管は加圧下で常時硫酸に触れてはならず、タンクの底で止栓されていなければならない。) ・コンクリートピットが1994年以降検査されていなかった。(1994年の検査では、歩廊がかなり腐食しているため更新すること、およびコンクリートピットのコンクリートが所々粉化しているため改装することが勧告されていた。) ・タンクを加圧して硫酸を移送する方法が漏洩をさらに悪化させた。 ・年間40m³の使用量に比べて過剰な量の硫酸が貯蔵されていた。
使用年月日	1967年
事故を踏まえた対策	1m ³ の硫酸タンクをなめし工場内のピットに設置した。
措置、対策	
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/17815_en/?lang=en

No14
(20821)

事故名称	タンク車の爆発
発生年月日	2001/7/14
発生場所	アメリカ/ミシガン州リバービュー
施設の概要	アルキルアミン、有機イオウ化合物、ヒドロキシルアミン、医薬品などの製造業。 事故のあったプラントはメチルメルカプタンと塩素を原料として、塩化メタンスルホニルおよびメタンスルホン酸を合成するプラントである。
取扱危険物質	メチルメルカプタン、塩素
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・事故は原料をタンク車から荷下ろしする地域で発生した。 ・満杯のタンク車(メチルメルカプタン1車、塩素2車)を引き込み線に引き込み、移送配管をメチルメルカプタンが入ったタンク車におよび塩素が入ったタンク車に接続し、プラント側の必要に応じて移送していた。 ・突然、推定67～74トンのメチルメルカプタンが移送配管から漏洩した。 ・約25分後に着火し、メチルメルカプタンが入ったタンク車が炎に包まれ、爆発した。 ・放出されたメチルメルカプタンおよび分解生成物が周囲に飛散し、近隣住民に健康被害を生じさせた。また爆発の影響で塩素の配管も損傷し、塩素の漏洩も起こった。
被害の程度	従業員(死亡3名、受傷6名)、救助隊員受傷3名、地域住民受傷40名 設備損傷および補償で600万ドル
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・メチルメルカプタンの移送配管(1B、鉄製)の漏洩部の肉厚が23%も磨滅、腐食していた。さらに、日常の検査においても外面の錆およびピッチングを認識できなかった。 ・過去5年間、当該配管の検査も保全も行われていなかった。 ・マニュアルでは、荷下ろし前に当該配管の漏れ試験を行うことになっていたが、作業者が自給式呼吸器を装着するように指示されていなかった。(従業員の死亡し漏れの即時対応ができなかった原因)(塩素のマニュアルでは装着して漏れ試験を行うように指示されていた。)
使用年月日	
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・メチルメルカプタンの荷下ろし作業においては、作業者は自給式呼吸器を装着して、漏れ試験を行う。 ・荷下ろし地域に散水設備を設置した。
措置、対策	・荷下ろし設備を2年毎に分解点検する。
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/20821_en/?lang=en

No15
(21233)
(22061)

事故名称	地下埋設配管からの重油漏洩
発生年月日	2001/09/18、2002/02/09
発生場所	フランス／
施設の概要	海岸から内陸部の発電所貯蔵タンクへ燃料を移送する配管。直径10cm、肉厚5.56mm、12mの鉄製の直管を溶接接合した全長7,430mのパイプライン。埋設深さは平均1m。配管は3mmの合成樹脂の被覆に50mmのポリウレタンを被覆しさらに3mmの合成樹脂で被覆してある。運転圧力は通常40気圧、最高は90気圧である。気密試験は完工時と10年ごとに102気圧で実施している。
取扱危険物質	重油、軽油
事故の概要	(2001/09/18の事故) 海岸から600mのところでは油が漏れていることが分かった。また地下水が、時々汚染された。漏油は約400m ³ と推定された。油回収実施 (2002/02/09の事故) 発電所から約2kmのところでは重油漏洩が報告された。油回収実施 漏洩箇所を調査したところ、減肉および外部腐食孔および貫通孔が見られた。腐食箇所周辺には塩素の存在が観測された。
被害の程度	
原因	・地下水面の変動に伴う汽水中の塩素による腐食 ・1975年～1993年の間発電所が運転停止となっており、その間は電気防食を停止していたことによる劣化
使用年月日	1975年
事故を踏まえた対策	(2001/09/18の事故) パイプライン全線の点検および補修、土壌浄化 (2002/02/09の事故) パイプラインの点検
措置、対策	(2002/02/09の事故) ピエゾ計の設置(地下水の存在のチェック) 2004年の10年点検の加圧試験においても新しい漏洩が発見された。(その後の腐食の進行による減肉のためと思われる。) その後も度々漏洩を起こすので2007年に最高運転圧を60気圧に下げよう行政命令を受けた。
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/22061_en/?lang=en

No16
(23562)

事故名称	地下埋設配管から硫酸排水漏洩
発生年月日	2002/8/5
発生場所	フランス/ル・マブル
施設の概要	年間2万5千トンの二酸化チタンを製造する工場。硫酸を使用するプロセスで製造するので、排水は酸性である。母液(高硫酸濃度)と呼ばれる排水は18km離れた中和処理場に運ばれる。他の酸性排水(低硫酸濃度)は直接セーヌ湾に未処理で排出されていた。
取扱危険物質	硫酸
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・2001年～2002年にかけてセーヌ湾に排出していた排水を中和処理場への排出に変更するために、ガラス繊維強化樹脂の配管を使用して排出ラインを敷設した。 ・2002年8月5日に排出先を切り替えた。 ・2002年8月7日に排水流量のバランスを監視システムから排水漏洩の警報が発報された。 ・調査の結果40cmのき裂が発見されたので、補修して運転を再開した。 ・2002年8月11日新たな大量の漏洩が発生したので、排出ラインの運転を停止し、調査を行った。 ・2002年11月～2003年1月に大規模な漏れ検査を実施した。(割れは配管曲がり部、スロープに集中していた。)
被害の程度	ポリエチレン配管を新設するのに550万ユーロを要した。
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・酸性環境下における応力腐食割れ(応力は水圧による) ・埋設土壌の圧縮が不十分 ・アキュミレーター(20m³)の圧力が1.7気圧と高かった。(通常0.5気圧の設定)また、アキュミレーターに空気抜きベントラインもなかった。 ・繊維強化樹脂は応力の掛かる大きな変形に対して、10時間程度で割れが発生する。
使用年月日	
事故を踏まえた対策	・一時的に直接セーヌ湾に排出する。
措置、対策	・ポリエチレン配管に変更する。
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/23562_en/?lang=en

No17
(23866)

事故名称	オルソクレゾール流出
発生年月日	2003/1/16
発生場所	オランダ/ロッテルダム
施設の概要	船積みターミナルにあるタンクヤードのタンク。底部に直径2B、全長119mのスチーム加温コイルが設置されている。
取扱危険物質	オルソクレゾール
事故の概要	・船からタンクにオルソクレゾールを荷揚げ中に当該タンクの3段目の側板の溶接部が開裂すると共に倒れ、1,700トンの油が流出した。
被害の程度	
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・加熱用スチーム配管が10cmにわたって減肉し、内部で腐食していた。 ・腐食部から漏れた蒸気がタンク内で膨張した。(加熱蒸気の圧力は7気圧) ・膨張した蒸気の圧力と内部液のヘッド圧により、側板3段目の溶接部の弱い部分が開裂した。
使用年月日	1968年
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・加温コイルの検査方法の改善 ・蒸気圧力を下げる
措置、対策	・加熱媒体の変更
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/23866_en/?lang=en

No18

事故名称	シアン化水素漏洩
(24856) 発生年月日	1999/10/14、2000/12/6、2001/4
(24853) 発生場所	オランダ/シタルト・ヘレーン・ボルン
(24854) 施設の概要	アクリロニトリル製造プラント、
取扱危険物質	シアン化水素
事故の概要	(1999/10/14の事故)通常運転中にコンデンサーと気液分離槽の間の配管にあるblind-flangeが付いた取出し配管が破裂した。 (2000/12/6の事故)炭素鋼の側板に2mの高さまでステンレス鋼でライニングし、さらにステンレス鋼の側板を継ぎ足したタンクにおいて、ステンレス鋼間の溶接部が割れ、侵入したシアンを10%含む液600lが外側の炭素鋼側板の下部の液抜き穴から漏れた。 (2001/4の事故)定修後の水運転において、加圧したところステンレス配管から水が漏洩した。
被害の程度	(1999/10/14の事故)従業員1名軽傷、200kgのHCN喪失、
原因	(1999/10/14の事故)シアンによる炭素鋼の取出し配管の応力腐食割れ(内部液のシアン濃度が200ppmを超えることはないとして溶接個所の焼鈍をしていなかった。) (2000/12/6の事故)溶接個所の割れ (2001/4の事故)頻繁に苛性ソーダで洗浄されたことによるステンレス配管の応力腐食割れ
使用年月日	1970年代に建設し、30年以上使用(1999/10/14の事故のフランジは1984年に取り付けられた)
事故を踏まえた対策	・漏洩ガス検知器の強化
措置、対策	・シアン濃度が高くなる部分をステンレス鋼に更新する ・保全および検査記録のデータベース化
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/FD_24856_24853_24854_sittardgeleenborn_199920002001_ang.pdf

No19
(27459)

事故名称	水添脱硫装置の火災
発生年月日	2004/6/26
発生場所	フランス/フェイザン
施設の概要	石油精製施設。中間製品のイオウ濃度を下げる水添脱硫装置の加熱炉 ・処理量: 170t/hの油+3.2t/hの水素 ・仕様(設計圧力: 56.9気圧、最高運転圧力: 42気圧、設計温度: 425°C、通常運転温度: 410~420°C、加熱チューブ: 6B、SUS A-312TP347)
取扱危険物質	水素、減圧軽油
事故の概要	加熱炉の対流部のチューブが長さ5cmにわたって開裂し、噴き出た油によって火災が発生した。
被害の程度	消火作業中の2名が重傷
原因	以下の4つの原因によってチューブが運転圧に耐えられなくなりまで減肉した。 ・ポリチオン酸による腐食(油中のイオウが酸素に触れて発生する。定修中や水圧試験の際に酸素が混入する。1985年の不動態化操作以前に起こっていたかもしれない) ・酸化/硫化による減肉(ポリチオン酸による減肉のためオーステナイト系ステンレスの耐食性が失われ腐食により減肉) ・粒間腐食を招くσ相の存在 ・クリープに繋がる粒間割れ(チューブ外面に割れを発生させる) 他の調査では以下のことが分かった。 ・チューブ内部の粒間腐食はなかった。 ・チューブ外面のクリープによる割れと内面のσ相が見いだされた。
使用年月日	製油所は1964年操業開始、当該加熱炉は1974年運転開始、対流部のチューブはオリジナル、輻射部のチューブは2001年に1本、2002年に16本が交換されている。(交換理由はバーナーのフレア調整ミスにより過熱されたためである。)
事故を踏まえた対策	・輻射部、対流部チューブ表面温度の測定
措置、対策	対流部 ・X線およびスンプ試験を定修ごとに行う ・2007年の定修時には対流部下部チューブの厚み測定、内部にコークスが残っていないかどうかのX線検査 輻射部 ・触媒交換のために停止した時(毎年)にチューブの厚み測定 ・2007年の定修時には厚み測定、スンプ試験を行う 不動態化方法の見直し
特記事項	・超音波による厚み測定、およびクリープ検査のため輻射部の寸法検査は使用開始以来実施されていた。 ・輻射部のチューブに対しては1993年以降はスンプ試験が行われ初期の鋭敏化の兆候があったが、割れないことから許容していた。 ・対流部のチューブに対しては、ベント部の厚み測定のみ行われ、異常はなかった。 ・2002年の検査では対流部の下部の目視検査が実施され、異常はなかった。 ・1993年以降の厚み測定記録では輻射部および対流部のベント部の異常な減肉は認められなかった。 ・設計上の理由でチューブの内側の検査はできなかった。 ・定期検査の水圧試験は85.5気圧で行われている。
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/FD_27459_feyzin_2004_ang.pdf

No20
(27415)

事故名称	球形タンクからのプロパンガスの漏洩
発生年月日	2004/6/14
発生場所	フランス/Saint- Hervé
施設の概要	LPG2,000m3貯蔵の球形タンク
取扱危険物質	プロパン
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・事故当日は、球形タンクには約630トンのプロパンが貯蔵されていた。 ・日常点検の際に、微小なガスの漏洩音がした。 ・地上16m、タンクの頂上から2.5mの位置にある1Bの取出しノズルからの微小な漏洩（長さ3mm、直径1mmより小さい穴からの漏洩）であった。 ・当該ノズルにはバルブが無かったので、簡単には止められない。 ・漏洩量は6.5g/s、LELの距離は5.5cm（PHASE6.2の計算による） ・地上16mからの大気漏洩なので地上では爆発雰囲気を作らない。
被害の程度	
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・フランジとチューブの溶接部から10mm離れた配管部に穴が開いた。 ・塗装が剥げ、3mmの長さがあることから、配管の設置状態が原因して雨水が集まったことによる外部腐食であると思われる。 ・エバンス水滴により酸性化し、塗装膜を水膨れさせた。
使用年月日	<ul style="list-style-type: none"> ・漏洩は定期水圧試験の21か月後に発生している。 ・定期水圧試験前に球形タンクは再塗装されている。
事故を踏まえた対策	樹脂を使用して漏洩を止め、更に強化カラーを巻いた。
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・使用していない配管は重大な事故の原因となる。 ・小口径で短い取出しノズルは通常の確認検査では検査するのが困難であるから、十分な準備が必要である。
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/FD_27415_uzel_2004_ang.pdf

No21
(30934)

事故名称	原油タンク破裂
発生年月日	2005/10/25
発生場所	ベルギー/Kallo
施設の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・石油貯蔵施設(4万m3原油タンク4基(D1,D2,D3,D4) 2.4万m3の多目的タンク2基 使用していない730m3のタンク1基)原油タンクは直径54.5m、高さ17m、フローティンググループ、底部はコンタイプ) ・原油はロッテルダム港からパイプラインで送られてくる。さらに製油所に払い出す。 ・当該施設は昼間は運転員がいるが、夜間の点検は外部の警備会社が行っている。 ・監視カメラによる定常的な監視および油の受入／払出は製油所の計器室から行われる。
取扱危険物質	原油
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・2005/10/25にD2からの漏洩が検知された。(計器室でD2の低位警報が発報された)当時D2には原油3.7万m3が貯蔵されていた。 ・D2の基礎の一部が流出し、D2が傾いた。その後15分間に油が全量が漏洩した。 ・漏洩した原油は防油堤内に留まり、高さ1mの油の海となった。
被害の程度	<ul style="list-style-type: none"> ・環境への影響(付近の住民から悪臭の苦情あり。3m3の原油が水路に流出した。防油堤内の土壌汚染はあるが、地下水の汚染はなかった。) ・死傷者なし。
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・側板から1.5m離れた底板に幅約20cm長さ35mの円弧状の溝があり、肉厚がほぼゼロとなっていた。ここからタンク基礎に向かって原油が漏洩した。 ・溝内部は均一であり内部腐食されていた、ピッチング腐食は見られなかった。 ・底板の他の部分には極端な腐食は見られなかったし、外部腐食も見られなかった。(主原因) ・溝から漏洩した少量の原油が基礎の圧縮サンド層を液状化させた。 ・液状化したサンドの地耐力が部分的に低下し、かつタンクの底板に対する水圧により、溝が破断した。 ・その後大量の原油が基礎の一部を洗い流した。(根本原因) ・建設時に圧縮サンド層を適切な方法で圧縮できなかったために、最初の水張試験において、圧力が掛かってサンドが基礎外周の破砕石リングの隙間に移動し不均一となり底板に溝ができた。 ・1990～1991年の開放時の目視検査では、荷重が掛からないため底板は弾性で戻り溝は検知されなかった。また超音波による厚み測定は直交軸で行い、良好な結果を得た。 ・運転中に溝に溜まった水はサンプルピットに流れないため腐食を加速し、破断させるに至った。
使用年月日	<ul style="list-style-type: none"> ・D2はAPI650に従って1971年に建設した。(当時は貯蔵施設は別の所有者であり、1990年に製油所の所有になり、全てのタンクが検査、補修された。D2は1991年に使用開始した。) ・D2は1991年2月7日に2011年2月6日までの操業許可を得ている。 ・D2は1994年以降3年毎の外周検査を実施している。また基礎の点検も行われ、直近では2004年に実施されている。いずれも異常は報告されていない。 ・D2は2006年に全面的検査が予定されていた。
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・他のタンクの点検(同様の溝が発見された。)
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・タンク底部より水を定期的に排出しpHを測定する。 ・アコースティック・エミッション測定を実施し、次の内部点検の時期を決定する保全方式とする。 ・超音波厚み測定は直交軸ではなく、全面に対して実施する。 ・タンク液面の異常な変化を検知する装置を設置する。
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/fiche_detaillee/30934_en/?lang=en