

海外の危険物施設等の事故の調査

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した。

2 調査の取り組み

海外（フランス、イギリス、アメリカ）の事故事例データベースから、経年劣化による漏洩事故の事例を収集し、解析を行った。下表に示す事故事例データベースについて、調査を実施して、危険物施設の経年劣化が原因となる事故について、抽出して、内容を精査した。

表 1 調査の対象としたデータベース

検索データベース	備考
MARS (EU)	Major Accident Reporting System
COMAH (英国)	Control of Major Accident Hazards Regulations
RIDDOR (英国)	Reporting Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations
ARIA (仏国) 前回報告	Analysis, Research and Information on Accidents database
CSB (米国)	U.S. Chemical Safety Board

3 調査の結果

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た。

- ① MARS…EU で決めた重大事故の条件に合致する事故を、一定のフォーマットにまとめて情報が開示されており、経年数も比較的把握しやすい。
- ② COMAH…事例研究として英国内外の 36 の事故事例が公表されているので、この中から経年劣化による事故のみ調査対象とした。
- ③ RIDDOR…発生日時と事故名称のリストのみの公表であり、経年数や原因等は公表されていないので、今回の調査対象から外した。
- ④ ARIA…主に英語化されて公表されている事故報告書を調査した。フランス国内の事故についての報告が大部分である。経年数については記載のない事例が多い。
- ⑤ CSB…死者及び一定数の受傷者が発生、又は地域に重大な影響を与えた事例について CSB が事故調査を行い、報告書として公表している。

(1) EU (MARS) の調査結果

MARS の調査に関しては、イギリス安全衛生庁 (HSE) が、詳細・精力的に調査を行い、2010 年に報告書 (Plant Ageing Study Phase 1 Report (RR823)) として公表している。したがって、今回の調査においては、収集した事故事例を解析するよりも、この報告書の解析結果を引用する。

(1) RR823 での解析

RR823 では、経年プラントとは、設計耐用年数を超えたもの、又は使用年数が 25 年を超えたものと定義して、事例収集を行っている。

MARS に登録されている 1980 年から 2006 年の間のデータ中で、漏洩に関する重大事故は EU 全体で 294 件ある。それを原因別に分類すると、表 2 に示すように 183 件 (62 %) が物理的要因 (①+②) に依るものである。また、その 183 件を不良事象別に分類したものが表 3 である。

表 2 事故原因

事故原因	294 件中 の割合	
①機械的健全性不良	50.5%	183 件
②電気及び制御系不良	11.5%	
③人的及び操作不良	38.0%	

表 3 不良事象

不良事象細目	割合
①腐食/浸食/SCC	28.7%
②破壊/振動	5.1%
③摩耗	2.5%
④電気および制御系不良	21.7%
⑤設計不良	17.8%
⑥保全/補修不良	13.4%
⑦その他	10.8%

表 4 経年化の有無

経年化の有無	割合	
①経年化した機器等	32.0%	96 件
②経年化した電気および制御系	11.8%	
③その他の経年化	10.1%	
④経年化によるものではない	48.9%	

不良事象においても腐食/浸食/応力腐食割れ (Stress Corrosion Cracking, SCC) が事故の主要原因となっている。

他方、経年化という観点からまとめたものを表 4 に示す。294 件の漏洩事故の中で 183 件が物理的不良 (機械的+電気計装的) に起因し、183 件の中で 96 件が経年化した設備・機器で発生している。

(2) 判明したこと

- ・ MARS に報告されている経年劣化による漏洩事故は、1980 年から 2006 年の間に 96 件ある。これは漏洩事故の全体の約 30%を占めるので、経年劣化は重要問題である。

a) 機械的健全性

- ・ 腐食/浸食/応力腐食割れが最大の原因である。
- ・ 急激な破壊現象（疲労破壊、応力腐食、保温材下の腐食など）は重要な問題である。
- ・ 検査計画及び保全計画の適否が事故に及ぼす影響は大きい。事故が発生した経年機器については、検査計画、保全計画がなかったことは明らかである。
- ・ プロセス変更や処理量増加が劣化速度に影響を与えるが、その影響について十分に理解／配慮されていない。

b) 電気及び制御系不良

- ・ 電気及び制御機器が原因の事故は重大事故の約 11%を占める。
- ・ 保全や試験を改善することによって防止できたかもしれない電気、制御計装（EC&I）事故は EC&I 事故全体の約 40%を占める。
- ・ EC&I 故障の最大の要因はレベル計の故障であり、不十分な保全と試験に起因する。
- ・ 設計不良は EC&I 事故の約 26%を占めるが、これらは通常経年劣化とは関係しない。
- ・ その他の要因として、停電、落雷／接地、DCS ソフトウェアの故障がある。

c) マネジメントシステムの不備

（ここでいうマネジメントシステムとは HSE マネジメントシステムのことをいう。）

MARS のデータの解析からは、マネジメントシステムの運用の不備が経年化プラントの事故に関係していると断定できないが、システム上の不備は経年化したプラントの事故の直接原因とはならず、遠因となっている。逆にいえば、システムを完全に履行すれば、大部分の事故は防げる。・ 変更管理が実行されていなかった。

マネジメントシステムの不備が原因の数少ない事故を解析すると、以下のことが分かった。

- ・ 監査と指摘事項の対応が弱いので、欠陥が認識されず管理もされないままであった。
- ・ 初期の設計の不備が、時間が経つにつれて事故につながった。
- ・ 定期的レビューを伴う危険源と影響の管理プロセスがないので、事故の可能性を特定できない。
- ・ 保全及び腐食の管理システム／手順／見直しが事故の可能性を特定するのに十分ではなかった。

RR823 では、マネジメントシステムの全ての項目（特に保全管理、能力開発、訓練、危険源と影響の管理）がプラントの安全性に影響することを強調している。そして、経年化したプラントでの懸念事項として、以下の項目を挙げている。

- ・スタッフの離職により、プラントや機器の設備・運転・保全情報が伝承されない。
- ・運転及び保全に携わる要員の継続的な訓練と能力開発がされないため、能力低下が起こる。
- ・（危険源と影響の管理の不備）危険のシナリオが変化したのにリスクが見直しされない。（プラント環境の変化、運転方法の変化などがシナリオの変化に該当する。）
- ・運転方法、設備・機器、協力会社を含めた要員の変更管理が実行されない。

HSE は、各企業への立入検査をする際に、検査員が経年化プラントを特定し、優先順位を付けて取り組むことを支援するガイドを発行する予定である。

（2）英国（COMAH）の調査結果

Case Study として 36 件の事故が公表されているが、経年設備及び漏洩というキーワードで見ると 2 件が該当した。

- ・脱プロパン塔フィードドラム溶接部の低温脆性による割れ…事例では明記されていないが使用されている材質は -20°C まで耐えられる材質であるが、経年劣化し 0°C で脆性割れを起こす状態になっていた。

通常は約 65°C で運転するが、事故当日はトラブルのために 0°C 以下の炭化水素が流入した。

（リスク評価での温度変化の想定範囲の変更と経年劣化による脆性破壊温度の上昇に留意する。）

- ・水注入ノズルの下流にあるエルボが減肉／開裂…炭化水素類に含まれる塩類や水酸化物の堆積防止のため、当初の設計にはなかった水注入ノズルを設置した。注入した水の水滴が直近のエルボに当たり減肉／開裂して、炭化水素が漏洩して着火し火災となった。

（当初の設計にはなかった水注入ノズルの設置に伴う、リスクの再評価（配管の検査箇所追加など）や変更管理が不十分であった。）

HSE は、以下の対策を採った。

- ・石油精製施設の配管類の検査強化を指示（例えば“API 570 Piping Inspection Code”に従った検査の実施など）
- ・各企業が提出する「安全報告書」の評価において、配管類の検査管理、変更管理、腐食管理のプロセスを重視

(3) 仏国 (ARIA) の調査結果

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。さらに事故の中で、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、熱交換器 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」及び「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、地下水に間欠的に触れる場所など…2 件
 （事故によっては二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、地下水などへ常時又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（保温材への水の浸み込みも含む）
- ②内面腐食…施工不良又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…機器及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 5 ARIA に見られる腐食・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	

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
No9	スパイラル熱交換器	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	チューブ熱交換器	ホスゲン	熱交換チューブの穴開き	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	コーンルーフタンク	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 設計及び施工不良		○		
No12	フローティングルーフタンク	重油	フローティングルーフの割れ	強風による繰り返しの力によるフローティングルーフの割れ				○
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	○			
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)	○	○		

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
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	②SUS 溶接部の割れ		○		
	③配管エルボ		③エルボの溶接部の開裂	③SUS 溶接部の苛性ソーダ応力腐食割れ				○
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		○		○

(4) 米国 (CSB) の調査結果

CSBはホームページにおいて、2018年2月末時点で95件の最終事故報告書を公表している。報告された事故の中で、経年設備及び漏洩をキーワードとして11件を抽出した。

(1) 事故原因

硫化物、硫酸、塩素などの化学物質による腐食が 6 件、脆化、応力腐食による割れが 2 件、溶接不良及び安全対策不良が 2 件、凍結対策不良（バルブに異物が噛みこみ水が浸入）が 1 件であった。

(2) 事故発生場所

配管類 6 件、タンク 2 件、熱交換器 2 件

(3) 事故発生原因

- ①管理不良（9 件）…「肉厚検査を実行していない」「減肉傾向に対し適切な処置をしていない」「休止設備の管理不良」
- ②プロセス危険性評価不十分（1 件）…設計運転温度よりも実運転温度が高い場合のリスク評価の見直しがされていない。
- ③工事不良（1 件）…溶接技能が不良に加え、X 線検査の実施箇所が規定どおりではなかったため、気泡巻き込みによる強度不足を発見できなかった。

(4) CSB の事故報告書での特徴

CSB の事故報告書は、調査に多大な資源を投じており、詳細なものであり、事故の当事者のみならず、行政機関、業界団体に対しても改善勧告を出し、改善の実施結果及び状況をホームページで公開するなどかなりの強制力を有する。

また、事故原因（腐食による穴開きなど）の究明のみならず、例えば「なぜ腐食が発見できなかったか」などの究明にまで及んでいる。その結果、管理不良（OSHA¹の PSM²、EPA³の RMP⁴で要求されているマネジメントシステムの不備又は不適切な履行）が指摘されることが多くなる。特に経年設備については、PSM や RPM の中で定期的実施することが求められている PHA⁵の内容の不十分さを指摘することが多い。

例えばナフサの水素処理設備の熱交換器が高温水素による脆化でシェルが溶接箇所破断した事故について、CSB は根本原因として PHA が有効に実施されていなかったことを挙げている。

- ・事故の前から実施していた PHA では高温水素脆化の危険性については何も言及されていなかった。

¹ U.S. Occupational Safety and Health Administration（労働安全衛生局）

² Process Safety Management

³ U.S. Environmental Protection Agency（環境保護庁）

⁴ Risk Management Program

⁵ Process Hazard Analysis

- ・炭素鋼は高温高圧で水素を含む流体を扱う機器の材質としては最も水素の影響を受けやすい材質であることに加えて溶接箇所は残留応力が残りやすくリスクとなるが、事故を起こした熱交換器のシェルは溶接後の熱処理が行われていなかった。

一方で、高温高圧で水素を含む流体を扱う機器の材質選定においては、

API RP 941 : Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants

に記載されているネルソンカーブに従って材質の選定をすることが多い。

事故を起こした熱交換器のシェルに用いている炭素鋼については、設計運転条件では安全サイドであるが、運転中シェルには温度勾配が付くので、高温側はネルソンカーブの線外となっていた。

したがって、CSB は API に対しては 204℃以上、3.5kg/cm²以上の条件下では炭素鋼を使用しないように注意書きすることを勧告した。

(5) 欧米のマネージメントに対する考え方 (参考)

セベソ (Seveso) 指令Ⅲ (EU)

2015年7月から施行されたセベソ指令Ⅲでは明確に腐食や疲労破壊しやすい重要な機器に関する「安全な経年管理」の導入を求めている。

指令は、以前の規制では個別であったリスク評価と経年管理を総合した見解を事業者に求めている。

プロセス産業の最も一般的な RBI の方法は、API 580/581 Risk Based Inspection (API 2009; API2008) や RIMAP (CEN 2008) などであるが、事業者はさらに Life Cycle Management (CEN 2013) や Asset Management (ISO 2015) などの方法を加えなければならない。

出典 : Risk due to the Ageing of Equipment: Assessment and Management, The Italian Association of Chemical Engineering より引用

注 : セベソ指令Ⅲの付属書Ⅲ (iii) 運転管理の部分に「・事業所内の老朽化装置と腐食に伴うリスクのマネージメントと制御」の要求項目がある。

改正大気浄化法 (OSHA-PSM、EPA-RMP) と CSB のリコメンド (米国)

米国では、CSB が PSM や RMP に準拠して調査を行い、全体として制度を変更するという考えではなく、個別に、例えば API の該当する基準をこのように修正しなさいとリコメンドをする。

添付資料のシェブロン事例 (191 頁 No3) に見られる CSB からの改善勧告例を示す。

(1) API に対して

- ①API RP 939-C: Guidelines for Avoiding Sulfidation (Sulfidic) Corrosion Failures in Oil Refineries において、低シリコン炭素鋼配管における破裂を防止するために最低限の必要事項を制定する。
- ②API RP 571: Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry を改定して
 - ・低シリコン炭素鋼では硫化腐食の速度が増加する可能性を明記する。
 - ・API RP 939-C や API 570 を参照することを明記する。
- ③API 570: Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems において、
 - ・API RP 939-C との用語の整合性を図る。“high-temperature sulfur corrosion” を “sulfidation corrosion” に変える。
 - ・炭素鋼での硫化腐食の速度が他の材質と比べて速いことを明記する。
 - ・炭素鋼の配管の中で低シリコン炭素鋼配管を特定する検査の新しい必要事項を定める。
 - ・低シリコン炭素鋼配管を他の合金配管に更新することを使用者に求める。

(2) 事業者（シェブロン）に対して

- ①プロセスの安全や従業員の安全を図るために API ガイダンスのような best practice に従っていることの説明責任を果たす方法を作成する。これには、進捗状況を監視するシステムを作成することが含まれる。
- ②定修時の全ての作業項目について、補修などの未実施または延期した機械的健全性の欠陥／検査からの勧告項目についての検証可能な取扱プロセスを作る。
- ③検査結果の最低肉厚に対する限界値を再設定する前に技術的見直しを行う承認プロセスを作る。

(3) コントラコスタ郡（カリフォルニア州）

- ①行政、会社、組合、地域代表者から構成される監視委員会を作り、会社が定期的なプロセス安全の改善をしているかを監視する。

海外の危険物施設等の事故の詳細

欧州、英国、仏国、米国の事故事例調査の詳細を表形式で以下に示す。

EU

MARS (corrosion で検索した事故事例の一部を記載)

No1

事故名称	HF の漏洩
発生年月日	1997/10/7
発生場所	
施設の概要	電気化学的フッ素化プロセスの反応器と真空装置を結ぶ配管
取扱危険物質	フッ化水素 (HF)
事故の概要	反応器は保全作業のために停止中であり、内容物はパージされ、窒素で加圧試験されていた。加圧試験終了後、窒素を真空装置へ排出中に、建屋内の配管から HF が漏洩し、塗装作業中の 2 名が直接影響を受け、他の 12 名も避難中に HF に触れた。
被害の程度	死者 1 名、6 名入院
原因	水による溶接箇所近傍の腐食。配管は無水フッ化水素用に、耐性のある炭素鋼でできている。しかし水分を含むフッ化水素に対しては耐性がない。水分は真空装置の高圧蒸気エジェクターの蒸気若しくはスプレー冷却器の水が混入したと思われる。
使用年月日	
事故を踏まえた対策	テフロンライニングの配管に変更
措置、対策	真空装置の冷却器をクローズドコンデンサーに変更する。
特記事項	
URL	https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/search

No2

事故名称	酸化エチレンの漏洩、火災、爆発
発生年月日	1989/3/7
発生場所	ベルギー
施設の概要	石油化学／石油精製工場の酸化エチレン／グリコールプラント。アルデヒド蒸留塔（内部は 89%の酸化エチレンと 10%の水）は 60℃、3 気圧で運転
取扱危険物質	酸化エチレン

事故名称	酸化エチレンの漏洩、火災、爆発
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・アルデヒド蒸留塔のヘアクラックから酸化エチレンが漏洩し、液面計の保温材（ロックウール）に浸み込んでいた。 ・酸化エチレンが水分と反応して保温材の中に非揮発性のポリエチレングリコール（PEG）を形成し、時間とともに堆積した。 ・液面計の補修のために、保温材のカバーを外したところ空気が保温材中に侵入し、PEG が分解・自己酸化を開始した。 ・自己酸化した PEG は保温材に着火し、液面計の配管を加熱し、内部の酸化エチレンを分解させた。 ・この分解の結果アルデヒド蒸留塔は爆発した。この爆発により、隣接の精留塔も引火爆発した。
被害の程度	物損：2.5 百万ユーロ 5 名受傷
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・低サイクル疲労により、アルデヒド蒸留塔の溶接部にヘアクラックが生じた。 ・液面計の保温材（ロックウール）の汚染
使用年月日	
事故を踏まえた対策	比表面積の小さい非吸収型保温材の使用
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・漏洩時の徹底した検査（PEG 蓄積の可能性の検査） ・酸化エチレンと水が締め切りになる部分のある計器を連続窒素パージをすることで不活性化する。
特記事項	
URL	https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/emars/accident/search

No3

事故名称	塩素の漏洩
発生年月日	1980/11/28
発生場所	
施設の概要	電解塩素－アルカリプラント
取扱危険物質	塩素
事故の概要	塩素蒸発器のメタルシート穿孔部と配管の溶接部から塩素が漏洩した。
被害の程度	
原因	溶接部の内部腐食が保全方法不良及び検査方法不良にて発見できなかった。
使用年月日	
事故を踏まえた対策	

措置、対策	
特記事項	
URL	

No4

事故名称	塩素の漏洩
発生年月日	1981/8/6
発生場所	
施設の概要	塩素—アルカリ電解設備
取扱危険物質	塩素
事故の概要	コンデンサーと回収タンクを結ぶ配管の内部腐食により塩素が漏洩した。
被害の程度	
原因	保全方法、試験方法、検査方法の不備、配管設計不十分
使用年月日	
事故を踏まえた対策	・遮断弁を遠隔操作できるようにした。
措置、対策	・従来配管更新間隔が10年であったが、8年に変更した。 ・超音波による配管検査の間隔を従来の3～4年を2年に変更した。
特記事項	
URL	

No5

事故名称	塩化ビニルの漏洩
発生年月日	1983/2/25
発生場所	
施設の概要	ポリ塩化ビニル製造プラント
取扱危険物質	塩化ビニル
事故の概要	塩化ビニルタンクと重合プラントを結ぶパイプライン（15気圧）からの漏洩
被害の程度	
原因	塗装不良による外部腐食
使用年月日	
事故を踏まえた対策	配管検査の強化
措置、対策	
特記事項	
URL	

英国

COMAH (Case Study から抜粋した事故事例)

No1

事故名称	DSM/DEEK での爆発火災
発生年月日	1975/11/7
発生場所	オランダ/BEEK
施設の概要	DSM 社のエチレンプラント
取扱危険物質	ナフサ
事故の概要	圧縮ガスを低温系の送ったところ、脱プロパン塔からベーパーが漏洩し、着火、爆発した。周辺に多数の火災が発生した。
被害の程度	14 名死亡、107 人受傷
原因	<p>脱プロパン塔のフィードドラムの低温脆化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最初の割れは安全弁とフィードドラムをつなぐ 40mm で発生した。 ・フィードドラムの通常運転温度は 65°C である。 ・脱エタン塔が運転不調となったために、脱プロパン塔フィードドラムに流入する流れが高濃度の C2 を含む 0°C 以下の液体となった。 ・この液体がフィードドラム内でフラッシュして、温度が -10°C もの低温になった。 ・フィードドラムの材質は -20°C で運転することができたが、経年劣化で溶接部が 0°C で割れた。
使用年月日	
事故を踏まえた対策	
措置、対策	
特記事項	
URL	http://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/casebeek75.htm

No2

事故名称	ConocoPhillips の Humber 製油所での火災爆発
発生年月日	2001/4/16
発生場所	イギリス/イミンガム
施設の概要	<p>日量 22.5 万バレルを処理する石油精製設備</p> <p>事故が発生したのは、炭化水素の飽和ガスを分離する設備の脱エタン塔</p>

事故名称	ConocoPhillips の Humber 製油所での火災爆発
取扱危険物質	メタン、エタン、プロパン、ブタン
事故の概要	脱エタン塔の塔頂からコンデンサーに至る配管（6BSGP）にある水注入口下部のエルボが開裂し、上記危険物質を含むベーパーが吹き出し、着火、爆発し、周辺の設備にも損害を与えた。
被害の程度	死傷者はいなかったが、物損は莫大。その他罰金が 50 万ポンド以上
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1981 年に当初の設計にはなかった水注入ラインを急場しのぎに設置した。 ・ 設置当時は間欠的に使用する予定がいつの間にか連続使用になっていた。 ・ 注入ノズルの先端が噴霧する形状になっていなかったため、ジェット流の状態、670mm 下流のエルボにて、エロ／コロを発生させた。 ・ 変更管理台帳に記載がないためその後の配管検査で見落とされていた。
使用年月日	1970 年
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全ての水注入箇所での点検（4 か所で点検頻度を上げる必要が生じた）
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ Hawkeys と呼ばれる配管検査プログラムを導入し実施する。（1,000 万ポンドの投資） ・ 18 名の腐食技術者を配置した。 ・ 全配管（62,000 か所）の点検 ・ 機械的健全性を保証できるように組織を変更した。
特記事項	
URL	http://www.hse.gov.uk/comah/conocophillips.pdf

仏国

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
発生年月日	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

事故名称	アラスカ パイプライン漏洩
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
発生年月日	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	原油及び天然ガス
事故の概要	天然ガス及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（人的被害無し）
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中しようとしたところボイラー水（70気圧、290℃）が

事故名称	タトル製油所爆発
	漏れて水蒸気爆発した。
被害の程度	2名死亡
原因	・ボンネットフランジと弁体フランジの寸法が合っておらず、締付ボルトに応力が掛かっていた。（設計及び製造ミス）
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か月間動員された。 ・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。水滴が断熱材を浸入し、移送配管を腐食させ、最後には割れが発生した。 ・数か月前から同一ラックで異常が検知されていたにもかかわらず、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なく、断熱材交

事故名称	ロワール川燃料油流出
	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。 ・水及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及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-Vieillissement_PA-AN_FR_Vfin_EN_modif_PA.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。）

事故名称	コンプレッサー配管の疲労破壊
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。 ・パージ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-Vieillissement_PA-AN_FR_Vfin_EN_modif_PA.pdf

No6 (47277)

事故名称	コンプレッサーからエチレンガス漏洩
発生年月日	2015/10/17 17時33分
発生場所	フランス／ゴンクルビルロルシェ
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、プラスチック及び合成ゴム製造業 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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。現地を確認すると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本の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	<ul style="list-style-type: none"> ・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あいまって、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か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。

事故名称	コンプレッサーからエチレングス漏洩
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
発生日月日	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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却水、雨水、プラント排水の流れる地下配管及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替わり、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
------	---------------

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 の土地の土壌及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換器の隔壁 (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。 ・ 熱交換器は設置以来 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、及び低

事故名称	硫酸タンク爆発
	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換器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／ルボンドクレ
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換器において、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、熱交換器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"> ・熱交換器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、ピンホール自体と周囲のチューブに外部腐食及び減肉が発生した。 ・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

事故名称	ホスゲン漏洩事故
	ではなかった。 (2個ある電導度計のうち1個が故障中であったので、不適切な運転の遠因となった。)
使用年月日	
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・熱交換器洗浄方法の変更 ・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/パールレタン
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及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 年の改造工事時に開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"> ・自衛消防隊員及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	(1 次原因)

事故名称	加熱された重油タンクの破裂
	<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開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及び1箇所からの注入 ・タンク改造時には使用条件に合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年に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℃）
事故の概要	・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

事故名称	原油タンク火災
	<p>数日前にも 28cm のクラックが発見され、原油が屋根にしみ出していることも確認された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 2,600 万ユーロ
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・クラックからし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	<p>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。</p> <p>ピットからの排水が排水処理場に送られ（6m³）、一部が河川に流出した。</p>
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。 <p>（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。）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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

事故名称	硫酸タンクからの流出
	<p>査では、歩廊がかなり腐食しているので更新すること、及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のを改装することが勧告されていた。))</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タンクを加圧して硫酸を移送する方法が漏洩を更に悪化させた。 ・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	<p>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。</p> <p>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及びメタンスルホン酸を合成するプラントである。</p>
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）を引込線に引き込み、移送配管をメチルメルカプタンが入ったタンク車及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及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 設備損傷及び補償で 600 万ドル
原因	・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及びピッチング

事故名称	タンク車の爆発
	<p>を認識できなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。（従業員が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	<ul style="list-style-type: none"> ・荷下ろし設備を 2 年ごとに分解点検する。
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	2001/9/18、2002/2/9
発生場所	フランス／
施設の概要	<p>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。</p>
取扱危険物質	重油、軽油
事故の概要	<p>（2001/9/18 の事故）海岸から 600m の所で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 400m³ と推定された。油回収実施</p> <p>（2002/2/9 の事故）発電所から約 2km の所で重油漏洩が報告された。油回収実施</p> <p>漏洩箇所を調査したところ、減肉及び外部腐食孔及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。</p>
被害の程度	
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水面の変動に伴う汽水中の塩素による腐食

事故名称	地下埋設配管からの重油漏洩
	・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	(2001/9/18の事故) パイプライン全線の点検及び補修、土壌浄化 (2002/2/9の事故) パイプラインの点検
措置、対策	(2002/2/9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・マール
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)は直接セーナ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年にかけてセーナ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。

事故名称	地下埋設配管から硫酸排水漏洩
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ともに倒れ、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 (24856) (24853) (24854)

事故名称	シアン化水素漏洩
発生年月日	1999/10/14、2000/12/6、2001/4
発生場所	オランダ／シタルト・ヘレーン・ボルン
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	<p>(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。</p> <p>(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、浸入したシアンを 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。</p> <p>(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。</p>
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	<p>(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箇所の焼鈍をしていなかった。)</p> <p>(2000/12/6 の事故) 溶接箇所の割れ</p> <p>(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</p>
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	<ul style="list-style-type: none"> ・シアン濃度が高くなる部分をステンレス鋼に更新する ・保全及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

事故名称	水添脱硫装置の火災
	・仕様（設計圧力：56.9 気圧、最高運転圧力：42 気圧、設計温度：425℃、通常運転温度：410～420℃、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	以下の四つの原因によってチューブが運転圧に耐えられなくなるまで減肉した。 <ul style="list-style-type: none"> ・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 年の不働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 ・クリープにつながる粒間割れ（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。 <ul style="list-style-type: none"> ・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	<u>対流部</u> <ul style="list-style-type: none"> ・X 線及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 <u>輻射部</u> <ul style="list-style-type: none"> ・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 不働態化方法の見直し
特記事項	・超音波による厚み測定、及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。

事故名称	水添脱硫装置の火災
	<ul style="list-style-type: none"> ・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及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	LPG2,000m ³ 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なかったため、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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	

事故名称	球形タンクからのプロパンガスの漏洩
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、フローティングルーフ、底部はコーンタイプ） ・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及び油の受入／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とどまり、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。防油堤内の土壤汚染はあるが、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ず、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化させた。 ・液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。

事故名称	原油タンク破裂
	<ul style="list-style-type: none"> ・その後大量の原油が基礎の一部を洗い流した。 <p>(根本原因)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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碎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年ごとの外面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、次回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

No22 (38242)

事故名称	石油移送用の地下配管の破裂
発生年月日	2010/5/1
発生場所	フランス/マノスク
施設の概要	<p>山中にある廃坑を利用した原油、石油製品、ナフサの貯蔵施設。配管は地下埋設である。</p> <p>直径 500mm、材質 API5LX42 (肉厚 7mm)、埋設深さ 2m、最高運転圧 66</p>

事故名称	石油移送用の地下配管の破裂
	気圧 2003年に110%の圧力で耐圧試験済み。地下埋設配管はカソード防食中である。
取扱危険物質	事故時の取扱物質はナフサ
事故の概要	5/1にナフサ移送中の当該配管が破裂した。
被害の程度	400m ³ のナフサ流出。配管検査と改善に700万ユーロ。住民282人が避難
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・配管下部が3mにわたって開裂していた。配管下部の固化堆積物の下でのピッチング腐食が起因した。 ・堆積物はナフサより重い海水を循環したことで発生したものと思われる。堆積物は水酸化物と酸化鉄から構成されており、酸素、イオウ、塩素が表面に存在した。 ・塩素が通気差腐食を起こし配管を減肉させた。減肉した部分の機械的強度が失われ開裂した。
使用年月日	
事故を踏まえた対策	液移送の圧力を65気圧から45気圧に下げた。
措置、対策	器具を備えたピグで配管内を清掃及び検査を実施（ピグが走れるように配管のアラインメントを変更するのに多少の時間がかかる）
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/FD_38242_Manosque_2010_ang.pdf

No23 (36654)

事故名称	地下配管からの原油漏洩
発生年月日	2009/8/7
発生場所	フランス／ブーシュ・デュ・ローヌ県
施設の概要	スイス、ドイツ、フランスの石油精製施設に原油を送る埋設配管。 配管径40B、長さ714km、運転圧40気圧、送油量年間3,580万トン
取扱危険物質	原油
事故の概要	配管上部の長手方向の溶接線が幅15cm長さ1.8mにわたって開裂し、原油が5,400m ³ 漏洩した。汚染面積は5haである。
被害の程度	総額5,000万ユーロ
原因	<p>確定できないが以下の原因が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長期間の運転中の圧力変動による配管長手溶接部の roof effect（2003年に当該配管の検査を行ったが、roof effectは僅かであり、超音波検査でも割れ

事故名称	地下配管からの原油漏洩
	は見られなかった。) <ul style="list-style-type: none"> ・溶接線に層間剥離欠陥も見られるので、これが原因となって疲労割れを起こす可能性がある。
使用年月日	1972 年設置
事故を踏まえた対策	検査周期、検査方法の見直し
措置、対策	
特記事項	
URL	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/FD_36654_PlainedelaCrau_2009_ang.pdf

米国

CSB 最終事故報告書より記載

No1

事故名称	タンクからの化学物質漏洩
発生年月日	2014/1/9
発生場所	ウェストバージニア州/チャールストン
施設の概要	エルク川の川岸にあるタンク貯蔵所
取扱危険物質	メチルシクロヘキサメタノールとポリグリコールエーテルの混合物
事故の概要	約 170m ³ のコーンルーフタンク底面に開いた二つの小さな穴から漏洩し、側を流れる川に流入した。そして、約 9 万の契約者において飲料水が 4~9 日間使用禁止になった。
被害の程度	約 40m ³ の混物流出。 369 人が異常を訴えた。
原因	底板（厚み 6.3mm）の土台側が全体的に腐食していたが、漏洩はピッチング腐食により開いた 2 つの穴（直径 0.75in、0.4in）から起こった。 漏洩検知装置が設置されていなかった。 防油堤も保全不良により割れ目や穴があった。排水溝も防油堤外への流出経路になった。
使用年月日	1938 年設置（底板は 1945 年以降に張り替えられている）、推定使用期間（1963-2014）
事故を踏まえた対策	
措置、対策	飲料水摂取場所近くに設置された地上タンク保有者はタンク及び防油堤の定期的点検を実施しなければならない。

事故名称	タンクからの化学物質漏洩
特記事項	当該タンクは事故時の所有者及び以前の所有者による点検、補修記録がなかった。防油堤も法に従った維持管理がされていなかった。地方環境局も貯蔵所の適合性検査をしていなかった。
URL	http://www.csb.gov/assets/1/19/FINAL_Freedom_Industries_Investigation_Report_(5-11-2017).pdf

No2

事故名称	熱交換器からの炭化水素の漏洩
発生年月日	2010/4/2
発生場所	ワシントン州／アナコート
施設の概要	触媒改質装置／水素化处理装置
取扱危険物質	水素、ナフサ
事故の概要	スタートアップ作業中に当該装置の熱交換器のシェルが破裂し、水素とナフサが噴出し、着火し、火災となった。
被害の程度	7名死亡
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・熱交換器に使用されていた炭素鋼製のシェルの溶接線付近が高温水素攻撃（脱炭作用）により脆化した。 ・1995年に水素分圧を上げる運転変更が行われている。 ・設計想定温度よりも実際の温度が上がっており、ネルソンカーブの危険領域に入っていた。 ・PHAが不十分
使用年月日	1971年設置
事故を踏まえた対策	PHAの改定及び改善（特に腐食に関する項目）
措置、対策	
特記事項	
URL	http://www.csb.gov/assets/1/7/Tesoro_Anacortes_2014-May-01.pdf

No3

事故名称	配管からの軽油の漏洩、火災
発生年月日	2012/8/6
発生場所	カルフォルニア州／リッチモンド

施設の概要	原油の常圧蒸留塔
取扱危険物質	軽油
事故の概要	常圧蒸留塔のサイドカット配管（8B）が腐食により減肉し、破裂し、漏洩した高温の軽油に着火し火災となった。
被害の程度	6名受傷
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・当該配管は炭素鋼であるが、シリコンの含有量が少なく、硫化腐食速度が加速される状況にあった。 ・社内の検討チームのリコメンドがあったにもかかわらず、2011年の定修時に交換がされていなかった。
使用年月日	1985年以前から使用していたと思われる。
事故を踏まえた対策	硫化腐食に強い材質への変更、定修時に実施工事の判断規定変更
措置、対策	API基準等の見直し
特記事項	
URL	http://www.csb.gov/chevron-refinery-fire/

No4

事故名称	配管からの水素及び炭化水素ガスの漏洩、爆発
発生年月日	2009/11/4
発生場所	ユタ州／ウッドクロス
施設の概要	燃料油接触脱ろろ設備の触媒床反応器
取扱危険物質	水素、メタン
事故の概要	触媒の水素再生中（事故当時は脱ロウ触媒から水素を用いて付着した重質炭化水素を脱着中であった。）に、反応器出口の10B配管が破裂し、水素を主とするガスが噴き出し、着火、爆発した。
被害の程度	場外の民家100棟が損傷した。
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・反応器出口配管のエルボの後の炭素鋼直管部が硫化腐食により減肉していた。 ・2007年の検査時にエルボ部の減肉が認められたのに、直管部への検査が実施されていない。
使用年月日	当該配管は1993年に設置したが、それ以前に使用されていたかどうかは不明
事故を踏まえた対策	
措置、対策	
特記事項	
URL	http://www.csb.gov/silver-eagle-refinery-flash-fire-and-explosion-and-catastroph

事故名称	配管からの水素及び炭化水素ガスの漏洩、爆発
	c-pipe-explosion/

No5

事故名称	可燃性ガスの爆発
発生年月日	2010/11/9
発生場所	ニューヨーク州／バッファロー
施設の概要	フッ素樹脂製造設備。原料のフッ化ビニルを水で反応させた後のフッ化ビニル樹脂スラリーをフラッシュタンクで未反応フッ化ビニルと分離し、フッ化ビニル樹脂を貯蔵するタンク
取扱危険物質	フッ化ビニル
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・フッ化ビニル樹脂の貯蔵タンクが3基（T1、T2、T3）あり、T3を常時使用している。 ・3基は各々のオーバーフローラインがつながっており、常時使用のT3からの蒸気（フラッシュ分離後のフッ化ビニル樹脂に微量であるがフッ化ビニルが含まれている。）がT2、T1にも流れるようになっている。 ・T1のアジテーター架台の補修工事に取り掛かったとき、溶接の火花によりタンク内にあったフッ化ビニル蒸気に引火、爆発した。
被害の程度	死亡1名、火傷1名
原因	<p>T1タンクの運転系からの遮断不良（オーバーフローラインがblind plate未挿入により縁切りされていなかった。）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・フラッシュタンクからT2へのオーバーフロー配管に設置されているT2内のトラップに割れがあった。 ・溶接作業の前に、タンク内のガス検知がされていなかった。（外側はガス検知を行っていた。）
使用年月日	不明
事故を踏まえた対策	
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・タンク・機器の縁切り方法の見直し ・PHAの手法の見直し
特記事項	
URL	http://www.csb.gov/e-i-dupont-de-nemours-co-fatal-hotwork-explosion/

No6

事故名称	サンプル配管からの発煙硫酸の漏洩
------	------------------

事故名称	サンプル配管からの発煙硫酸の漏洩
発生年月日	2010/1/23
発生場所	ウェストバージニア州／ベル
施設の概要	硫酸回収設備であり、発煙硫酸を製造し、メタクリル酸の製造に使用している。
取扱危険物質	発煙硫酸
事故の概要	発煙硫酸タンクへの配管に取り付けられた 1B のサンプル配管（SUS304L、銅チューブのスチームトレース有り）から発煙硫酸が漏洩した。
被害の程度	被害無し
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・原因は不明であるが、配管内部にピッチング現象が発生し、徐々に拡大してピンホールができた。 ・ピンホールから漏洩した濃硫酸が保温材とスチームトレース配管を腐食させた。 ・腐食したトレース配管から漏れたスチームと発煙硫酸により濃硫酸が生成した。 ・今度は濃硫酸がピンホール近辺の配管外部から腐食させ大きな穴を開けた。
使用年月日	19年間使用した配管
事故を踏まえた対策	SUS304L は発煙硫酸に対して十分な耐食性を有し、40年持つとされているが、何らかの原因で腐食が発生するので、PMの対象とする。
措置、対策	2010年3月にはプラントを停止した。
特記事項	
URL	http://www.csb.gov/dupont-corporation-toxic-chemical-releases/

No7

事故名称	ホスゲンの漏洩
発生年月日	2010/1/23
発生場所	ウェストバージニア州／ベル
施設の概要	ホスゲンボンベ保管倉庫（1トンのホスゲンボンベからプロセスのホスゲンを供給し5種類のイソシアネート中間体を製造する。2本のボンベが並列に設置され、一方が空になると他方に切り替える。プロセスとは直径0.25インチ長さ48インチのSUS304のブレードで被覆されたポリ四フッ化エチレンのフレキシホースでつながれている。）
取扱危険物質	ホスゲン
事故の概要	プロセスにホスゲンを供給中のボンベが空に近くなったので運転員が状態を点検するために点検中、供給中でないボンベのフレキシホースが破れ、従業員にホスゲンがかかった。
被害の程度	1名死亡

事故名称	ホスゲンの漏洩
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシホースにはたくさんのタグが付いていたが、粘着テープで留められていた製造者のタグの下の部分のブレードが応力腐食割れしていた。 ・ポリ四フッ化エチレンはホスゲンを透過させやすく、粘着テープは透過したホスゲンを滞留させる。透過したホスゲンが塩酸に変化して SUS304 のブレードの腐食を招いた。 ・供給中でない当該ホースはバルブで閉められた部分にある液体ホスゲンが熱膨張して破裂に至った。（SOP 違反） ・ホースは 30 日ごとに交換しなければならない規定であるが、2006 年から 2010 年の間には 4～7 か月使用したことが 3 回あった。 ・補修スケジュールのソフトを 2006 年に変更したため、交換指示書が自動的に発行されなかった。 ・このホースはデュポンの規格に合致していなかった。 ・2009 年の PHA において液の熱膨張によるホース破裂を想定していなかった。
使用年月日	6 か月以上使用
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ホースの材質をデュポンの規格どおりにする。 ・ホスゲンの危険性について再教育を行う。
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・重要機器の PM スケジュールを確保するために保全ソフトを改善する。 ・変更管理レビューを PM 指示についても実施する。
特記事項	
URL	http://www.csb.gov/duPont-corporation-toxic-chemical-releases/

No8

事故名称	液体肥料タンクの崩壊
発生年月日	2008/11/12
発生場所	バージニア州／チェサピーク
施設の概要	石油製品及び液体肥料を貯蔵、配送する施設。事故のあったタンクは内容量約 9,000m ³
取扱危険物質	液体肥料（尿素及び硝酸アンモニウムの溶液）
事故の概要	液体肥料を約 7,500m ³ 注入して漏れ検査と補修を行っていたところ、タンクの側板の溶接部が縦に裂けたのが切っ掛けとなり、側板が全周にわたり外れた。
被害の程度	協力会社員 2 名重傷、地域住民の避難を招いた。

事故名称	液体肥料タンクの崩壊
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・石油製品を貯蔵していたタンクを比重が高い液体肥料の貯蔵用にタンクの改修を行った。 ・側板がリベットの重ね継ぎであったものを、重ね継ぎの部分のみを切り取り、鉄板を入れて突き合わせ溶接に改修して強度を上げ、液体肥料の貯蔵量を増加させた。 ・資格のない作業による溶接不良（溶接の溶け込み不足、気泡の存在、アンダーカット） ・溶接線の検査が不十分（X線による検査がされていない。） ・タンクの改修計画の認証を取っていなかった。 ・液体肥料で漏れ試験を行った。
使用年月日	1929年頃製作されたタンク
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・全てのタンクの最高液位での安全性確認を独立した査察者にて実施する。 ・改修後や貯蔵液体を変えた場合の最初の漏れ試験の試験方法を定める。
措置、対策	
特記事項	
URL	http://www.csb.gov/allied-terminals-fertilizer-tank-collapse/

No9

事故名称	配管からのLPG漏洩、火災
発生年月日	2007/2/16
発生場所	テキサス州／サンレイ
施設の概要	プロパン脱圧装置のNo1抽出器（原油減圧蒸留塔のボトム液に溶剤のプロパンを混入してガスオイルと舗装用ピッチを液分離する設備、運転圧力約3.4MPa）
取扱危険物質	プロパン、ガスオイル、ピッチ
事故の概要	回収プロパンを抽出器に返送するラインから分岐してボトム液送入ラインへ注入する配管がある。分岐したラインは15年間使用していない。このラインにあるコントロールバルブの上流側のエルボ（10B）が割れて、プロパンが噴出し着火して火災となった。
被害の程度	4名火傷 5,000万ドルの物損
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・割れが発生したコントロールバルブセットは長期間使用されないでいたので、送入ボトム液中の微量水分が蓄積していた。（コントロールバルブの上流側締切弁は異物を噛み込んでいて、233m³/時も水が流れ込む状態であった。） ・2/15～2/16は気温が低下（-14℃）し2/16の朝まで継続したので、蓄積した水分が凍結し膨張してエルボを割った。 ・気温の上昇とともに氷が融け、回収プロパンが噴出した。 ・配管に凍結対策がされていなかった。

事故名称	配管からの LPG 漏洩、火災
	・ 長期間使用しない設備に対するリスク評価がされていなかった。（MOC がされていない）（配管撤去、締切弁に仕切板挿入、凍結の想定及び凍結対策の実施を含む。）
使用年月日	・ 1992 年頃から使用されていない。
事故を踏まえた対策	・ 緊急遮断弁を遠隔操作できるように改造 ・ 凍結対策の明文化と監査 ・ PHA において会社の規定と good practice を採用しているかどうかを確認する。
措置、対策	・ API - RP 凍結対策を改定 ・ API2218（石化プラントの耐熱対策）の改定 ・ API2030（固定消火スプレー）の遠隔操作改定
特記事項	
URL	http://www.csb.gov/valero-refinery-propane-fire/

No10

事故名称	熱交換器からの塩素漏洩
発生年月日	2003/7/20
発生場所	ルイジアナ州／バトンルージュ
施設の概要	フルオロカーボン系の冷媒製造設備（タンク車から反応器へ液化した塩素を移送するための冷却設備、熱交換器と冷媒循環設備から成る。）
取扱危険物質	塩素
事故の概要	・ 冷媒循環ポンプより塩素が漏洩した。約 6 トン ・ 熱交換器の下部のチューブに腐食による穴が 3 つあり、液体塩素が冷媒に混入した。 ・ 腐食はチューブの外側から始まっている。
被害の程度	7 名受傷、プラントから全員退避
原因	・ 冷媒循環ポンプの構造材は塩素に適合していないので、壊れて塩素を放出した。 ・ 2001 年の検査では、磁束漏洩法は肉厚の厚い炭素鋼において全ての欠陥を検出できなかった。（事故後の 2003 年 10 月の検査では二つの穴は検出したが、残る 1 つは減肉のみを示した。） ・ この系に対する PHA は場所を特定しない塩素の漏洩の場合で実施しており、熱交換器のような特定の機器のトラブルを想定したものではなかった。 ・ 2002 年 7 月の再評価では熱交換チューブから塩素が漏れて冷媒系への混入の可能性が検討されたが、影響と対策は検討されなかった。
使用年月日	1986/1/1

事故名称	熱交換器からの塩素漏洩
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 検査及び試験方法の見直し ・ 冷却システムでの漏洩塩素検知装置の設置 ・ 多重防御システムとすること
措置、対策	
特記事項	
URL	http://www.csb.gov/honeywell-chemical-incidents/

No11

事故名称	濃硫酸タンクの爆発
発生日月	2001/7/17
発生場所	デラウェア州／デラウェア
施設の概要	石油精製プロセスのアルキル化触媒として使用される硫酸の貯蔵タンク（容量約1,500m ³ ）であり、6基ある。フレッシュ硫酸（濃度99%）用及び廃硫酸（硫酸濃度88～95%、水分5%、残りは軽質炭化水素）用のタンクがある。
取扱危険物質	硫酸、軽質炭化水素
事故の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 協力会社員が硫酸貯蔵タンクの上部に設置してある歩廊の座張りを溶断し、新しい座張りとの交換作業中であった。 ・ 溶断の火の粉が廃硫酸のタンクの天板の穴から内部に入り、内部にあった可燃性のガスに引火。爆発した。
被害の程度	1名死亡、8名薬傷
原因	<ul style="list-style-type: none"> ・ 溶断方法を酸素／アセチレンからアーク空気カーボンガウジングに変えたために、火花の飛ぶ範囲が広がった。また火気養生もしていなかった。 ・ 廃硫酸タンクの天板に腐食による開口部があった。（タンク全体が腐食により減肉し、穴開きしていた。また、定期内部検査が行われていなかった。硫酸による腐食を受けやすい炭素鋼を用いていた。） ・ タンク内にCO₂を送入して爆発下限以下に保つための送入加圧システムの故障及び開口部があったために、爆発下限以下に保つことができなかった。
使用年月日	1979年設置
事故を踏まえた対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械的健全性の意思決定の説明責任を果たす（硫酸タンクの漏れが度々現場から報告されていたにもかかわらず放置されていた。） ・ タンク内部を爆発下限以下に保つシステムの適切性について見直す。 ・ MOC レビューを確実に行う。 ・ 火気作業に対する環境のモニタリング方法を見直す。
措置、対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ タンクの機械的健全性の定期的検査を行う。
特記事項	

事故名称	濃硫酸タンクの爆発
URL	http://www.csb.gov/motiva-enterprises-sulfuric-acid-tank-explosion/