

石油コンビナート等防災体制検討会
(石油コンビナートにおける事故に関する検討) 報告書 別冊 1

石油コンビナートにおける事故分析 を踏まえた事故防止の手引き (案)

令和 6 年●月
消防庁特殊災害室

第1章 概要	1
1.1 背景と目的	1
1.2 本手引きの特色	3
1.3 石油コンビナートにおける事故の状況	3
第2章 基礎的知識	7
2.1 火災・爆発事故の基礎知識	7
2.2 漏えい事故の基礎知識	9
第3章 事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント	13
3.1 設計面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント	15
3.2 施工面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント	21
3.3 維持管理面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント	31
第4章 石油コンビナート等災害防止3省連絡会議を踏まえた対策	57
4.1 報告書について	57
4.2 各業界団体の行動計画について	59
4.3 行動計画のフォローアップについて	59
第5章 原因究明と再発防止対策	60
5.1 F T Aの基本	60
5.2 F T Aに用いられる記号	60
5.3 F T Aの実施例	62
第6章 事故防止に係る事業者と行政機関の連携	70
参考文献	72

< 3 章の構成 >

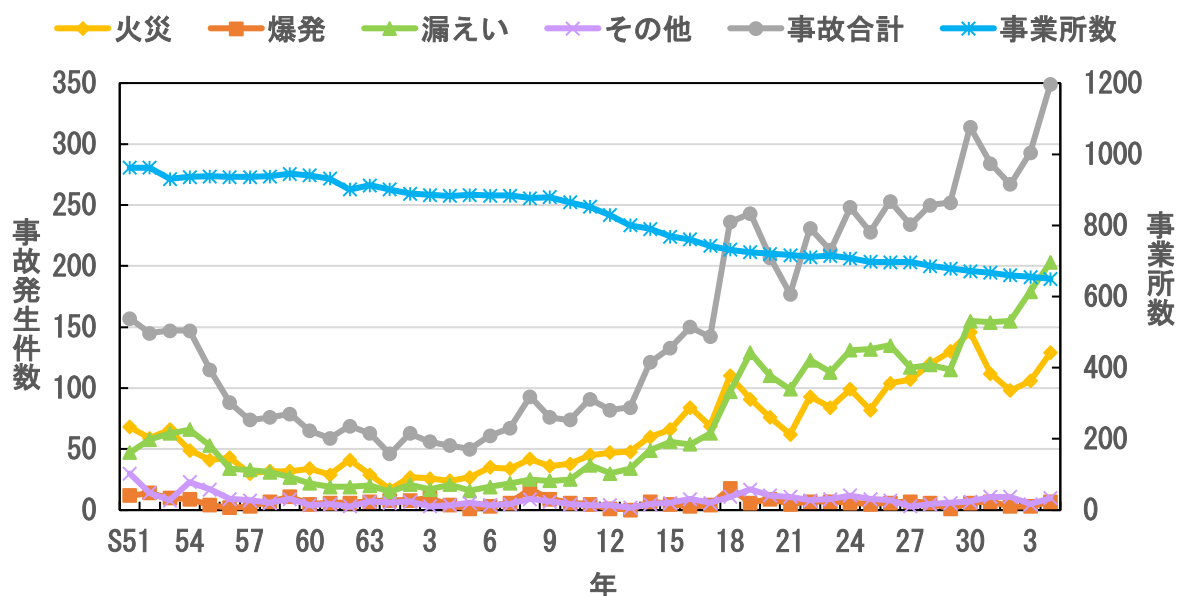
3.1 設計面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント					・・・p.15
(1) 設計不良による事故の発生状況					・・・p.15
(2) 設計面における事故事例					・・・p.17
ア 爆発事故	全業態 (表1.1.1)			巻末資料 に掲載	
イ 火災事故	化学工業 (表1.2.1)	鉄鋼業 (表1.2.2)	石油製品等製造業 (表1.2.3)		
ウ 漏えい事故	石油製品等製造業 (表1.3.1)	化学工業 (表1.3.2)	電気業 (表1.3.3)		
(3) 設計面における事故防止のポイントと具体的な対策事例					・・・p.17
・事例No① 粉塵爆発に対する配慮					・・・p.18
・事例No② 静電気による火災に対する配慮					・・・p.19
・事例No③ 内圧上昇による漏えいに対する配慮					・・・p.20
3.2 施工面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント					・・・p.21
(1) 施工不良による事故の発生状況					・・・p.21
(2) 施工面における事故事例					・・・p.22
ア 爆発事故	全業態 (表2.1.1)			巻末資料 に掲載	
イ 火災事故	化学工業 (表2.2.1)	石油製品等製造業 (表2.2.2)	鉄鋼業 (表2.2.3)		
ウ 漏えい事故	石油製品等製造業 (表2.3.1)	化学工業 (表2.3.2)	電気業 (表2.3.3)		
(3) 施工面における事故防止のポイントと具体的な対策事例					・・・p.23
・事例No① 適切な材料や機器の選定					・・・p.24
・事例No② フランジ継手からの漏えいに対する配慮					・・・p.25
・事例No③ 電気設備の火災に対する配慮					・・・p.26
(4) 施工面における留意すべきポイント【イラスト】					・・・p.29
・工事事例から見た施工面における配慮ポイント					・・・p.30
3.3 維持管理面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント					・・・p.31
3.3.1 人的要因					・・・p.31
(1) 人的な維持管理面による事故の発生状況					・・・p.31
(2) 人的な維持管理面における事故事例					・・・p.33
ア 爆発事故	全業態 (表3.1.1.1)			巻末資料 に掲載	
イ 火災事故	鉄鋼業 (表3.1.2.1)	化学工業 (表3.1.2.2)	石油製品等製造業 (表3.1.2.3)		
ウ 漏えい事故	石油製品等製造業 (表3.1.3.1)	化学工業 (表3.1.3.2)	電気業 (表3.1.3.3)		
(3) 人的な維持管理面における事故防止のポイントと具体的な対策事例					・・・p.33
・事例No① 火気使用時における配慮					・・・p.34
・事例No② 作業時のヒューマンエラーに対する配慮					・・・p.35
(4) 人的な維持管理面における留意すべきポイント【イラスト】					・・・p.40
・溶接作業時の火災予防のポイント		・・・p.41	・解体・清掃作業時の火災予防のポイント		・・・p.42
・危険物等取扱い時の火災予防のポイント		・・・p.43	・保守・点検時の火災予防のポイント		・・・p.44
・危険物等取扱い時の漏えい予防のポイント		・・・p.45	・保守・点検時の漏えい予防のポイント		・・・p.46
3.3.2 物的要因					・・・p.47
(1) 物的な維持管理面による事故の発生状況					・・・p.47
(2) 物的な維持管理面における事故事例					・・・p.48
ア 爆発事故	全業態 (表3.2.1.1)			巻末資料 に掲載	
イ 火災事故	鉄鋼業 (表3.2.2.1)	石油製品等製造業 (表3.2.2.2)	化学工業 (表3.2.2.3)		
ウ 漏えい事故	石油製品等製造業 (表3.2.3.1)	化学工業 (表3.2.3.2)	電気業 (表3.2.3.3)		
(3) 物的な維持管理面における事故防止のポイントと具体的な対策事例					・・・p.49
・事例No① 長期使用による素材の劣化に対する配慮					・・・p.50
・事例No② 保温材下腐食 (CUI) に対する配慮					・・・p.51
(4) 物的な維持管理面における留意すべきポイント【イラスト】					・・・p.55
・事故事例から見た物的な維持管理における主な配慮ポイント					・・・p.56

第1章 概要

1.1 背景と目的

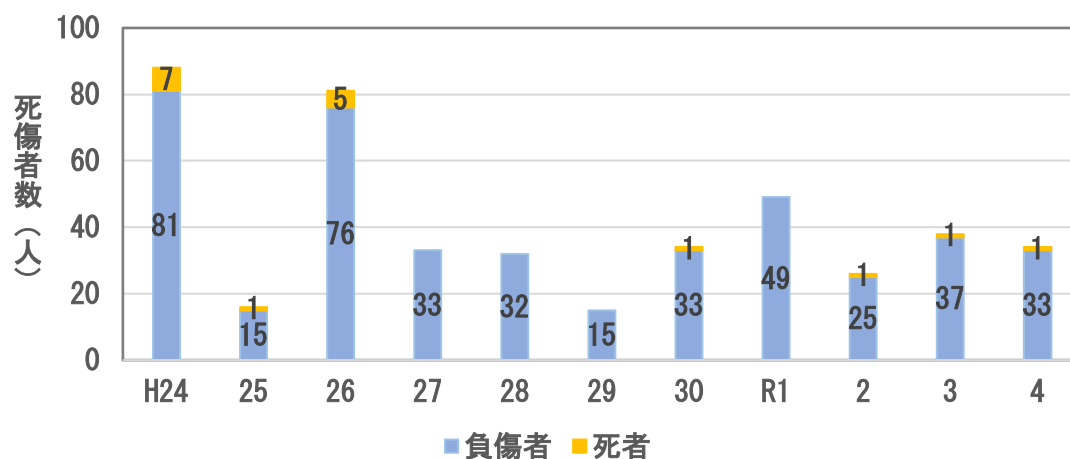
1.1.1 背景

消防庁では、日本全国の石油コンビナート等特別防災区域（以下「石油コンビナート」という）における事故の発生状況を毎年調査し、データを収集している。事故の発生件数について推移をみると、石油コンビナート等災害防止法が施行された昭和51年以降は一旦減少していたが、平成に入ると一転して増加傾向が続き、令和4年中の事故件数は、過去最多となる349件を記録した。また、事故種別でみると、近年は漏えい事故の増加傾向が顕著となっている。【図1.1.1.1】



【図1.1.1.1 石油コンビナートにおける事故発生件数の推移】

一方、事故による死傷者数の推移をみると、平成24年頃に多数の死傷者を伴う重大な事故(※)が続発したことから平成26年に発足した石油コンビナート災害防止3省連絡会議（総務省消防庁・経済産業省・厚生労働省）や事業所の取組によって、平成27年以降、死傷者を伴う重大な事故の発生防止については一定の成果がみられる。【図1.1.1.2】

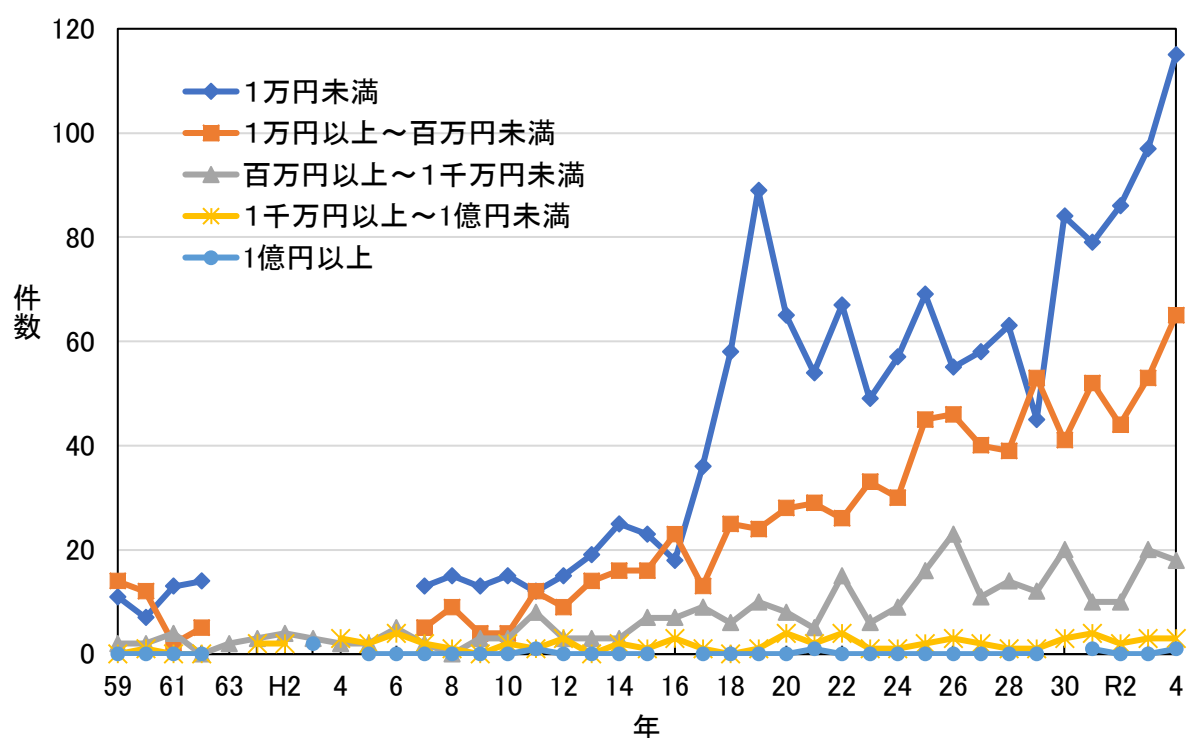


【図1.1.1.2 死傷者数の推移】

発生年月	発生場所（石油コンビナート名称）	死傷者数
平成 24 年 4 月	三井化学（株）岩国大竹工場／山口県玖珂郡和木町（岩国・大竹）	死者 1 名負傷者 21 名
平成 24 年 9 月	（株）日本触媒姫路製造所／兵庫県姫路市（姫路臨海）	死者 1 名負傷者 36 名
平成 26 年 1 月	三菱マテリアル（株）四日市工場／三重県四日市市（四日市臨海）	死者 5 名負傷者 13 名

※平成 24 年以降に発生した多数の死傷者を伴う石油コンビナート事故

さらに、近年増加傾向が続いている漏えい事故について損害額別件数の推移をみると、多くは損害額 1 万円未満の小規模な漏えい事案であることがわかる。一方で、漏えい物質が危険物等であることから出火防止に留意が必要である。【図 1.1.1.3】



【図 1.1.1.3 漏えい事故における損害額別件数の推移】

※S63～H6のデータが一部未表示となっているのは、百万円未満のデータを詳細に分類していないため。

1.1.2 目的

近年、増加傾向にある石油コンビナートにおける事故について、消防庁の保有する事故データから発生状況を分析するとともに、効果的な対策や取り組みを調査し、重大な事故に繋がらないよう事故の発生を防止するための方策を検討しとりまとめることで、石油コンビナートにおける防災体制を強化することを目的とする。

1.2 本手引きの特色

- ① 国しか保有していない全国の石油コンビナートの事故データ（エビデンス）を用いて、事故要因等について「設計面・施工面・維持管理面」などに着目して、どのような事故が多く発生しているのか分析していること。
- ② 事故の分析結果を踏まえ、事故が多く発生している事項等について事故事例をまとめるとともに事故事例を踏まえた事故防止のポイントを示し、これらのポイントに関連する具体的な対策事例を示すことで、現場サイドにも役立ててもらえる実用的な手引きとしていること。
- ③ 本手引きは、事業所の安全管理部門向けに作成しているが、安全管理部門を通じて、現場監督者など現場サイドに展開され活用されるよう、具体的な対策事例などはイラストを活用して分かりやすくまとめ、そのまま現場の教育に活用できるようにしていること。

1.3 石油コンビナートにおける事故の状況

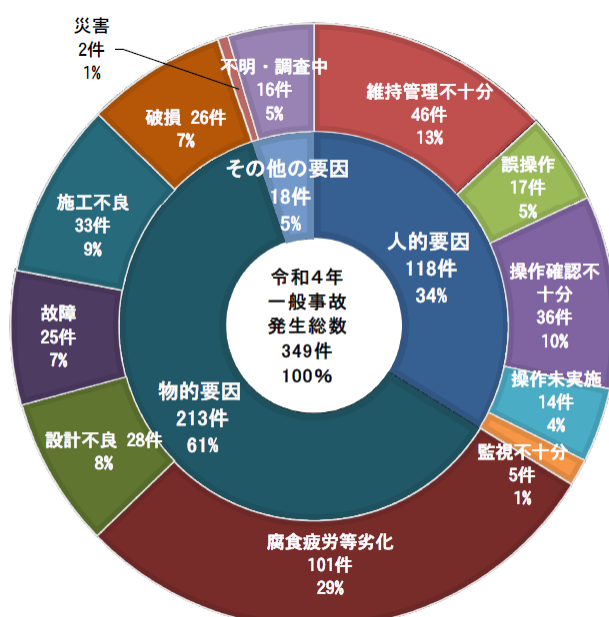
全国の石油コンビナートで発生した事故について、消防庁が保有する事故データを使用して統計的手法により分析した。

なお、事故データは、消防庁特殊災害室が全国の石油コンビナートを管轄している関係都道府県から毎年報告を受けているものであり、特定事業所内で発生した火災、爆発、有害な物質（危険物、高圧ガス及び毒劇物等）の漏えい、施設の破損事案等が事故報告の対象となっている。

1.3.1 令和4年中における事故の発生要因

令和4年中における事故について主原因別の発生状況を分析した。

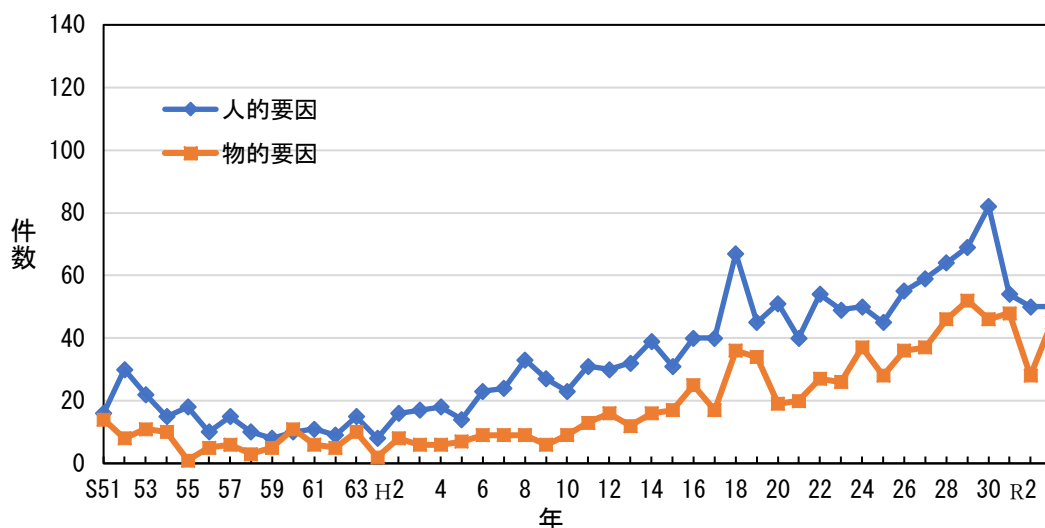
人的要因によるものが118件（34%）、物的要因によるものが213件（61%）となっており、「腐食疲労等劣化」、「維持管理不十分」、「操作確認不十分」、「施工不良」が主な原因となっている。【図1.3.1.1】



【図1.3.1.1 令和4年中における事故の発生要因】

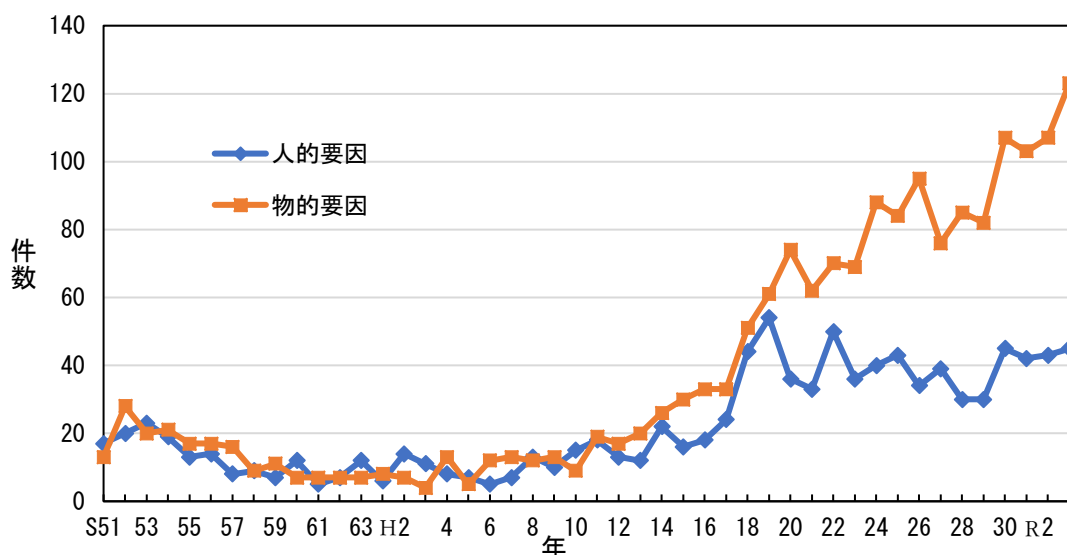
1.3.2 火災及び漏えい事故における要因（人的・物的）件数の推移

火災事故における人的要因及び物的要因の件数の推移を分析すると、両者とも平成以降緩やかに増加しているが、物的要因よりも人的要因の方が事故件数は多くなっている。【図 1.3.2.1】



【図 1.3.2.1 火災事故における人的・物的要因件数の推移】

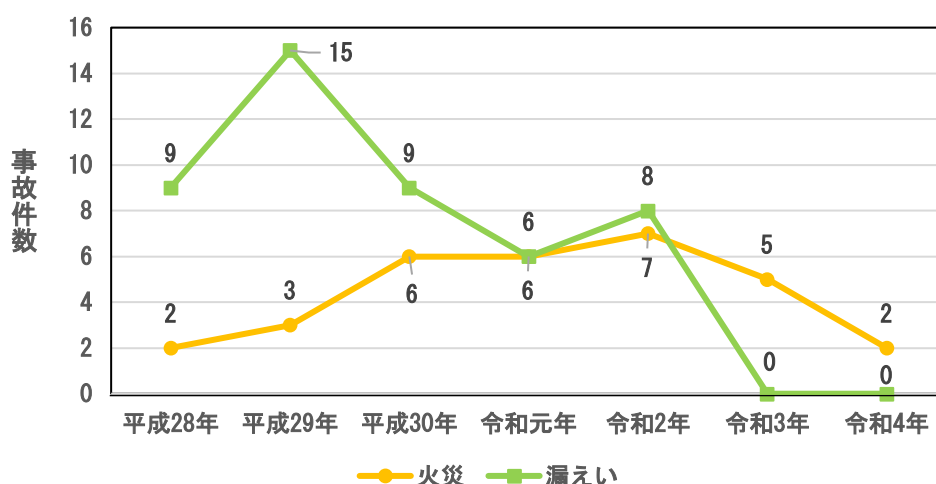
続いて、漏えい事故における人的要因及び物的要因の件数の推移を分析すると、物的要因は平成 18 年頃から顕著に増加しているが、人的要因は平成 20 年頃以降、およそ横ばい状態である。【図 1.3.2.2】



【図 1.3.2.2 漏えい事故における人的・物的要因件数の推移】

1.3.3 石油コンビナートにおける事故の深刻度評価

石油コンビナートにおける重大事故の発生状況を評価するため、平成 28 年度から消防庁が統計に使用している深刻度評価指数を用いて、石油コンビナートの危険物施設における重大事故の発生状況を分析すると、重大事故は減少傾向となっている。重大事故を発生させないという目標については、業界団体及び事業所の各種取組によって成果が現れていると推測される。【図 1.3.3.1】

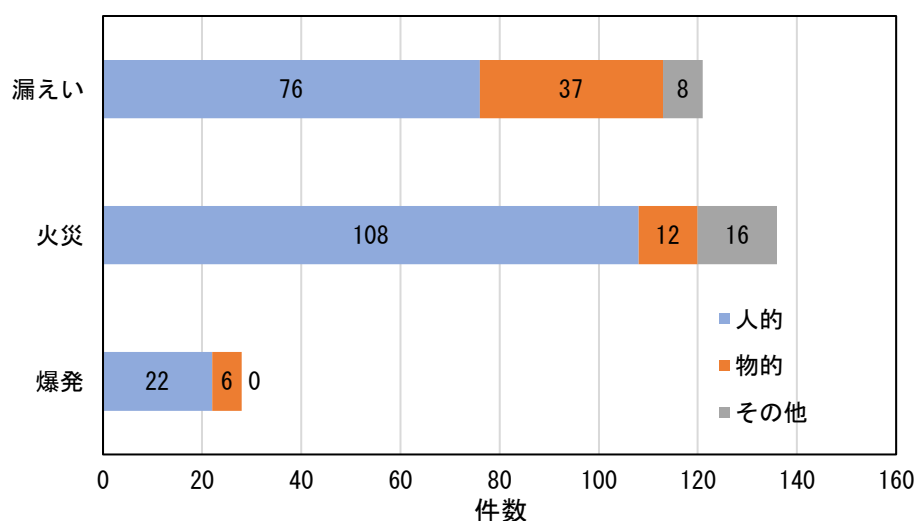


【図 1.3.3.1 石油コンビナートの危険物施設における重大事故の発生状況】

※令和 2 年以前の漏えいの件数については、①死者が発生した事故（人的評価指標）、②河川や海域など事業所外へ広範囲に流出した事故（流出範囲指標）、③流出した危険物量が指定数量の 10 倍以上の事故（流出量指標）のいずれかに該当するもの（「危険物施設における火災・流出事故に係る深刻度評価指標について」（平成 28 年 11 月 2 日付け消防危第 203 号）を計上している。

1.3.4 死傷事故における要因別件数

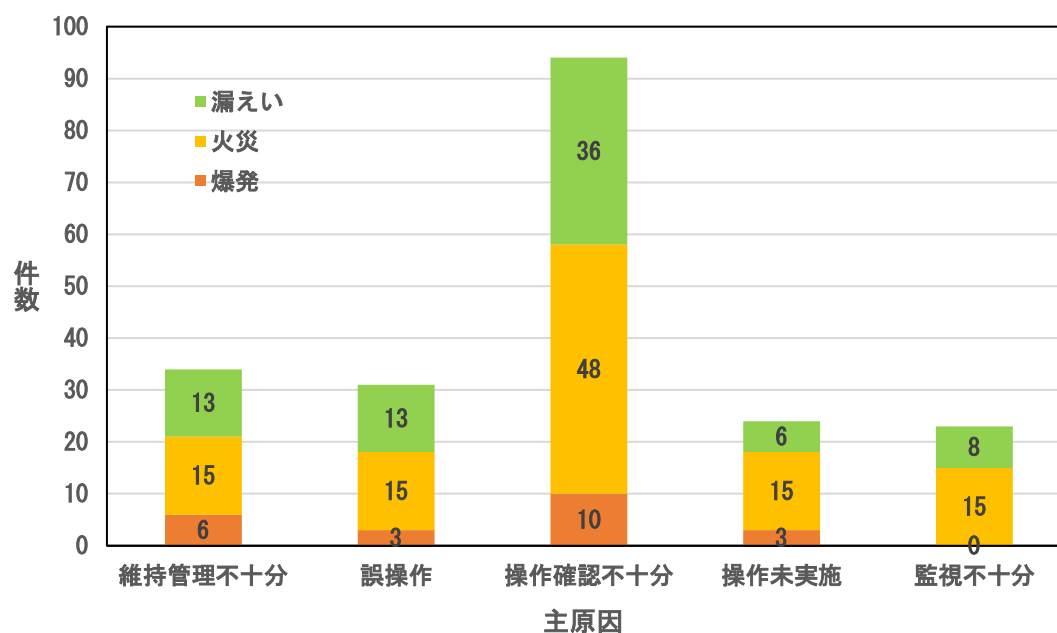
重大事故は減少傾向にあるものの、死傷者を伴う事故（以下「死傷事故」という。）は毎年発生しているのは事実である。そこで、死傷事故の発生件数について、事故種別ごとの要因別（人的要因、物的要因）事故件数を分析すると、死傷事故は、人的要因によって多く発生している。【図 1.3.4.1】



【図 1.3.4.1 死傷事故における要因別の事故件数】
(平成 18 年から令和 4 年までの合計値)

1.3.5 死傷事故の人的要因における主原因別件数

死傷事故は、人的要因で多く発生していることから、人的要因における死傷事故件数を主原因別に分析すると、「**操作確認不十分**」が他の要因と比較して多くなっている。操作確認不十分とは、操作項目や操作手順に問題はないが、確認が不十分であったため、操作の内容等が不適切であったものをいい、その例示としては、「結合金具の緊結が不十分であったためガソリンが漏えいした」などが挙げられる。【図 1.3.5.1】



【図 1.3.5.1 人的要因における主原因別件数】
(平成 18 年から令和 4 年までの合計値)

第2章 基礎的知識

2.1 火災・爆発事故の基礎知識

2.1.1 燃焼・火災・爆発の現象について

燃焼とは、酸化反応（物質が酸素と化合すること）により、熱を発生し、急激な温度上昇とともに光を発生させる現象をいいます。

火災とは、人の意図に反して発生し若しくは拡大し、又は放火により発生して消火の必要がある燃焼現象であって、これを消火するために消火施設又はこれと同程度の効果があるものの利用を必要とするものをいいます。

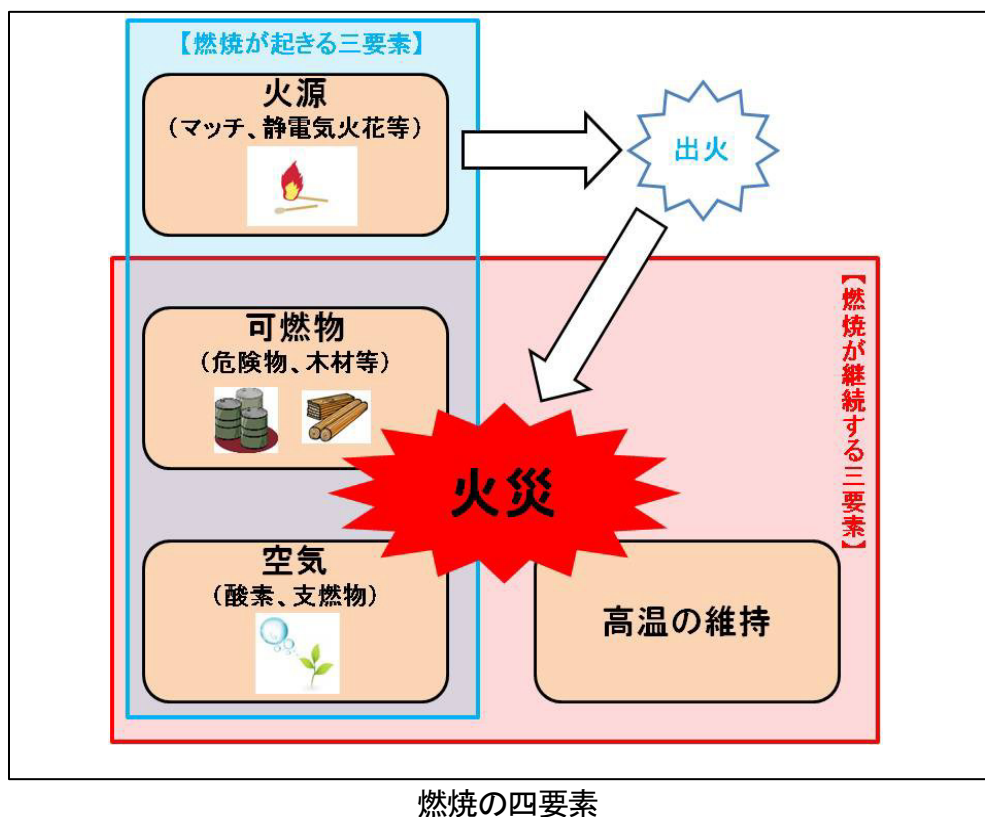
爆発とは、化学的変化（燃焼）又は物理的変化（圧縮された気体の開放あるいは液体の気化）により発生した現象で爆鳴を伴うものをいい、建造物の破壊や火災を発生させる場合があります。

なお、化学的変化による爆発は、急速に進行する燃焼反応によって多量のガスと熱とを発生し、急激な圧力の上昇を伴います。

2.1.2 燃焼が起きる条件である三要素と燃焼の継続に必要な高温の維持

燃焼が起きる条件として①可燃物があること、②火源（発火エネルギー）があること、③周囲に空気（酸素）があること、の三つの要素が必要です。

これらを燃焼が起きる三要素といい、どの要素を欠いても燃焼は起きません。次に、燃焼の継続には、可燃物、空気及び高温の維持の三要素が必要です。燃焼が起きる三要素と高温の維持を合わせて、燃焼の四要素といいます。



2.1.3 主な火源（発火エネルギー）

火災の主な火源には次のものが挙げられます。

（１）高温表面熱（煙突、電気器具、電球など）

可燃性混合ガスが高温物体と接触すると、その表面から熱を供給されて高温になり、発火に至ります。例として加熱炉や高温配管などがあります。

発火のしやすさは、可燃性混合ガスの温度上昇のしやすさによるので、物体の表面の形状、規模、熱伝導度などの影響を受けます。

（２）静電気火花

異種の２物体が接触すると、その界面で電荷の移動が起こります。その後２物体が離れる際それぞれの物体に互いに異なる正負の電荷が残留し、これが静電気となります。

発生した静電気は大気や地中に流れて電荷が減少しますが、発生量が多くなると電荷が過剰となり、他の物体との間で放電が起こります。その際の放電エネルギーが可燃性混合ガスの最小発火エネルギーより大きければ火源となります。

二酸化炭素消火器も噴出時に生成されるドライアイスがノズルなどとの摩擦によって強く帯電します。消火に用いる場合のように既に着火し燃焼している可燃性液体に噴射する場合には問題ないのですが、可燃性の蒸気が滞留している空間での放出では着火源となる危険性があり、実際に、消火装置の試験運転が原因で石油タンクが火災となった例が海外で報告されています。

（３）電気火花

電気火花は、電気の直流、交流を問わず、電気設備のスイッチの開閉、電気配線の断線、接触不良、ショート、漏電などで発生します。その際の火花のエネルギーが可燃性混合ガスの最小発火エネルギーより大きければ火源となります。

（４）裸火（火気）

バーナー等の作業用火気、ストーブ、マッチ等の一般の火気、ボイラー等の火炎は可燃性混合ガスと接触することにより火源となります。

（５）摩擦熱、衝撃火花

グラインダー、ブレーキ、ハンマーによる打撃などで生じる摩擦熱や衝撃火花が火源となります。

（６）断熱圧縮による温度上昇

高圧ガス設備のバルブを急激に開くと、低圧側の配管や装置に高圧ガスが急速に流入し、圧力調整器などの部分で断熱的に圧縮されて高温になり火源となることがあります。

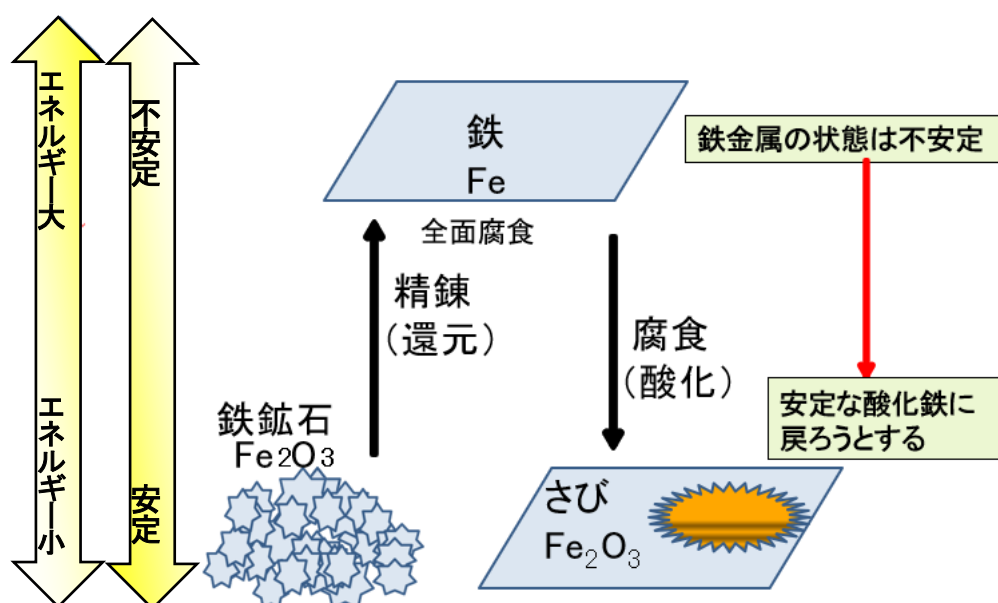
2.2 漏えい事故の基礎知識

2.2.1 腐食の定義

金属がそれを取り囲む環境によって、化学的あるいは電気化学的に酸化されること

【例】 鉄 (Fe) が腐食すると酸化鉄 (Fe_2O_3) となる
(さび)

自然界に存在する鉄鉱石 (Fe_2O_3) を精錬 (還元) することで作り出した鉄 (Fe) は、金属としては不安定な状態であり、より安定な酸化鉄 (Fe_2O_3) (さび) に戻ろうとします。



2.2.2 腐食の種類と腐食要因

腐食は、乾食と湿食に分類されます。乾食は、水の存在を必要としない腐食で、高温酸化、高温ガス腐食などがあります。湿食は、水の存在を必要とする腐食です。

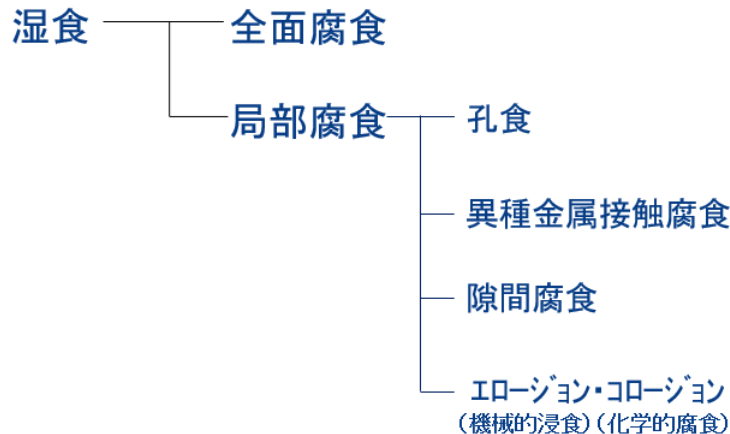
種 類	腐食要因	腐食速度
乾食	酸素のみ	常温では極めて遅い (高温酸化)
湿食	酸素と水	電気化学作用で常温でも進行 (塩分は、腐食の促進要因)

乾食の代表的なものに高温酸化があります。

○ 高温酸化

高温の酸化性気体との接触により化学的に反応して、金属表面に酸化物スケール（酸化皮膜）を生じ、スケールの割れ、剥離により進行していく腐食です。

湿食は以下のように分類することができます。



○ 全面腐食

金属表面が一様に減肉する腐食で、弱酸性の電解質水溶液に接触している炭素鋼と低合金鋼の表面が、全面的に減肉する腐食形態をとる場合が典型です。ほぼ、均一に減肉する場合を均一腐食、凸凹が大きい場合を不均一腐食といいます。

○ 局部腐食

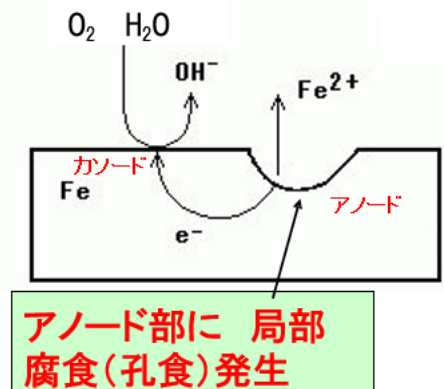
全面腐食に対して、金属表面が局部的に腐食する場合の総称です。孔食、異種金属接触腐食、隙間腐食などが典型例で、保温材内部に雨水が侵入し多湿環境を形成することにより、配管の外表面が局部腐食して開孔に至る事例などがあります。この事例は、保温材下腐食（CUI : Corrosion under Insulation）と呼ばれ点検を困難にします。

・ 孔食

孔食は、金属表面の不動態被膜の破壊によって生じる局部腐食である。塩化物を含む水環境において不動態化した金属表面に、凹み状の溶解箇所（腐食ピット）が拡大していく腐食形態です。孔食が肉厚貫通すれば、漏えいとなります。

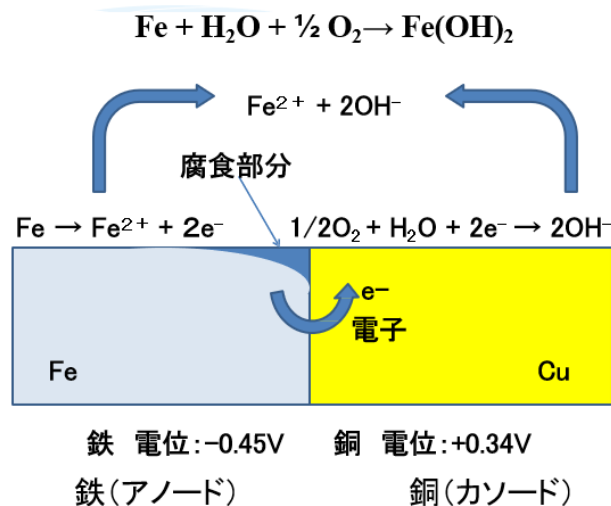


屋外貯蔵タンク底板（内面）の孔食例



- 異種金属接触腐食

腐食電位が大きく異なる2種類の金属が、電解質溶液を介して電氣的に接触する場合に、電極電位の違いにより生じる腐食です。

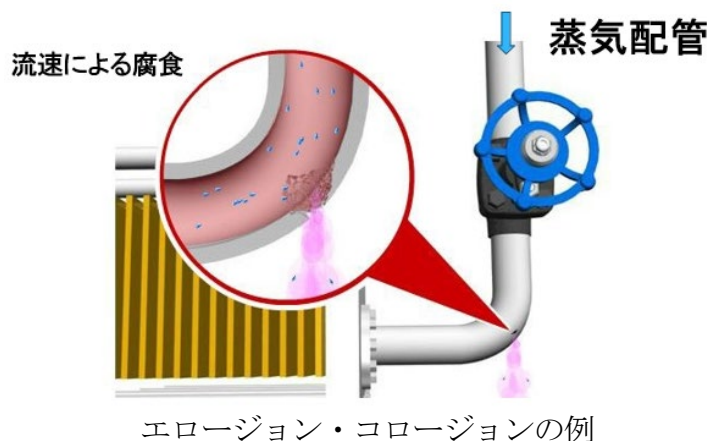


- 隙間腐食

金属表面の異物付着部分又は構造の隙間部分に生じ、酸素濃淡電池の作用による腐食です。酸素濃淡電池は、通気差電池ともいいます。電解質溶液の溶存酸素の供給が部分的に断たれると、その部分をアノード（負極）、周囲の溶存酸素の供給がある部分をカソード（正極）とするマクロ腐食電池が形成され、アノード反応で腐食します。炭素鋼配管の錆こぶ下の孔食が、この例です。

- エロージョン・コロージョン

金属、流体の流れ、環境の因子が重なり合って生じます。壊食（エロージョン）と腐食（コロージョン）の相乗効果による減肉事象です。流体の流れはエロージョンのみによって金属表面を損傷することがなくても、金属表面の保護被膜（腐食生成物）を除去することにより、壊食部分をアノードとするマクロ腐食電池を形成し、腐食が生じます。エロージョン・コロージョンの特徴は、壊食部分には腐食生成物が付着せず、それ以外の部分に腐食生成物が付着します。配管などの曲がり部分、バルブの下流部分、管径の減少部分などのように、局所的な流れの乱れと過大な流速がある箇所で、エロージョン・コロージョンが生じます。



2.2.3 その他の漏えい要因

○ 応力腐食割れ

応力腐食割れは、腐食の種類に分類されることがあるが、応力腐食割れと腐食は、形態とメカニズムが異なることから、本手引きにおいては腐食の種類には入れず、その他の漏えい要因として記載します。

応力腐食割れは、腐食環境、材料の感受性及び引張応力の三つの因子の重畳効果によって生じ、特に、外力の作用なしで、残留応力のみによって生じることに特徴があります。代表的な応力腐食割れに、オーステナイト系ステンレス鋼SUS304などで、溶接熱影響部に生じる「粒界型応力腐食割れ」があり、溶接残留応力が応力腐食割れに寄与します。

○ ウォーターハンマー現象（水撃作用）

管路において、流速が急激に変化するとき、管内圧力が変化する現象をウォーターハンマーといいます。これは、水の流れを急激に止めることにより、行き場を失った水を持つ運動エネルギーが瞬間的に圧力エネルギーに変わり、圧力波が発生するもので、この時の圧力上昇は、管路を閉鎖する速度がある速度以上になるとき著しくなります。ウォーターハンマーが激しい場合、配管等の設備を破損する場合があるためバルブ等の操作は努めてゆっくり行う必要があります。

○ 材質、内容物の熱膨張

機器等の材質や内部を流れる内容物の熱膨張により、当該機器等が破損することがあります。配管内に内容物が入った状態で上流側バルブと下流側バルブ等が閉止されると、内容物の逃げ場がなくなり（これを液封といいます）、この状態で内容物が加温されると、内容物の熱膨張により配管の内圧が上昇し、フランジ継手のガスケット等が損傷するなどにより、漏えいに至ることがあります。加温はスチームトレース等による場合や太陽光による自然現象によることもあります。また、配管内に水分が存在した状態で、外気温の低下に伴う水分の凍結による体積膨張によって、機器等が破損し漏えいに至る場合もあります。

鋼鉄製の配管本体の熱膨張や熱収縮により配管長が変化し、機器に損傷を与える場合があります。

さらに、熱交換器等の高温で運転される機器においては、ボルトの熱膨張・熱収縮によりフランジ継手に緩みが生じ漏えいに至ることがあります。そこで、高温で使用する機器のフランジ継手のボルトを締付ける際には、高温状態で増し締めを行う必要があります、これをホットボルティングといいます。ホットボルティングの実行には、予めフランジ、ボルト、ガスケットの温度分布の経時変化を解析する必要があります。

○ 硫黄の固化

硫黄の融点は約 120℃であり、配管等の温度が低下すると、配管内で硫黄が固化するため、そのままの状態では運転を継続すると内圧が上昇して配管等が損傷することがあります。

第3章 事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント

事故防止対策の考え方として、事業者の行う業務面に着目したアプローチがある。事業者は事業所内における施設や装置を安全第一という思想のもとに設計し、その設計・計画通りに安全に配慮しつつ現場において施工を行い、施設や装置の運用開始後は、日々の業務において安全最優先で維持管理していくことが重要である。

つまり、事故を未然に防止するためには、事業者は「設計面・施工面・維持管理面」という3つの各業務に留意していくことが大切である。

これらの各業務について、「事故の発生状況」、「事故事例」、「事故防止のポイントと具体的な対策事例」として事故防止対策をまとめた。

本章の構成をまとめたものを、次ページに示す。

< 3 章の構成 >

3.1 設計面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント			
(1) 設計不良による事故の発生状況			
(2) 設計面における事故事例			
ア 爆発事故	全業態 (表1.1.1)		
イ 火災事故	化学工業 (表1.2.1)	鉄鋼業 (表1.2.2)	石油製品等製造業 (表1.2.3)
ウ 漏えい事故	石油製品等製造業 (表1.3.1)	化学工業 (表1.3.2)	電気業 (表1.3.3)
(3) 設計面における事故防止のポイントと具体的な対策事例			
・事例No① 粉塵爆発に対する配慮			
・事例No② 静電気による火災に対する配慮			
・事例No③ 内圧上昇による漏えいに対する配慮			

3.2 施工面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント			
(1) 施工不良による事故の発生状況			
(2) 施工面における事故事例			
ア 爆発事故	全業態 (表2.1.1)		
イ 火災事故	化学工業 (表2.2.1)	石油製品等製造業 (表2.2.2)	鉄鋼業 (表2.2.3)
ウ 漏えい事故	石油製品等製造業 (表2.3.1)	化学工業 (表2.3.2)	電気業 (表2.3.3)
(3) 施工面における事故防止のポイントと具体的な対策事例			
・事例No① 適切な材料や機器の選定			
・事例No② フランジ継手からの漏えいに対する配慮			
・事例No③ 電気設備の火災に対する配慮			
(4) 施工面における留意すべきポイント【イラスト】			
・工事事例から見た施工面における配慮ポイント			

3.3 維持管理面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント			
3.3.1 人的要因			
(1) 人的な維持管理面による事故の発生状況			
(2) 人的な維持管理面における事故事例			
ア 爆発事故	全業態 (表3.1.1.1)		
イ 火災事故	鉄鋼業 (表3.1.2.1)	化学工業 (表3.1.2.2)	石油製品等製造業 (表3.1.2.3)
ウ 漏えい事故	石油製品等製造業 (表3.1.3.1)	化学工業 (表3.1.3.2)	電気業 (表3.1.3.3)
(3) 人的な維持管理面における事故防止のポイントと具体的な対策事例			
・事例No① 火気使用時における配慮			
・事例No② 作業時のヒューマンエラーに対する配慮			
(4) 人的な維持管理面における留意すべきポイント【イラスト】			
・溶接作業時の火災予防のポイント		・解体・清掃作業時の火災予防のポイント	
・危険物等取扱い時の火災予防のポイント		・保守・点検時の火災予防のポイント	
・危険物等取扱い時の漏えい予防のポイント		・保守・点検時の漏えい予防のポイント	

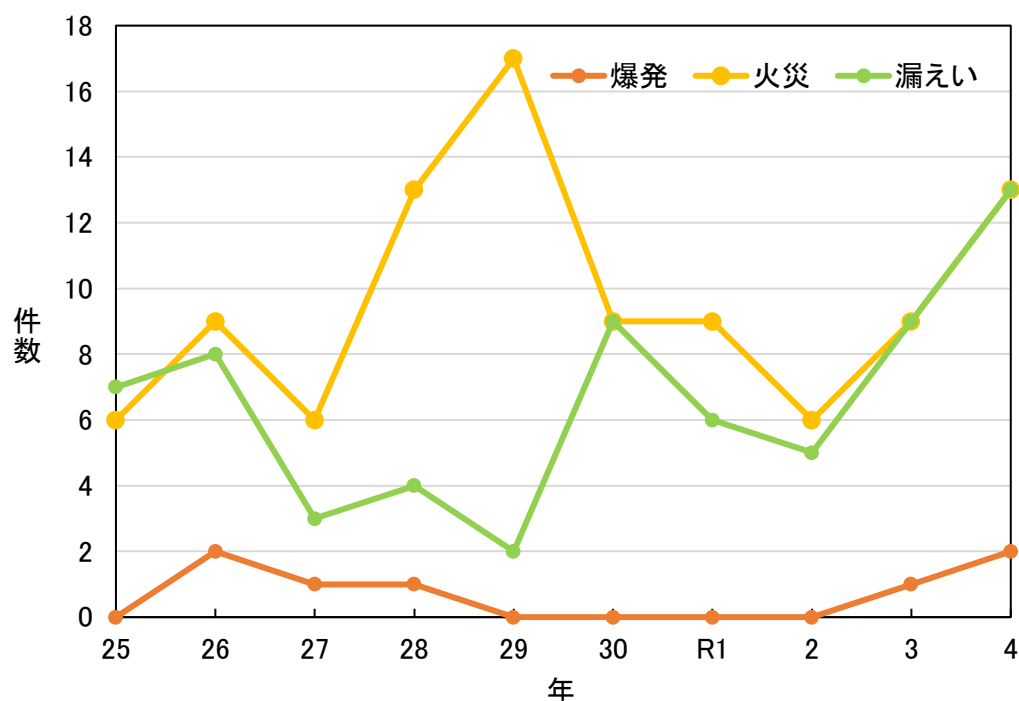
3.3.2 物的要因			
(1) 物的な維持管理面による事故の発生状況			
(2) 物的な維持管理面における事故事例			
ア 爆発事故	全業態 (表3.2.1.1)		
イ 火災事故	鉄鋼業 (表3.2.2.1)	石油製品等製造業 (表3.2.2.2)	化学工業 (表3.2.2.3)
ウ 漏えい事故	石油製品等製造業 (表3.2.3.1)	化学工業 (表3.2.3.2)	電気業 (表3.2.3.3)
(3) 物的な維持管理面における事故防止のポイントと具体的な対策事例			
・事例No① 長期使用による素材の劣化に対する配慮			
・事例No② 保温材下腐食 (CUI) に対する配慮			
(4) 物的な維持管理面における留意すべきポイント【イラスト】			
・事故事例から見た物的な維持管理における主な配慮ポイント			

※ 表番号は、巻末資料（事故事例集）の表番号を示す。

3.1 設計面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント

(1) 設計不良による事故の状況

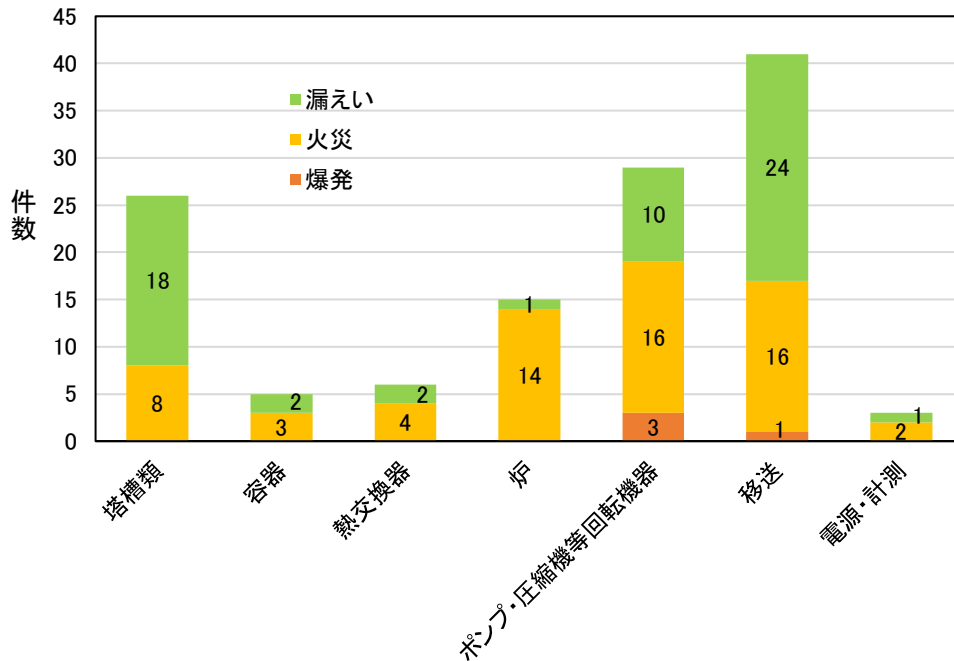
設計面における事故防止対策を考察するにあたり、事故の状況を分析した。設計不良による事故件数の推移を図 3.1.1 に示す。



【図 3.1.1 設計不良による事故件数の推移】

設計不良による事故は、令和4年に合計28件（爆発2件、火災13件、漏えい13件）を記録し、過去10年で最も多くなっている。また、近年、漏えいによる事故が増加傾向にあるといえる。

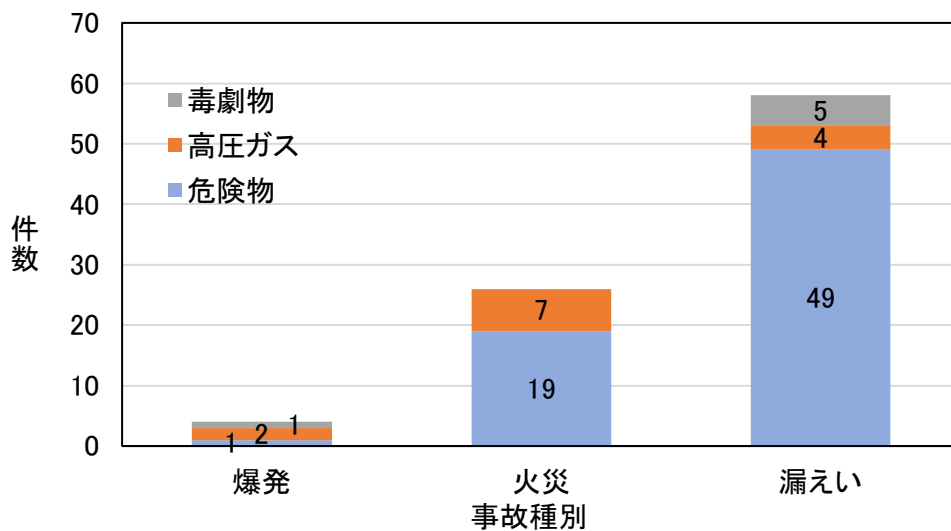
次に、設計不良における発生機器別の事故発生件数を図 3. 1. 2 に示す。



【図 3.1.2 設計不良における発生機器別の事故発生件数】
(平成 25 年から令和4年までの合計値)

設計不良による事故は、移送、ポンプ・圧縮機等回転機器、塔槽類において多く発生していることが分かる。また、爆発事故は、ポンプ・圧縮機等回転機器で多く発生している。

次に、設計不良における起因物質別の事故発生件数を図 3. 1. 3 に示す。



【図 3.1.3 設計不良における起因物質別の事故発生件数】
(平成 25 年から令和4年までの合計値)

起因物質別では、施設数が分からず一概には比較できないが、危険物による漏えい事故が多く発生している。

(2) 設計面における事故事例

設計面における事故事例を「爆発・火災・漏えい」の3つに区分し、統計データから事故発生機器別に、設計上の事故事例を【表 1.1.1～表 1.3.3】として巻末資料にまとめた。

ア 爆発事故

爆発事例は、火災事例や漏えい事例と比べて件数が少ないことから、平成 25 年から令和 4 年までの 10 年間のデータを使用し全業態の事例を抽出した。

表 1.1.1	全業態
---------	-----

イ 火災事故

火災事例は、平成 30 年から令和 4 年までの 5 年間のデータを使用し、事故の多く発生している順に 3 業態を抽出した。

表 1.2.1	化学工業
表 1.2.2	鉄鋼業
表 1.2.3	石油製品等製造業

ウ 漏えい事故

漏えい事例は、平成 30 年から令和 4 年までの 5 年間のデータを使用し、事故の多く発生している順に 3 業態を抽出した。

表 1.3.1	石油製品等製造業
表 1.3.2	化学工業
表 1.3.3	電気業

(3) 設計面における事故防止のポイントと具体的な対策事例

事故事例を踏まえると、設計面における事故防止のポイントは以下のとおりである。

安全の確保のために、設計段階では、プラントの内部流体、圧力、温度などの運転条件に加えて立地などの環境要因を把握した上で、経年に伴う設備の劣化と損傷を考慮して、適切な材料、部材厚さの選定などが行われている。また、高温、高圧、可燃性物質などのリスク源に対して、適切な安全装置を設置し、人はミスをする、装置は故障する、を前提として、フールプルーフ、フェイルセーフの設計思想をとり入れてきた。

このような設計面での安全上の配慮事項について、プラントを保守・点検する管理側に伝えていくことが重要であり、管理側においては、設計面での配慮事項を十分に認識した上で、設備の点検、補修・交換などを行っていくことが重要である。

爆発では、粉塵に起因する事例が多い。粉塵を堆積させないことが基本であるが、構造的に堆積しやすい場所もあり、定期的な清掃が必要である。また、粉体の移送では帯電防止と静電気除去が重要である。【具体的な対策事例→No.①】

火災では、ベルトの空転、ベルトコンベア及び巻取り装置等の搬送関連のトラブルに起因する事例が多い。設計通りの性能を維持するには、ベルト、ローラ等の摩耗、張力等の日常の点検が重要である。また、異常検知、自動停止装置の設置も有効である。

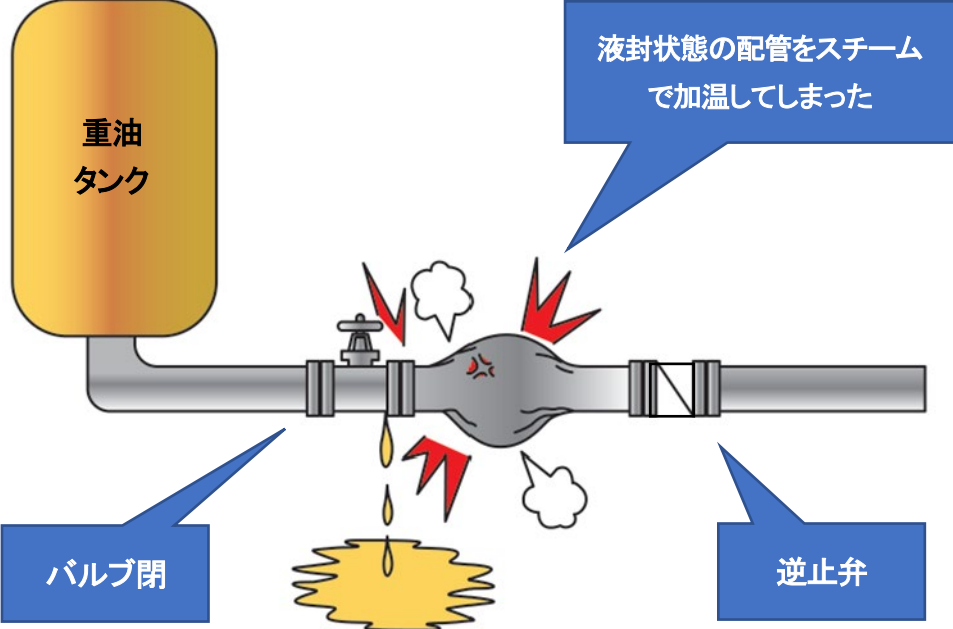
また、静電気に起因する事故が散見されることから、設計段階において帯電防止措置を適切に講じていく必要がある。【具体的な対策事例→No.②】

漏えいでは、内圧上昇に起因する事例が多いが、内圧上昇の原因は内部流体の粘性上昇、異物の混入、発熱、バルブの液封、水撃作用等、様々である。温度、圧力、流量等の運転状態の把握が重要である。【具体的な対策事例→No.③】

事故事例を踏まえ、設計面において多く発生している事例を3つ選び、発生原理、多く発生している箇所及び対策事例を具体的な対策事例としてまとめた。

設計面 事例No.① 【粉塵爆発に対する配慮】
1. 発生原理
粉塵爆発は、「気体中の十分な酸素濃度」、「爆発下限濃度以上の可燃物の粉塵の浮遊」、「最小着火エネルギー以上の着火源」の3条件が揃うことで発生する。 また、粉体の危険度は、「粒子の大きさ」、「爆発下限濃度」「最小着火エネルギー」の3つによって評価され、それぞれが小さいほど危険度は上昇する。
2. 多く発生している箇所
粉砕機（ミル、ベルベライザー、アトマイザー）、分級機（ふるい）で粉塵爆発が発生している。その他、乾燥機、集塵機、バケットエレベーター、ホッパーなどの製造工程でも発生する。
3. 対策事例
粉塵爆発の3条件を揃えさせないことが対策の基本的な考え方であり、以下のような設計上の配慮が有効である。 ○粉塵管理の徹底：粉体の飛散防止、集塵機の設置、こまめな清掃・換気。粉塵を堆積させない（一次爆発の爆風で堆積していた粉塵が飛散し、二次爆発が発生する）。 ○粉塵の潜在危険性の確認：SDSの確認（危険性の認識不足）、爆発性試験。 特に注意を要する粉塵は、微粉炭、樹脂粉、金属粉、廃棄物類（木くず、紙粉、穀物粉） ○着火源管理の徹底：静電気除去、帯電防止、ベルトコンベア等の点検整備（ベルトスリップによる摩擦熱）、電気設備の防爆化、金属片などの異物混入・落下対策（摩擦・衝撃による発熱） ○温度管理、ガスの不活性化、粉塵粒子の粗大化、粉体を高濃度で輸送、不活性粉体の混入 ○爆発放散口などの爆発防護装置の設置による被害低減

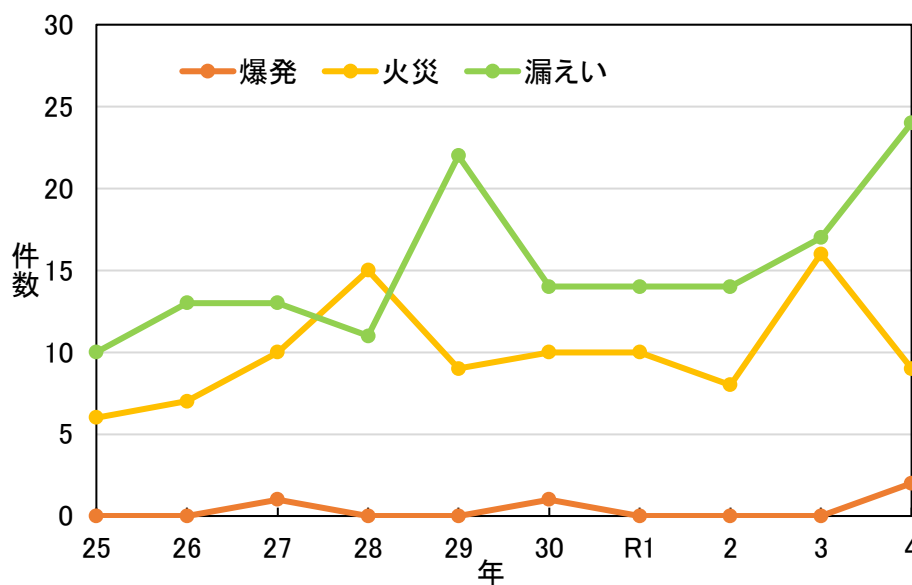
設計面 事例No.② 【静電気による火災に対する配慮】
1. 発生原理
静電気は、異なる材質の2つの物質の接触、摩擦、衝突等によって発生し、それによって物質が強く帯電すると、静電気放電を起こす。 可燃性ガス、可燃性物質が存在し、かつ大気中の酸素が混入している状態では、最小着火エネルギー以上の静電気放電によって着火する。
2. 多く発生している箇所
大気流入があったタンク、残油パージ中の配管、逆流により漏えいした配管、粉体捕集容器、破裂板の作動で静電気放電による火災が発生している。 すなわち、漏えい、噴出、又は大気の流れ等によって可燃性ガス・液体・粉体と酸素が存在している場所である。
3. 対策事例
静電気による火災を防止するためには、静電気の発生を抑制すること、または、静電気が発生しても帯電させないようにすることが有効である。火災の前段階の1次事象である漏えいの防止が基本的な対策として重要である。 ○静電気の発生抑制：流速を下げる（破裂板の放出管の吹出し面積の確保） ○帯電防止措置：タンク、容器、配管にアースを設置して流動帯電を低減 ○逆流防止・混入防止への配慮：可燃性ガスや可燃性物質が残留しているタンク又はラインに空気（酸素）が入らない構造とする。

設計面 事例No.③ 【内圧上昇による漏えいに対する配慮】
1. 発生原理
想定を超えた圧力の発生による内部流体の漏えい。 内圧上昇の要因は、異物による閉塞、液封、異常反応による内部流体の粘性上昇、温度低下による凝固・凍結、ウォーターハンマー現象など。
2. 多く発生している箇所
漏えいが生じているのは、配管のフランジ継手、閉止フランジ、ポンプのメカニカルシール、混合槽のブリーザーバルブである。 ただし、内圧上昇の要因は、漏えい部位（フランジ継手など）とは、直接の関係はない。

3. 対策事例
○スラッジによるバルブの閉塞を想定し、対策する。 ○液封に対しては、バルブを適切に配置すること。例えば、逆止弁と他の弁の組合せによって液封状態を生じることへの配慮が必要である。 ○硫黄の粘性上昇、固化、閉塞に対しては、配管、継手、機器類は保温により適切な温度管理を行う。 ○水分凍結に対しては、行き止まり配管、保温施工無し配管、遊離水が発生する箇所の凍結防止対策を講じる。 ○反応槽においては、槽温度の適切なモニターと反応熱に応じて冷却水量を制御できるシステムとする。 ○ウォーターハンマー現象に対しては、衝撃が他の機器に作用しない設計とする。

3.2 施工面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント

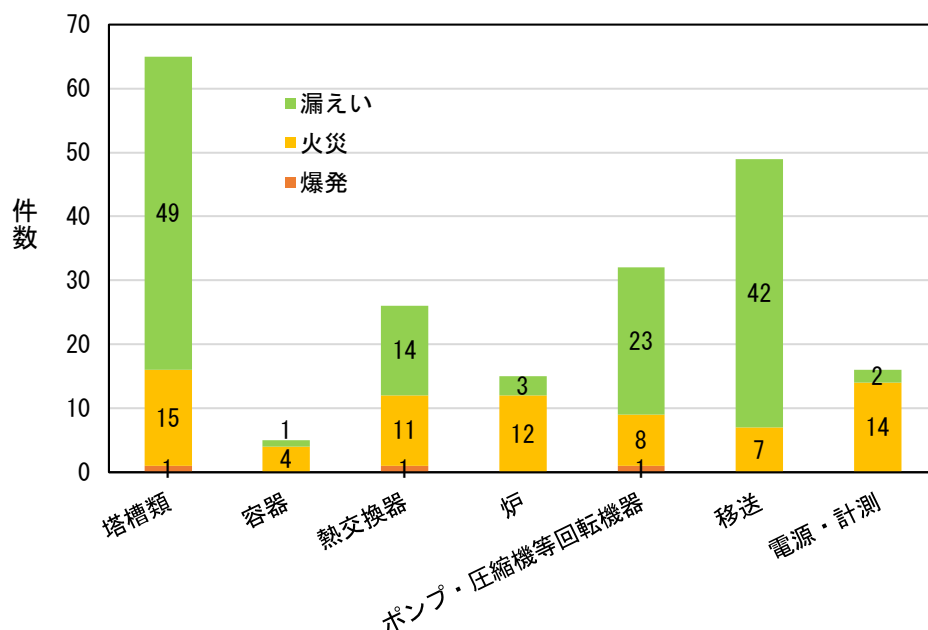
(1) 施工不良による事故の状況

施工面における事故防止対策を考察するにあたり、事故の状況を分析した。施工不良による事故件数の推移を図 3.2.1 に示す。



【図 3.2.1 施工不良による事故件数の推移】

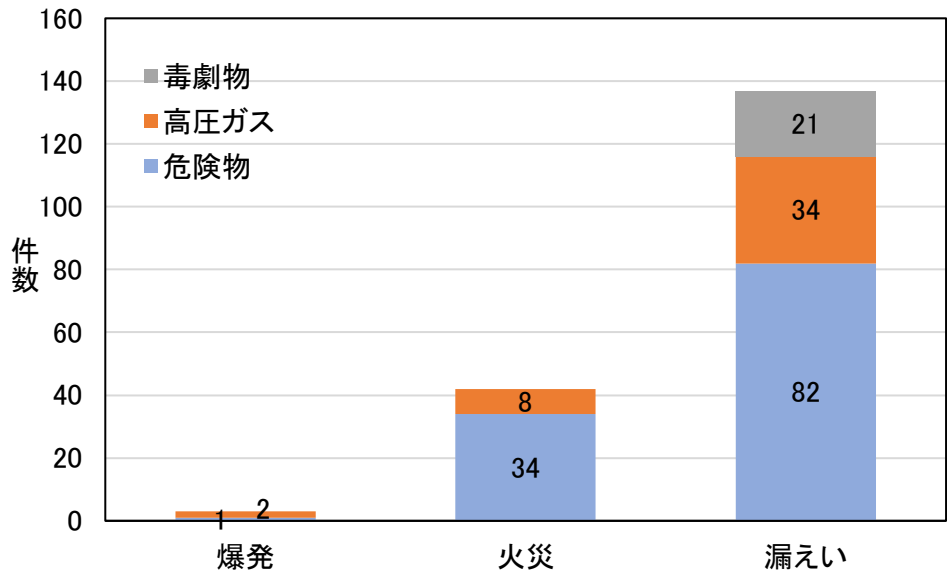
施工不良による事故のうち漏えい事故は、近年増加傾向にあることがわかる。次に、施工不良における発生機器別の事故発生件数を図 3.2.2 に示す。



【図 3.2.2 施工不良における発生機器別の事故発生件数】
(平成 25 年から令和 4 年までの合計値)

施工不良による事故は、塔槽類や移送において多く発生していることが分かる。

次に、施工不良における起因物質別の事故発生件数を図 3. 2. 3 に示す。



【図 3.2.3 施工不良における起因物質別の事故発生件数】
(平成 25 年から令和 4 年までの合計値)

起因物質別では、施設数が分らず一概には比較できないが、危険物による漏えい事故が多くなっている。

(2) 施工面における事故事例

施工面における事故事例を「爆発・火災・漏えい」の 3 つに区分し、統計データから事故発生機器別に、施工上の事故事例を【表 2. 1. 1～2. 3. 3】として巻末資料にまとめた。

ア 爆発事故

爆発事例は、火災事例や漏えい事例と比べて件数が少ないことから、平成 25 年から令和 4 年までの 10 年間のデータを使用し全業態の事例を抽出した。

表 2. 1. 1	全業態
-----------	-----

イ 火災事故

火災事例は、平成 30 年から令和 4 年までの 5 年間のデータを使用し、事故の多く発生している順に 3 業態を抽出した。

表 2. 2. 1	化学工業
表 2. 2. 2	石油製品等製造業
表 2. 2. 3	鉄鋼業

ウ 漏えい事故

漏えい事例は、平成 30 年から令和 4 年までの 5 年間のデータを使用し、事故の多く発生している順に 3 業態を抽出した。

表 2. 3. 1	石油製品等製造業
表 2. 3. 2	化学工業
表 2. 3. 3	電気業

(3) 施工面における事故防止のポイントと具体的な対策事例

事故事例を踏まえると、施工面における事故防止のポイントは以下のとおりである。

事故の防止のためには、プラントの構造及び設計方針を理解した上で、適切な材料を使い、適切な工法により、施工していくことが必要である。施工にあたっては、溶接など施工する作業者の技量によるところも大きく、技量の維持・向上も重要な観点となる。

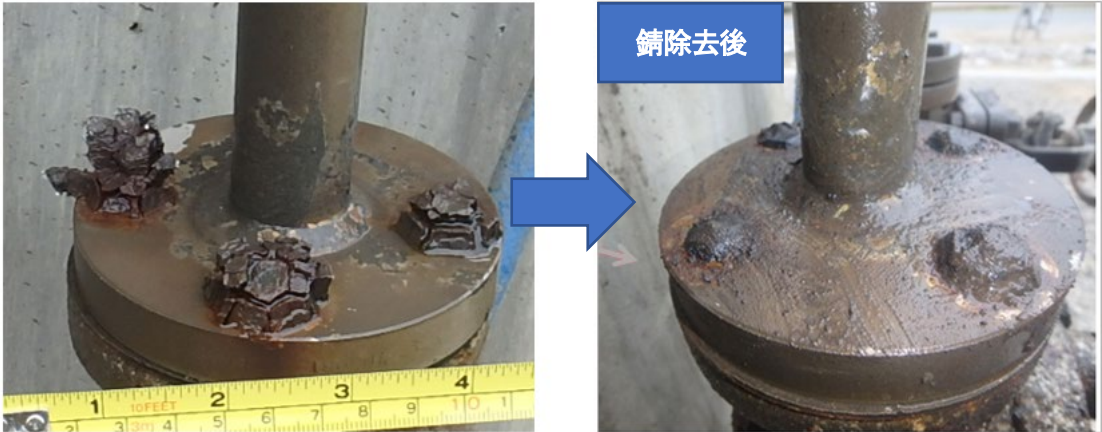
事故で最も多い事例は漏えいであり、さらに漏えいにとどまらず、漏えいした可燃性流体に着火して火災に至る、あるいは漏えいして滞留した可燃性ガスに着火して爆発に至るケースがある。**【具体的な対策事例→No.①】**

石油・化学・火力発電の分野では、ボルトの締付け、又は継手の締付けの問題に起因する漏えい（爆発及び火災の1次事象としての漏えいを含む）が多く、塔槽類、熱交換器、ボイラー、配管、回転機器等のあらゆる設備、装置において発生している。ボルトの締付けでは、トルク管理等の勘に頼らない確実な施工が必要である。ガスケット等のシール部品の施工不良に起因する漏えいも多く、その内容として、ボルト締付け不良が最多であるが、ガスケットの偏心などの取付け不良、ガスケット面への異物の付着、シール部品の型式、サイズ、又は材質の違いも含まれる。

1次事象である漏えいを起こさないことが第一に求められるが、漏えい後の2次事象である火災、爆発を防止し、事故の拡大を阻止することも重要である。例えば、漏えいした熱媒油が保温材に染み込むと蓄熱して発火するため、放置せず速やかな除去が必要である。**【具体的な対策事例→No.②】**

全業種に共通して、火気を伴う溶接、溶断、グラインダー作業では、防火シートによる火気養生、周囲にあるスラッジ等の可燃物の除去・撤去が重要である。さらに、電気設備の施工不良に伴い、ケーブルの短絡やトラッキング火災も発生していることから、工事施工計画書等を再確認するとともに、現場にて適切かつ確実な電気工事を行うことが必要である。**【具体的な対策事例→No.③】**

事事故例を踏まえ、施工面において多く発生している事例を3つ選び、発生原理、多く発生している箇所及び対策事例を具体的な対策事例としてまとめた。

施工面 事例No.① 【適切な材料や機器の選定】
1. 発生原理
設備の施工時に不適切な材料を選定することで異種金属が接触し、機器の腐食が急速に進行し漏えいに至るほか、酸性液体に対して耐食性の低い材質のフランジを選定したことで腐食が進行する。また、施工時に誤った電気機器を選定することで回路が高負荷となり、接続された分電盤や当該機器に過電流が流れ発熱して出火に至る。
2. 多く発生している箇所
異種金属が接触しやすい配管相互のフランジ継手、配管サポート部、バルブ、ノズル、計装機器及び設計思想と異なる機器を設置したことによる当該機器や接続された関連機器
3. 対策事例
設備の設計時に適切な材料や機器を選定するとともに、適切な工法で施工することが基本的な考え方であり、以下のような配慮が有効である。 ○異種金属の接触をさける。異種金属によるフランジ継手では絶縁フランジを用いるなどの対策が必要な場合がある。また、ステンレス鋼製フランジと炭素鋼製ボルト・ナットの組合せでは、炭素鋼製ナットの腐食が促進される。

【ステンレス鋼製フランジと炭素鋼製ボルト・ナットの組合せによる異種金属接触腐食の実例】
○配管を施工する際は、取り扱う物質の耐食性を適正に把握し、適切な材質を選定すること。 ○配管のフランジ接続において、使用するボルトは適切な長さの型番を確認し、確実な締付け力を得るようにすること。 ○変電所内のモーター制御用開閉装置が高負荷とならないよう、設計図面を再確認し適切な出力のモーターを設置すること。

施工面 事例No.②

【フランジ継手からの漏えいに対する配慮】

1. 発生原理

フランジ継手は、フランジ、ガスケット、ボルト・ナットの3つの要素で構成されている。ガスケットが密封性能を発揮するためには、ボルトの確実な締付けが重要である。

2. 多く発生している箇所

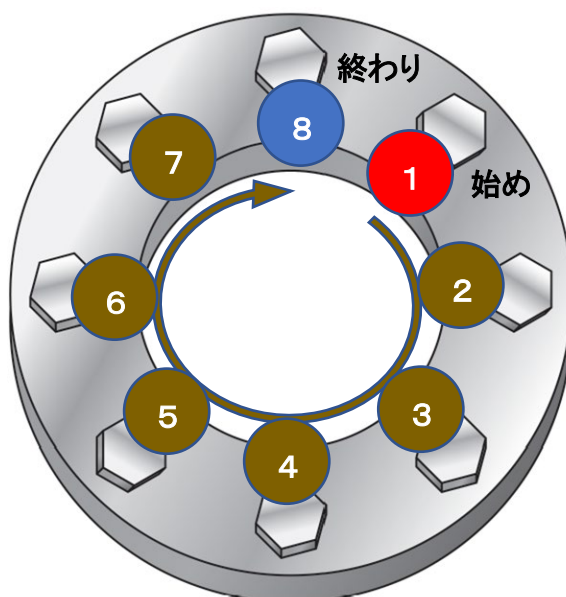
熱交換器、ポンプ、熱媒油配管で発生している。

フランジ継手における、運転温度の変動、雨水がかかることによる急な温度変化、振動、ガスケットの面圧低下/不足、フランジの片締め、ガスケットの過度な締付け、フランジ面への異物付着などが漏えいの原因となっている。

3. 対策事例

圧力、温度、内部流体の諸条件に対して、適切なフランジ形式、適切なガスケットを選択し、適切なボルト締付けにより、フランジ組立を行う。施工後は、温度変動及び経年に伴うガスケットの面圧低下に注意が必要である。

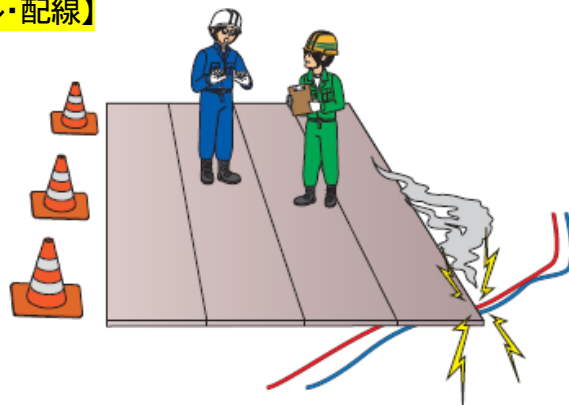
- フランジ組立前に、フランジ面に有害な傷、異物等がないことを確認する。
- ボルト・ナットは点検してから、潤滑剤を塗布しておく。締付け管理には、トルクレンチを用いることが推奨される。
- 新規のガスケットを使用する。短時間の使用であっても再使用しないこと。
- フランジ同士のアライメントに注意し、及びガスケットを偏心させないように組み立てる。
- ボルト締付け後の最終確認として、ボルトの周回締付けを繰り返し、全てのナットが動かないことを確認する。
- 組立後に、フランジ面間距離が一様であることを確認する。



「ボルトの周回締付け」の確認手順

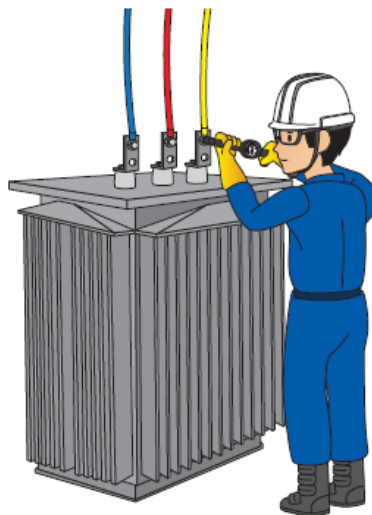
施工面 事例No.③ 【電気設備の火災に対する配慮】	
1. 発生原理	電気設備の施工不良に伴い、ケーブルの短絡、地絡、トラッキングによって、火災が生じている。
2. 多く発生している箇所	配電盤、分電盤、変圧器等の電気設備
3. 対策事例	工事施工計画書等を確認するとともに、現場にて適切かつ確実な電気工事を行うことが必要である。 ○電源供給ケーブル敷設時の圧迫による地絡：作業時は、鋼板製床面に圧迫されないよう、敷設要領を確認。【ケーブル・配線】 ○電気工事において絶縁すべき箇所には、電気絶縁用ビニールテープによる施工の徹底を仕様書に明記（通電）。【ケーブル・配線】 ○変圧器の BUS バー接続部は、緩みが生じないように規定トルクで締め付けるよう、施工管理を徹底（短絡防止）。【変圧器】 ○電磁接触器の誤配線の防止：工事施工計画書の作成、現場施工時の内容確認（過電流）。【配電盤】 ○電磁開閉器作動時は大きな振動が生じるため、仮設の電磁リレーであっても、適切な方法により固定し施工すること。【配電盤】 ○変圧器の接触による短絡事故の防止：耐圧強化版絶縁紙を装着するなどの対策を講じること。【変圧器】 ○ケーブル接続部の接触抵抗増大：圧着不足によるケーブルの緩みを防止するため、専用の配電盤内の端子台を使用して接続。【配電盤】 ○高圧配電盤の活線範囲における作業時：ロックアウトの徹底、活線範囲を監視する者を別に配置（通電）。【配電盤】 ○人の往来がある位置への電気配線を施工：床下のトレンチ内に敷設するなど、配線が損傷しないよう留意（短絡）。【ケーブル・配線】 ○絶縁低下によるトラッキングの防止：建屋への送電線を施工する際は碍子を適切な位置に設置。【ケーブル・配線】 ○クレーンのパンタグラフにトロリーホイールを施工する際、正規の方法で割りピンを取付けるよう注意すること（短絡）。【その他の機器】 ○アーク溶接機の過電流：適切なケーブルが接続されていることを確認。【その他の機器】 ○フォークリフトのバッテリーケーブルの短絡：電気ケーブルを適切に施工し、ケーブル被覆の損傷に注意すること。【その他の機器】

【ケーブル・配線】



ケーブルの敷設は、敷設要領を確認の上、実施する。

【変圧器】



BUS バーとケーブルの接続は、トルクレンチ等を用い、規定トルクで締め付ける。

【配電盤】

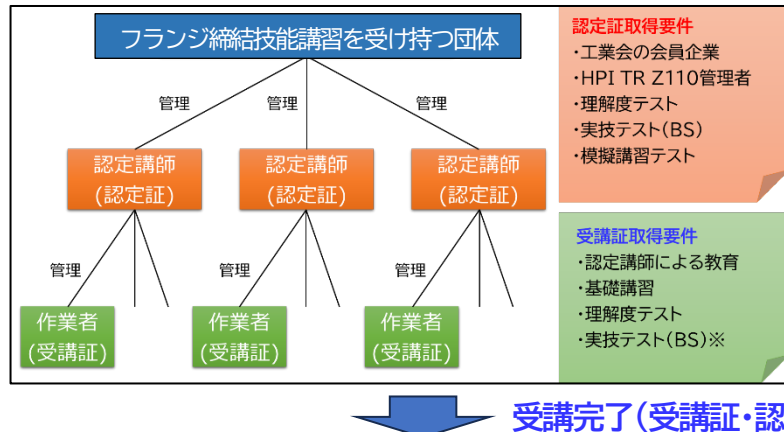


誤配線を防止するために、工事施工計画等を作成し、現場施工時に確認する。

コラム 「外部講習を利用したフランジ締結に係る認定制度」

○概要

フランジ締結作業における施工品質の確保・向上を目的として、専門の外部講習を通じた認定制度を導入している。この制度では、フランジ締結に関する基礎知識の教育とボルティングシミュレータを用いた技能確認などの技能講習を受講し、認定を受けた者のみが締結作業を行う資格を得ることができる。有資格者による作業で、知識不足や施工ミスによるフランジからの漏えいを防止することを期待している。



<事業所教育>

認定作業員へフランジ締結に関わるトラブル事例の資料を用いた補足教育を実施

補足基礎教育（フランジ締結トラブルの事例）	補足基礎教育（フランジ締結トラブルの事例）
✓ 事例）ガスケット間違い 【要因】思い込みによる1B・300LBと3/4B・300LBガスケットの誤挿入及び監督者の確認抜け 【教訓】ガスケットサイズ、仕様の照合は作業員一人一人が確実に新旧重ね合わせを確認を！ 枠心は照合することを現場指導！ ↓間違いやすいガスケットの例(赤枠が今回の事例) ガスケットのサイズ違いで弊害あり！ 1件のガスケットサイズ間違いで、大きな損失が発生！！ また熱油が漏洩して火災となる危険性があった！ 火災であれば消防による手荷物搬取が大変なことになった可能性も！	✓ 事例）リングジョイントフランジの総合気密テスト不合格 【要因】適切なアライメント（フランジの平行度、隙間、芯ずれ）で締結されていなかった 【教訓】フランジを締結する際は、平行度、隙間、芯ずれに注意！！ リングジョイントは特に「片締め」や「面間のズレ」が原因でリークが発生します！！ もともとズレているフランジは無理やり締めこまず、面間を合わせるように徐々に締めこむ！！ ずれがある状態で無理やり締めこまない事！ 元々ズレているフランジは、無理やり締めこまないで、フランジ面間を合わせるように、締付け順序に注意して締め込む！ 特にリングジョイントガスケットは、芯ズレを起さないように注意！ 不適切なアライメントのイメージ図

認定作業員としてフランジ締結を実施可能

○取組みの効果

専門的な知識と技術をもつ作業員がフランジ締結作業を担当することで、

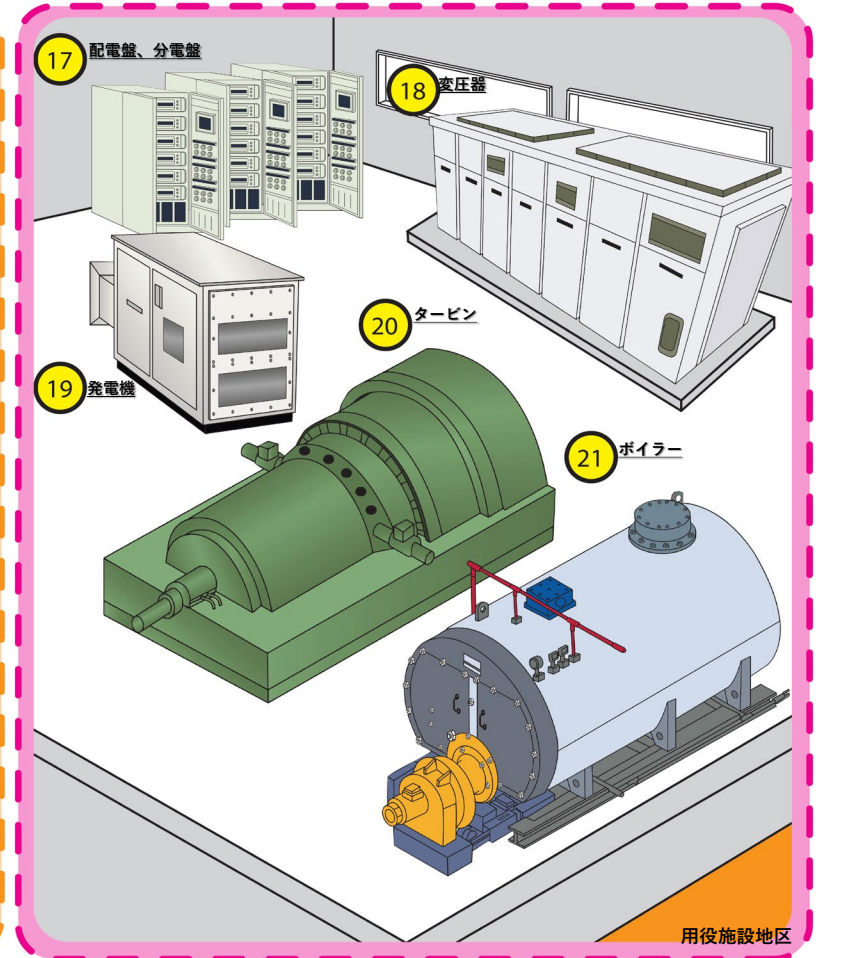
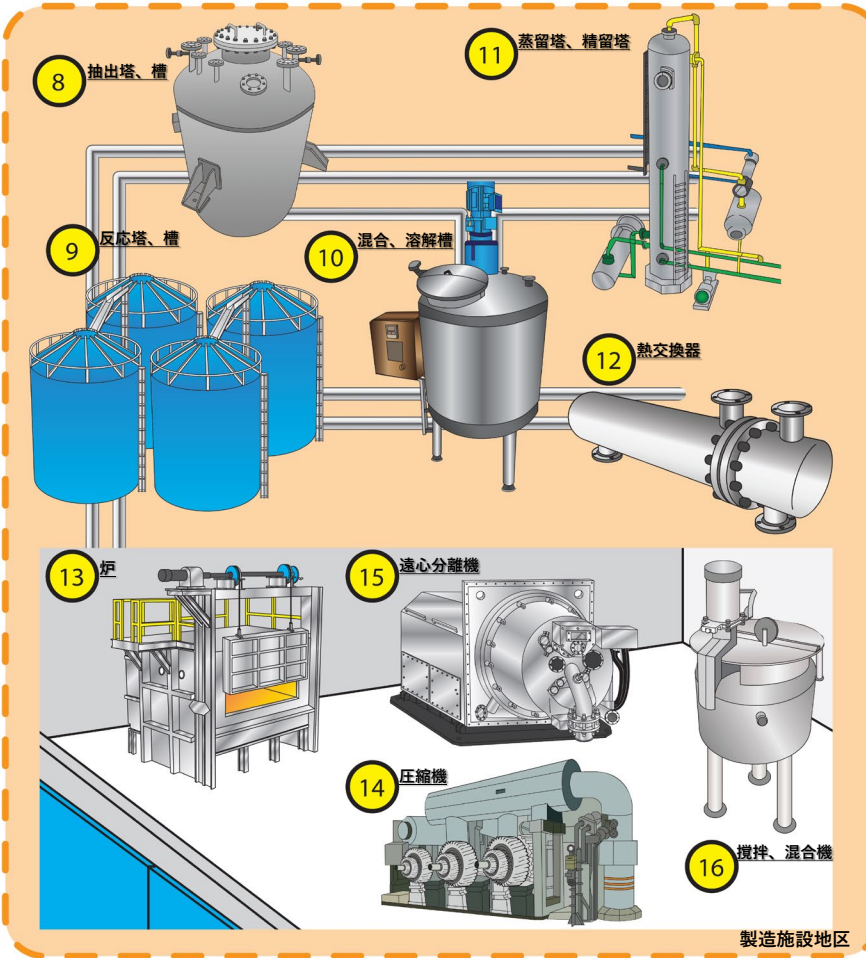
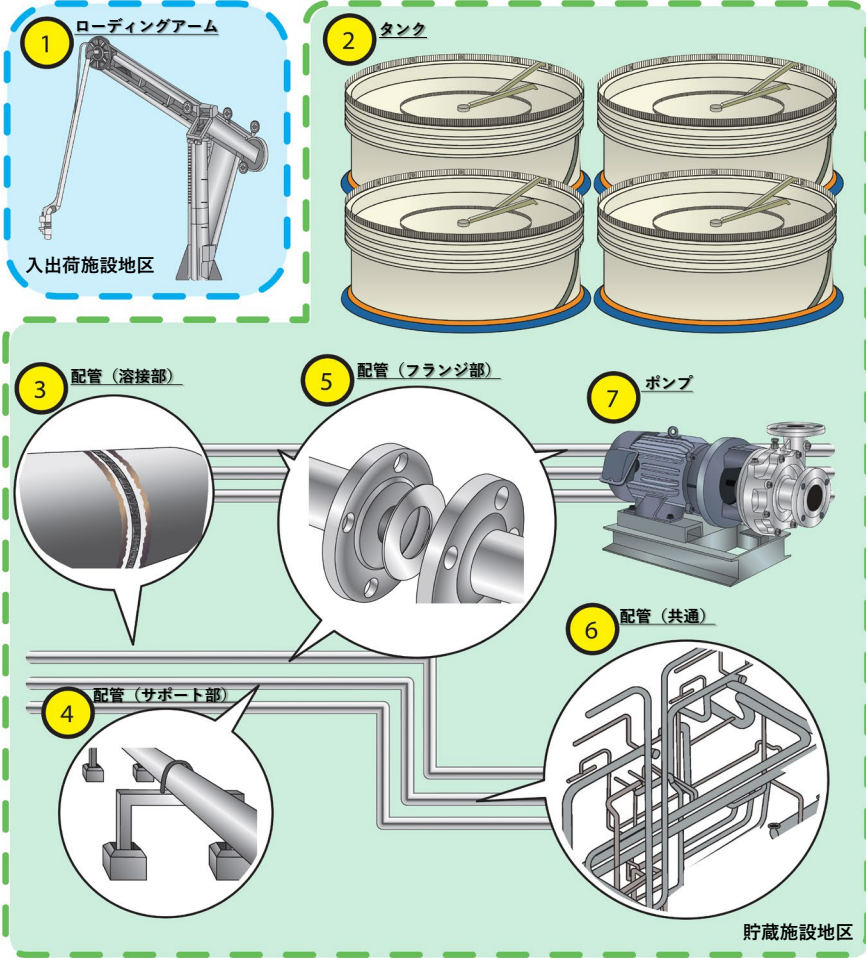
- ・ガスケット面の点検・整備不足
- ・ガスケットの寸法選択の誤り
- ・フランジの当たり面の確認不足
- ・フランジの締め付け不足、片締め、面間のズレの発生

等による漏えい事故が減少しており、この傾向は、フランジ締結作業の信頼性を高める上で、認定制度が重要な役割を果たしていることを示している。

(4) 施工面における留意すべきポイント【イラスト】

従業員教育に活用してもらうため、事故が多く発生している箇所をイラストにまとめた。

事故事例からみた施工面における配慮ポイント



No	機器等名称	発生要因	配慮ポイント	No	機器等名称	発生要因	配慮ポイント		
1	ローディングアーム	ボルトの締付けの問題	☐ ボルトの締付け不足はないか（油圧ホースネジ継手など、狭隙部でトルクレンチが使用できない場合は、加圧試験を実施するなど適切な締結の確認を行っているか）	10	混合、溶解槽	取付け不良	☐ 送液チューブは確実に取り付けられているか（コーキングが脱落しないよう確認しているか）		
		ボルトの締付けの問題	☐ ボルトの締付け不足、過度の締付けはないか（ホットボルティングなど、ボルトの締結確認は確実に実施されているか）	11	蒸留、精留塔	施工内容の間違い	☐ フランジ等の材質は適切か（取り扱う危険物への耐食性等は有しているか）		
		工事時の措置不良	☐ 配管工事の縁切りは、適切な仕切り板を使用しているか（ジョイントシートなどを使用していないか）	12	熱交換器	ボルトの締付けの問題	☐ 不要な場所に断熱材が取り付けられていないか		
2	タンク	工事時の措置不良	☐ 火気作業時は、滞留の可能性がある場所（溶接部や屋根板の裏側など）の油分が確実に除去されているか			☐ ボルトの締付け不足はないか（不均一な締付けはないか、ホットボルティングは行ったか）			
		施工内容の間違い	☐ フランジ部工事の際、芯ずれは生じていないか			☐ 膨張係数の違うチューブシートとチャンネルフランジを使用していないか（熱ひずみによるシール圧低下の恐れはないか）			
		取付け不良	☐ 接続するフランジの材質、強度、型式は適切か（材質の異なるフランジ同士を接続していないか）			施工内容の間違い	☐ ガスケットの材質は適切か		
3	配管（溶接部）	取付け不良	☐ フランジ部工事の際、ガスケットは交換されているか（ガスケット当り面に高粘度の油等の異物が付着していないか）			取付け不良	☐ ガスケットはずれが生じないよう取り付けられているか		
		溶接不良	☐ 保温材の施工方法は適切か（保温材の合わせ目は雨水が浸入しないよう下向きとなっているか）	13	炉	ボルトの締付けの問題	☐ ウェザーフードは確実に取り付けられているか（隙間から雨水が侵入しないようシール加工等により措置されているか）		
		溶接不良	☐ 溶接時はスラグの巻き込み等の溶接不良に注意し、溶接後に外観検査を確実に実施しているか			☐ ガスケット部の締付け不足はないか			
4	配管（サポート部）	溶接不良	☐ 突き合わせ溶接時の溶け込み不良はないか（放射線検査や気密試験により確認しているか）			☐ ガスケットの位置は適切か（ガスケットスペーサーリングを活用して当り面の調整をしているか）			
		工事時の措置不良	☐ サポートは配管の熱膨張等による影響が考慮されているか（過大な応力がかけられない形状等であるか）	工事時の措置不良	☐ 工事における保温材の厚みは適切か				
		施工内容の間違い	☐ 応力腐食割れが予想される配管では、溶接によるサポートからウレタンブロックに変更するなど、残留応力を生じさせない施工となっているか	☐ コーキング材の材質は適切か（耐熱温度は十分か）					
5	配管（フランジ部）	ボルトの締付けの問題	☐ サポートは適切なものを選択しているか（可とう継手のサポートはスライドシューにせず、固定サポートとしているか）	14	圧縮機	ボルトの締付けの問題	☐ ボルトの締付け不足はないか（圧力計の圧力開放プラグなどは緩んでいないか）		
		工事時に設備等を損傷したのに気付かず使用	☐ ボルトに過度の締付けはないか			工事時の措置不良	☐ ケーシング部のシリコン系液状ガスケットの塗布量は十分か		
		取付け不良	☐ スイングベントのフランジ部の接続時は、適切な手順により締付けを行っているか。気密テストを実施しているか			施工内容の間違い	☐ 接続する発電機は規定容量を満たしているか		
6	配管（共通）	取付け不良	☐ シートパッキンとボルト穴は一致しているか（締付け時にパッキンが巻き込まれていないか）	15	遠心分離機	ボルトの締付けの問題	☐ 導圧管等の芯ずれ及び引張応力が発生しないよう施工されているか（不適切な長さの配管が使用されていないか）		
		ボルトの締付けの問題	☐ 油圧シリンダー等のホース締結部は、適切なシール材を使用しているか			16	攪拌、混合機	取付け不良	☐ ボルトの締付け不足はないか（ローター、Vプーリーなど）
		設置位置の問題	☐ ユニオン部の締付け不足はないか			17	配電盤、分電盤	ボルトの締付けの問題	☐ 空気抜き配管は確実に取り付けられているか（復旧時などの取り付け忘れはないか）
7	ポンプ	ボルトの締付けの問題	☐ オイルパン設置時は、位置及び形状は適切か	18	変圧器			ボルトの締付けの問題	☐ ケーブルは圧迫された状態で敷設されていないか
		工事時の措置不良	☐ 電気ヒーターの設置範囲は適切か（過密に設置されていないか）					工事時の措置不良	☐ ケーブルの端子部分に緩みはないか
		設置位置の問題	☐ ボルトの締付け不足、過度の締付けはないか（圧力計ソケット部等のトルク管理は適切か、ガスケットが破損するような締付けはないか）			施工内容の間違い	☐ 危険区域の監督員は配置しているか（活線範囲に誤って進入しないよう措置されているか）		
8	抽出塔、槽	ボルトの締付けの問題	☐ メカニカルシール部の締付け不足はないか	19	発電機	施工内容の間違い	☐ 使用する絶縁材は適切か（電気抵抗値の低いゴムシートなどを使用していないか）		
		工事時の措置不良	☐ フランジ締結時、異物の付着はないか			ボルトの締付けの問題	☐ 使用する絶縁材は適切か（電気抵抗値の低いゴムシートなどを使用していないか）		
		取付け不良	☐ シール材等の部品は適切なものが使用されているか（Oリングを使用するところへシートガスケットを使用していないか）			20	タービン	取付け不良	☐ BUSバーの接続部は規定トルクで締付けられているか
9	反応塔、槽	取付け不良	☐ シール材等の部品は適切なものが使用されているか（Oリングを使用するところへシートガスケットを使用していないか）	21	ボイラー	ボルトの締付けの問題	☐ 施工計画書どおりに配線されているか（電磁接触器を交換する際などの誤配線はないか）		
		設置位置の問題	☐ フランジのガスケットは適切なサイズか			設置位置の問題	☐ 変圧器相互の接触はないか（耐圧強化版絶縁紙などにより、確実に接触防止されているか）		
		取付け不良	☐ ボルトの締付け不足、過度の締付け、不均一な締付けはないか			21	ボイラー	ボルトの締付けの問題	☐ 変圧器相互の接触はないか（耐圧強化版絶縁紙などにより、確実に接触防止されているか）
9	反応塔、槽	工事時の措置不良	☐ ボルトの締付け不足、過度の締付け、不均一な締付けはないか	21	ボイラー	ボルトの締付けの問題	☐ 配管の誤接続はないか（エア配管と潤滑油配管など）		
		取付け不良	☐ 火気作業時の養生は十分か、監視体制は適切か（塔外部だけでなく、塔内部も十分に措置されているか）			20	タービン	取付け不良	☐ 配管の管接手ねじ込み接続部の施工時は、接続時に傾きが生じないよう施工されているか
		設置位置の問題	☐ 分解整備時に不要な機器が取り付けられていないか（偏荷重防止のため不要な機器は取り外す）			21	ボイラー	ボルトの締付けの問題	☐ 配管の管接手ねじ込み接続部の施工時は、接続時に傾きが生じないよう施工されているか
9	反応塔、槽	取付け不良	☐ 電磁開閉器等の電気部品は適切な方法で固定されているか（応急補修等の仮設では、振動により電線同士が接触する恐れはないか）	21	ボイラー	ボルトの締付けの問題	☐ ボルトの締付け不足はないか（バーナー先端部の緩みはないか）		
		設置位置の問題	☐ 電磁開閉器等の電気部品は適切な方法で固定されているか（応急補修等の仮設では、振動により電線同士が接触する恐れはないか）			21	ボイラー	ボルトの締付けの問題	☐ ボルトの締付け不足はないか（バーナー先端部の緩みはないか）
		設置位置の問題	☐ 電磁開閉器等の電気部品は適切な方法で固定されているか（応急補修等の仮設では、振動により電線同士が接触する恐れはないか）			21	ボイラー	ボルトの締付けの問題	☐ ボルトの締付け不足はないか（バーナー先端部の緩みはないか）

3.3 維持管理面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント

設計面及び施工面以外の維持管理面における事故の状況について、以下のとおり人的要因（※１）と物的要因（※２）に分類した。

※１ 人的な維持管理面

【維持管理不十分、誤操作、操作確認不十分、操作未実施、監視不十分】

※２ 物的な維持管理面

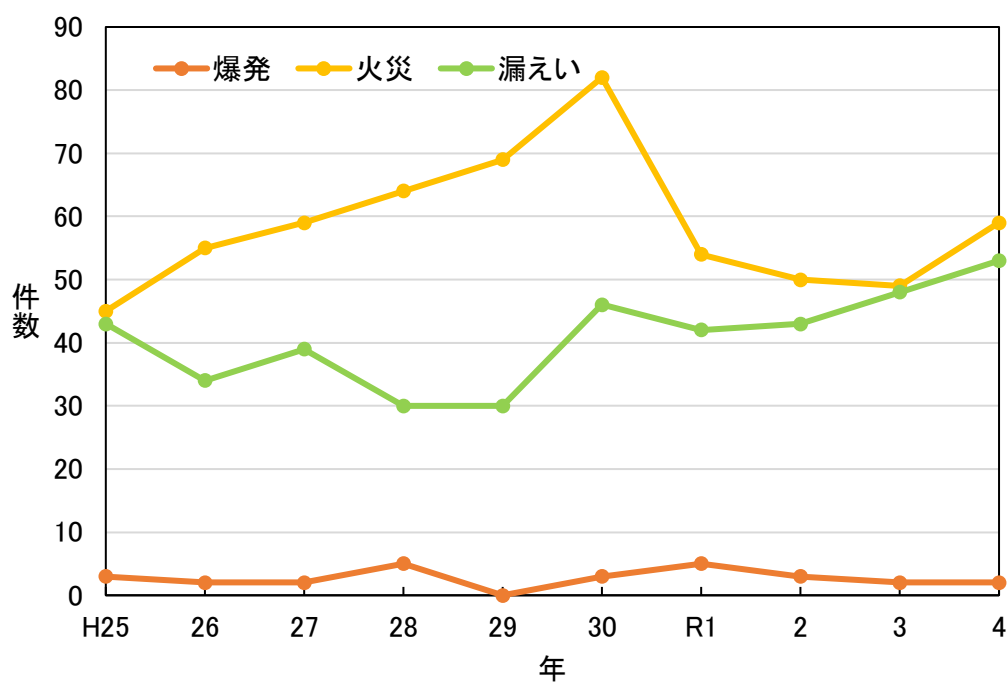
【腐食疲労等劣化、故障、破損】

3.3.1 人的な維持管理面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント

（１）人的な維持管理面による事故の状況

人的な維持管理面における事故防止対策を考察するにあたり、事故の状況を分析した。

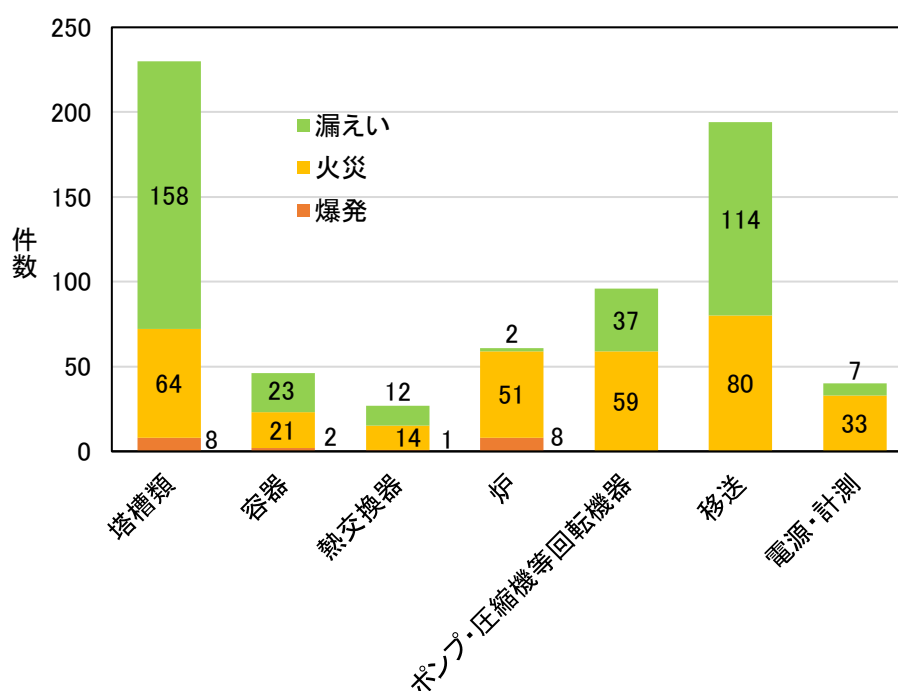
人的な維持管理面による事故件数の推移を図 3.3.1.1 に示す。



【図 3.3.1.1 人的な維持管理面による事故件数の推移】

平成 29 年頃は、火災事故件数が漏えい事故件数の約 2 倍程度で推移していたが、近年はその差が縮まってきていることが分かる。

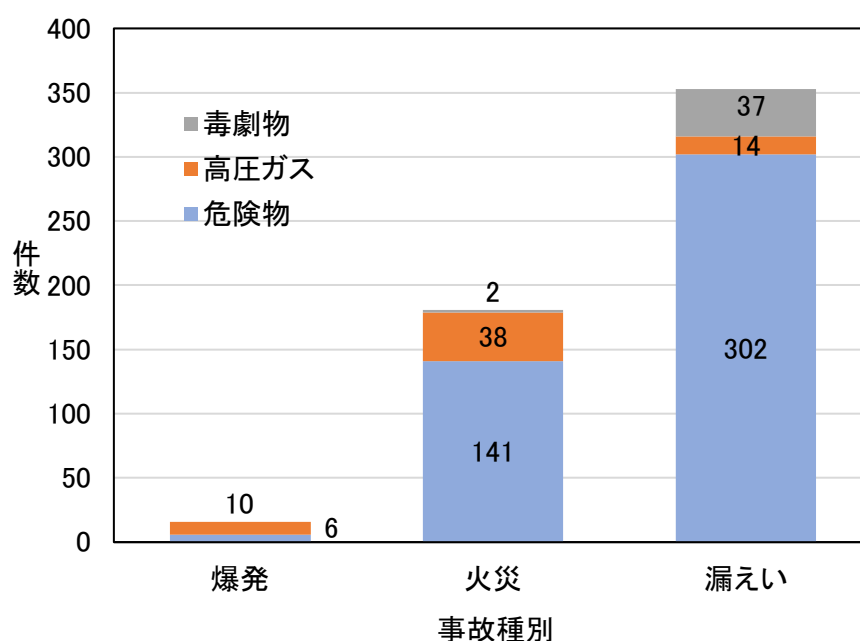
次に、人的な維持管理面における発生機器別の事故発生件数を図 3.3.1.2 に示す。



【図 3.3.1.2 人的な維持管理面における部位別の事故発生件数】
(平成 25 年から令和4年までの合計値)

人的な維持管理面における事故は、塔槽類及び移送において多く発生していることが分かる。

次に、人的な維持管理面における起因物質別の事故発生件数を図 3.3.1.3 に示す。



【図 3.3.1.3 人的な維持管理面における起因物質別の事故発生件数】
(平成 25 年から令和4年までの合計値)

起因物質別では、施設数がわからず一概には比較できないものの、危険物による漏えい事故が他と比較して顕著に多くなっている。

(2) 人的な維持管理面における事故事例

人的な維持管理面における事故事例を「爆発・火災・漏えい」の3つに区分し、統計データから 事故発生機器別に、人的な維持管理面の事故事例を【表 3.1.1.1 ～表 3.1.3.3】として巻末資料にまとめた。

ア 爆発事故

爆発事例は、火災事例や漏えい事例と比べて件数が少ないことから、平成 25 年から令和 4 年までの 10 年間のデータを使用し全業態の事例を抽出した。

表 3.1.1.1	全業態
-----------	-----

イ 火災事故

火災事例は、平成 30 年から令和 4 年までの 5 年間のデータを使用し、事故の多く発生している順に 3 業態を抽出した。

表 3.1.2.1	鉄鋼業
表 3.1.2.2	化学工業
表 3.1.2.3	石油製品等製造業

ウ 漏えい事故

漏えい事例は、平成 30 年から令和 4 年までの 5 年間のデータを使用し、事故の多く発生している順に 3 業態を抽出した。

表 3.1.3.1	石油製品等製造業
表 3.1.3.2	化学工業
表 3.1.3.3	電気業

(3) 人的な維持管理面における事故防止のポイントと具体的な対策事例

事故事例を踏まえると、人的な維持管理面における事故防止のポイントは以下のとおりである。

設備が安全思想のもとに設計及び適切な工法によって施工され、通常運転を開始した後は、日々の業務において安全最優先で維持管理していくことになる。しかしながら、事故事例をみると、バルブの完全な閉止を行わなかったことによるドレンバルブからの漏えい事故など、従業員個人のヒューマンエラーに起因すると考えられる人的な維持管理面の不備に伴う事故が多く発生していることから、従業員の安全意識を高める教育をさらに充実させるとともに、ヒューマンエラー対策を従業員任せにしない組織的な維持管理体制が重要である。

爆発では、作業環境における確認不足から可燃性ガスの滞留下において、不用意にグラインダー等の火気を使用したことに起因する事例が多い。通常は可燃性ガスが存在しない場合であっても、ひょっとしたら可燃性ガスが滞留しているかもしれないとの視点に立ち、必ず作業前にはガス検知器による環境測定を実施することが重要である。

火災では、溶接及び溶断作業の火花の発生に起因する事例が多い。作業環境周囲の安全を十分に確認せずに溶断作業を始めたり、作業前の可燃物への養生が不十分であったりと、適切な維持管理がなされていれば防ぐことができた事案が多い。火気使用時の管理体制を見直すとともに、専従の監視人を現場へ配置するなど、火気使用時における作業手順書の再確認を行うことが重要である。【具体的な対策事例→No.①】

漏えいでは、誤ったバルブ操作による弁等の開放による漏えいに起因する事例が多い。また、バルブを開放したまま充填し続けたことにより、タンクから漏えいさせる事案などオーバーフローによる漏えい事例も多くみられる。作業手順書を逸脱しないよう適切な作業を実施するとともに、ダブルチェック体制を構築し、作業時のミスが減らす対策が重要となる。【具体的な対策事例→No.②】

事故事例を踏まえ、人的な維持管理面において多く発生している事例を2つ選び、発生原理、多く発生している箇所及び対策事例を具体的な対策事例としてまとめた。

人的な維持管理面 事例No.①	
【火気使用時における配慮】	
1. 発生原理	通常は危険物や可燃性ガスが存在しない機器であっても、運転状況や機器の劣化等により危険物等が流入・溶存していることがあり、十分な環境測定を行わずに不用意にグラインダーや電動ソー等の火花を発生する器具を使用することで、存在していた可燃性ガス等に着火し爆発や火災に至る。 また、溶接や溶断作業時に飛散する高温の火の粉に対して、可燃物の除去や可燃物への養生が不十分であると可燃物に着火し出火に至る。
2. 多く発生している箇所	設備の改修や解体工事など非定常運転中に多く発生しており、配管、コンベア等移送機器、分解炉、貯槽、ホッパー、ポンプなどあらゆる機器において発生。
3. 効果的な対策事例	火気使用時における作業手順書を適切に作成するとともに、作業前にはミーティングを実施し、現場にて手順書を遵守した確実な作業を行うことが必要である。 ○給水タンクの濾過設備等においては、設備内の水分に可燃性ガスが溶存している可能性があるため、設備は非危険物施設であっても、作業前にはガス検知器による環境測定を確実に実施すること。 ○塔槽などの受液槽において多孔板には可燃性ガスが残存しやすいため、作業手順書において確実な可燃性ガスのパーズ確認を記載するとともに、作業前のガス検知器による環境測定の実施を明記すること。 ○ガス溶断機を使用する際は、使用前にガスホースの損傷の有無について点検するとともに、ガス検知器による安全確認を徹底すること。 ○アーク溶接による溶接作業を実施する際は、内張のゴムシート（可燃物）が存在する可能性を考慮して安全確認を実施し、火気養生を徹底すること。 ○可燃性ガスが発生している危険性のある上部で溶接作業を実施しないよう、火気使用管理体制及び監督者の常時立会いを徹底すること。

人的な維持管理面 事例No.② 【作業時のヒューマンエラーに対する配慮】
1. 発生原理
配管の弁開閉操作において、思い込みから本来操作する弁とは異なる弁を開放するなど作業員のヒューマンエラーによって漏えいに至る。 また、危険物の充填中に監視員がその場を離れ、液面監視を怠ったことによってオーバーフローが発生する。
2. 多く発生している箇所
配管等の移送機器や混合槽などバルブの誤った開閉操作が生じる箇所。 また、オーバーフローは、船舶への払い出しにおける船槽やタンク等の貯槽。
3. 効果的な対策事例
バルブ操作時や充填作業時における作業手順書を適切に作成するとともに、手順書にない作業を行う場合は、勘に頼らず作業員同士で情報共有を適切に行い、十分な安全確認を行った上で作業を行うことが必要である。 ○思い込みによるバルブの誤操作を防止するため、弁への塗色や、開閉ラベルの設置をすること。 ○作業員の思い込みを防止するため、作業手順書を適宜見直すとともに、ダブルチェック体制を徹底すること。 ○オーバーフローを防止するため、液面監視の重要性を改めて周知するとともに、アラーム機能付きのレベル計を設置すること。 ○異常アラームを放置することがないようにマニュアルを見直すとともに、アラームの発報を複数室で確認できるよう変更すること。 ○タンクへの積込中、バルブ開放状態を失念しないよう、バルブの開閉確認表示を設置すること。

コラム 「体験実習プラントを使用した原理原則 (Know-Why) 伝承教育の実施」

○概要

2013年に体験実習プラント設備を設置し、合わせて体験設備の追設と実習カリキュラムを開発してきた。

教育で使用している実習プラント設備は、水を10m³/h程度で循環し、これを蒸気熱源とする熱交換器で加温し、冷却水で冷却する簡易設備である。ここでポンプの起動停止や各種計装類および制御弁等の基本操作から、装置全体の起動停止および機器故障(マルファンクション機能)による修正動作の体験学習を行っている。また、この装置の起動停止はローカル制御盤を用いて、計器室で制御操作する担当者、現場操作をする担当者、パネル警報や作業指示を行う者との役割を分担して装置の運転を疑似体験できる様になっている。

更に体験の教育効果を上げるため、実習プラントのポンプのサクシオンをスケルトン化しキャビテーションを可視化するなど体験実習の効果を上げる工夫を図っている。

また、実習プラントとは別に、落下・墜落体験設備、ポンプ軸受け機構のスケルトン化による油の適正量の理解、カットモデルや実際に圧力計を用いてのバルブ内部の蓄圧、静電気体験設備など、日常業務で行っていることをできるだけ可視化や実体験する個別の体感機器も用意し、実習と交えて学習効果を上げる様にしている。

○取組みの効果

一般的に装置の運転員は入社後、まずフィールド(現場)担当を数年行い、その後ボードマン(計器室操作)担当を数年、セクションリーダーを経験した後、シフトリーダーとなるまでに15年から20年の期間が必要である。現在この実習プラント講座は入社2年目での受講となっている。早い段階でボードマンやリーダー業務を疑似体験させることで、基本的な装置の起動と停止も含めた運転方法や計器、警報などからの装置状態の理解、運転指示や応答などの伝達コミュニケーション所作について早い段階で経験できる点で効果が有ると考えている。

また、本実習プラントおよび個別体験設備は事故やヒヤリハットが発生した際には特別演習(再教育)などでの社員の利用や、社内外事故情報等から教育プログラムに新規に取り入れることも実施し事故のフォローアップにも活用している。

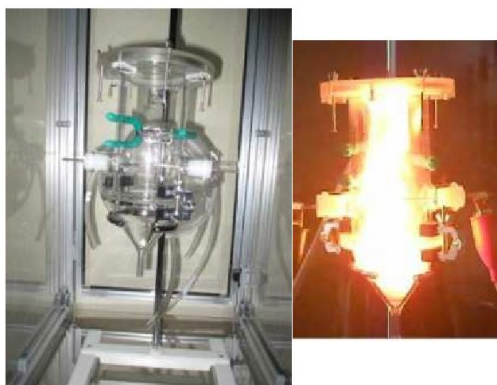
更に本設備は限定的ではあるが、社外の石油・化学会社のエンジニアや運転員への教育、社内の工事協力会社員への体感講座などにも利用されており、広く安全体感の取得に効果が得られている。

○体験設備の一例（爆発体感機器）



① 火災伝播実験器具

プロピレンガスを使用し火炎の伝播を配管内などで抑制する手段として、フレイムアレスターを設置した場合の状態を体験する装置



② 粉塵爆発実験器具

ポリエチレン粉体を使用し容器の中で拡散させ、火源により着火させた時の爆発現象を確認する。

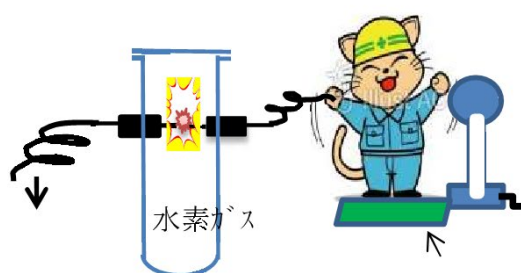
また、粉塵爆発が起これるとその周辺に堆積した粉末をまきあげて、2次3次爆発を起こす。



③ 人体帯電実験器具

人体に蓄積される静電気（帯電）が、どのような作用を及ぼすのか。

人体帯電による静電気にてスパークさせ着火させる。

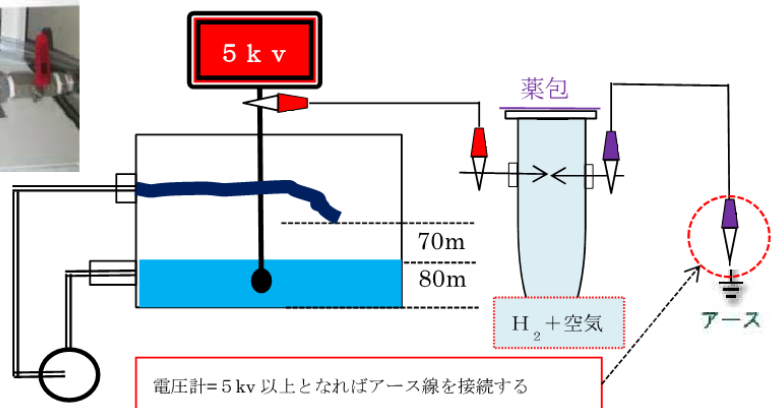




④ 流動帯電爆発実験器具

灯油を使用して配管内を流れる時に生じる静電気が、爆発混合気中で放電すると爆発が起こる現象を体験させる。

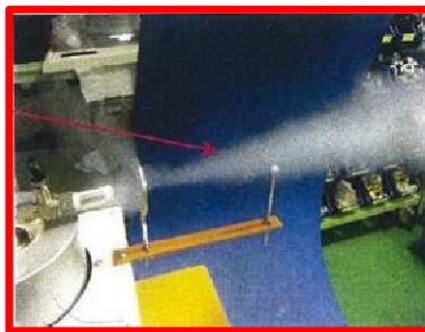
発生した静電気を、①機器内にて爆発させる。



⑤ 噴出帯電爆発実験器具

液体蒸気が噴出する時に生じた静電気が爆発性混合気中で放電すると爆発が起こる現象を体験させる。

発生した静電気を、①機器内にて爆発させる



コラム 「手順書のチェック方式化」

○概要

装置において様々な作業を行う場合、作業手順書に沿って作業を行い、作業後に必要な作業が行われたのかをチェックシートを用いてチェックを行っているケースが多い。このように、手順書とチェックシートが別々に存在していることで、非効率な作業となっていることを改善する目的で、手順書を見ながら作業を行い、更に作業のチェックもできるように「手順書のチェック方式化」を取り入れている。

○取組みの効果

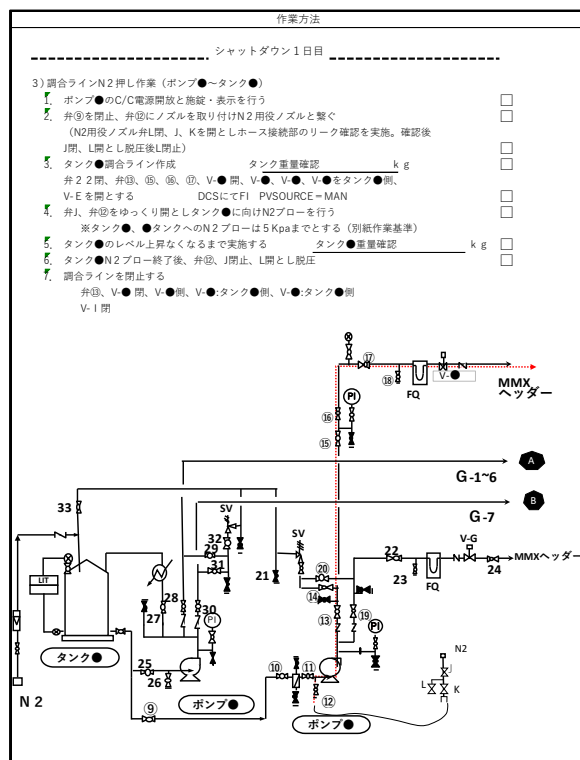
ベテラン、新人を問わず、作業手順書の確認を省略することの防止につながり、どのような作業においても手順書に沿った作業が確実にできており、ヒューマンエラー防止に効果がある。

特に新人等にとっては、チェックシートだけではなく、必ず手順書を確認することで、作業の手順（Know-Why を含め）を確実に理解することができる。

○手順書兼チェックシートの一例（配管のシャットダウン（抜粋））

件名	運転主任	作業担当	発行者
●●配管シャットダウン			
保護具 ・保護メガネorゴーグル ・ゴム手袋 ・有機ガスマスク	発行日 年 月 日	作業日 年 月 日	

作業方法	
1. 準備作業	1) 事前にモノマーの危険性と保護具について SDS にて確認する ☐ 2) N2 及び AIR 押しをする為、ゴムホース・フレキシホース及び接続ノズル、脱圧ノズル工具等の準備をする ☐ 3) 保護具（ゴム手袋、ゴーグル、有機ガスマスク） ☐ 4) タンク●の圧量を調整しておく（例）カナル SPH/カナル SPL = 60/50→15/10（使用量みて調整する） （レベル 9%以下でポンプ●キャビテーション） ☐
シャットダウン1日目	
2. シャットダウン作業	1) ●●製造課に連絡し弁①閉止操作を依頼する。開放禁止表示を実施する ☐ 2) タンク●受け入れラインN2押し作業（タンク●レベル約10%上昇する） 弁③にノズルを取り付け、用役N2のライン35弁と脱圧ノズル、ホースで繋ぐ （N2用役ノズルとホースで繋ぎ弁F閉、35、E、Dを開としホース接続部のリークを確認する） DCS 流量計 PVSOURCE=MAN とする タンク●は圧力計が無いので、排ガス系圧力計にて圧力（5Kpa以下）を確認すること フロー量の調整は弁③で行うこと（タンク上部での作業は避ける） タンク●のレベルの変動が少なくなった時点で終了とし、弁③閉止し弁②、35を閉止する Fを開としホース内を脱圧する タンク●受け入れ分を各●●タンクに調合する タンク●：100L □ タンク●：200L □ 他、各50L計量する タンク● □ タンク● □ タンク● □ タンク● □ タンク● □



(4) 人的な維持管理面における留意すべきポイント【イラスト】

人的な維持管理面において留意すべきポイントを、「火災予防のポイント」と「漏えい予防のポイント」に分け、イラストで示す。

ア 火災予防のポイント

- ・溶接作業時（火気作業時）
- ・解体・清掃作業時
- ・危険物等の取扱い時
- ・保守点検時

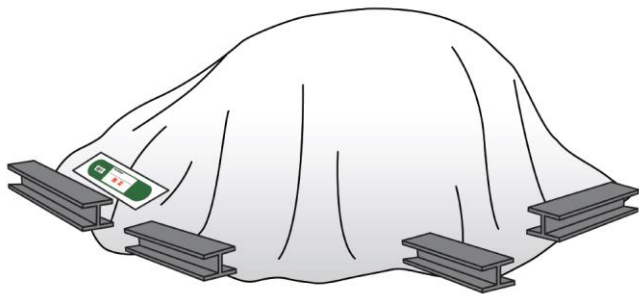
イ 漏えい予防のポイント

- ・危険物等の取扱い時
- ・保守・点検時

溶接作業時の火災予防のポイント

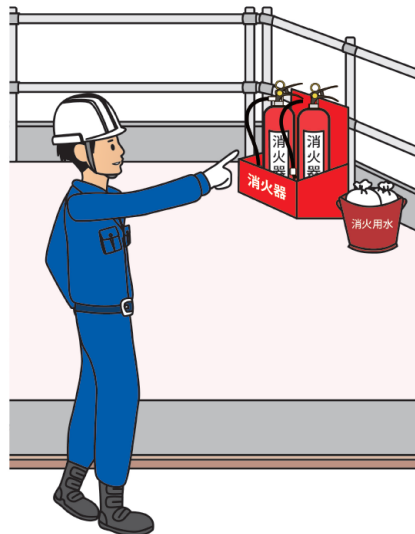
溶接作業にあたっては、以下の対策をとることが重要です。

【可燃物の除去】



火源が可燃物に接触しないよう周辺の可燃物を除去します。除去できない場合は、不燃シートで覆うなど、着火対策を講じます。

【消火設備の配置】



消火器などを配置し、火災が発生した場合に初期消火ができるよう、使用方法を確認しておきましょう。

【監視・安全管理員の配置】

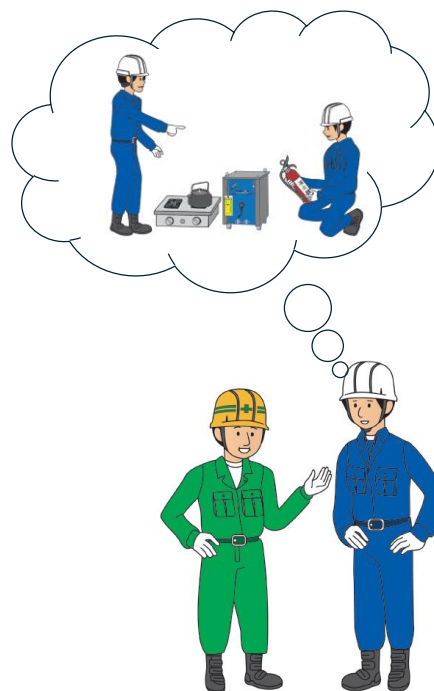


火気作業中は、火気作業に没頭し、周辺が見えにくくなります。そのため監視や安全管理を行う人を配置することが重要です。

【溶接のノロ受け】

溶接のノロについては、不燃シートを貫通する可能性があります。このためノロ受けについては、金属製のものなどを使うことが重要です。

【同時作業】

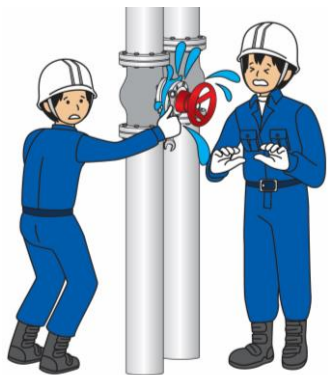


複数の作業を同時に行う際は、火気作業の近くに可燃物が置かれる可能性もあり、管理部署において、日程や作業範囲の調整を行い、危険を排除することが重要です。

解体・清掃作業時の火災予防のポイント

解体・清掃作業にあたっては、以下の対策をとることが重要です。

【危険物の除去】



解体・清掃作業行う場所にて、危険物へ着火しないよう危険物が残存していないか確認します。
残存している場合は、危険物を除去します。

【静電気の発生防止】



静電気による着火を防ぐため、静電気が発生しにくい材質又は加工された器具の使用や、接地導線を設置することが重要です。

【可燃性蒸気の滞留防止】



可燃性蒸気の滞留による着火の危険性をなくすため、換気の徹底や排風機を使用することが重要です。

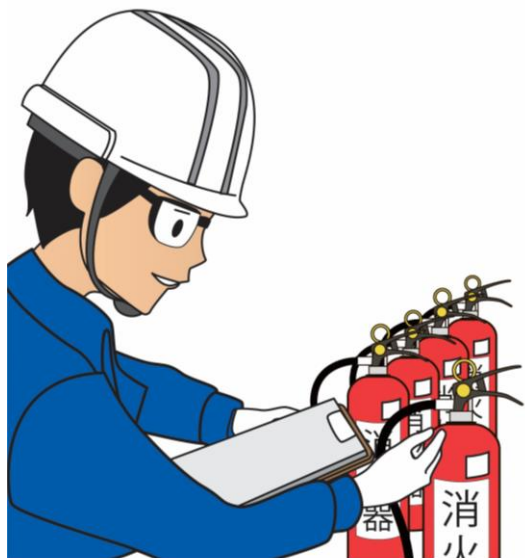
また、容器内などは不活性ガスを充填するなど、可燃性蒸気への引火を防ぎましょう。

【定期的な清掃】



油やグリスが溜まり着火する可能性があるため、装置や機器などの油がグリスが溜まりやすい箇所は、定期的に清掃を行いましょう。

【消火設備の配置】



解体・清掃作業にあっても、消火器などを配置し、火災が発生した場合に迅速な初期消火を実施できるよう使用方法を確認しておきましょう。

危険物等取扱い時の火災予防のポイント

危険物等の取扱い時にあたっては、以下の対策をとることが重要です。

【作業手順の確認】



危険物等を取り扱う作業を実施する前に、作業手順について作業員と立会者にて確認します。
作業手順に不明な点がある場合は、作業手順を見直すことが重要です。

【可燃物の除去】



危険物等を取り扱う場所は、周囲に不要な物を置かないようにします。
周囲にある不要な物への火災危険を除去します。

【静電気の発生防止】



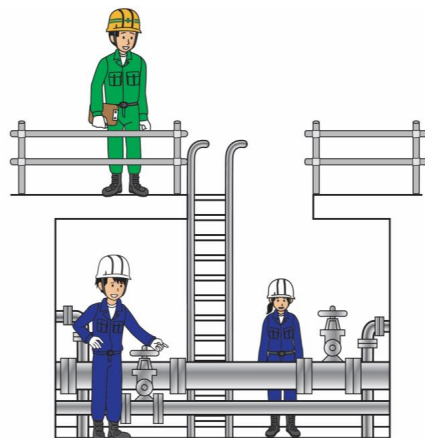
静電気による着火を防ぐため、静電気が発生しにくい材質又は加工された器具の使用や、接地導線を設置することが重要です。

【可燃性蒸気の滞留防止】



可燃性蒸気の滞留による着火の危険性をなくすため、換気の徹底や排風機を使用することが重要です。
取扱い時は、ガス検知器を携帯するなど、可燃性蒸気への引火を防ぎましょう。

【監視・安全管理員の配置】



危険物等の取扱いを行う場合は、作業に没頭し、周辺が見えにくくなります。そのため、火気などを監視や安全管理を行う人を配置することが重要です。

【消火設備の配置】



危険物等の取扱いを実施するときは、消火器などを配置し、火災が発生した場合に迅速な初期消火を実施できるよう使用方法を確認しておきましょう。

保守・点検時の火災予防のポイント

保守・点検時にあたっては、以下の対策をとることが重要です。

【作業手順の確認】



保守・点検作業を実施する前は、作業手順について作業員と立会者にて確認します。

特に非定常時の作業は、作業内容を明確化することが重要です。

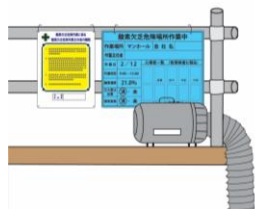
【管理・検査の徹底】



機器や配管などの管理・検査は、計画的に実施しましょう。

長期に使用していないものについて、使用する際は、点検を確実にしてから使用することが重要です。

【監視・安全管理員の配置】



作業に没頭してしまうと、周辺が見えにくくなります。そのため、火気などの監視や安全管理を行う人を配置することが重要です。

【異常発見時の対応】



保守・点検作業中、機器や配管などに亀裂等の異常を発見した場合は、直ちに使用を停止しましょう。

【配管等のレイアウト】



配管等は点検及び保守作業が行いやすい場所に設置するなどすることが重要です。

また、危険物等が漏れいした際に、出火につながらないようなレイアウトへの見直しも必要です。

さらに、使用していない配管等は撤去することも検討しましょう。

危険物等取扱い時の漏えい予防のポイント

危険物等の取扱い時にあたっては、以下の対策をとることが重要です。

【作業手順の確認】



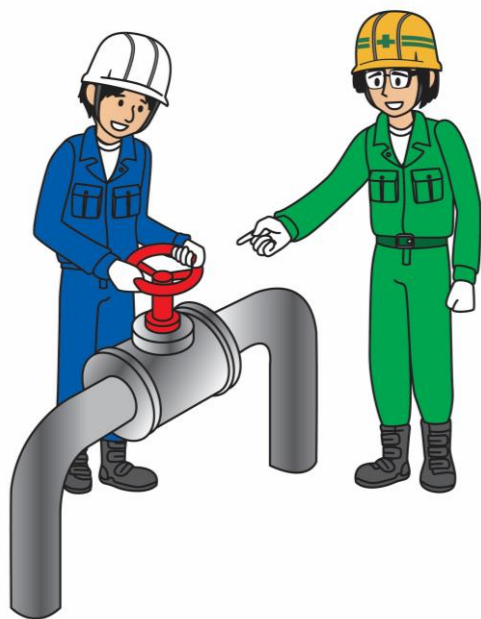
危険物等を取扱う作業を実施する前に、作業手順について作業員と立会者にて確認します。
作業手順に不明な点がある場合は、作業手順を見直すことが重要です。

【残液量の確認】



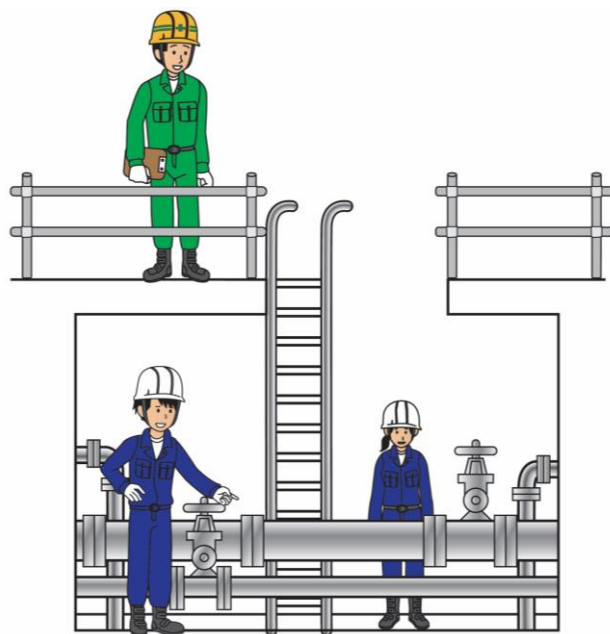
危険物等の充てんなどの作業前後は、タンク等に残っている危険物の残液量を確認しましょう。液面計や検尺にて確認した後に、充てんなどの作業を行いましょう。

【配管等の弁の開閉確認】



施設等の操作前は、配管等の弁の開閉確認を行うことが重要です。
開閉確認は、ダブルチェックをするなど、漏えい防止に努めましょう。

【監視・安全管理員の配置】



作業に没頭してしまうと、周辺が見えにくくなります。そのため、監視や安全管理を行う人を配置することが重要です。

保守・点検時の漏えい予防のポイント

保守・点検時にあたっては、以下の対策をとることが重要です。

【作業手順の確認】



保守・点検作業を実施する前は、作業手順について作業員と立会者にて確認します。

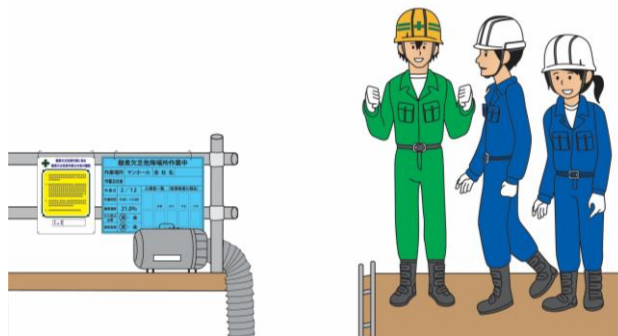
特に非定常時の作業は、作業内容を明確化することが重要です。

【管理・検査の徹底】



機器や配管などの管理・検査は、計画的に実施しましょう。長期に使用していないものについて、使用する際は、点検を確実にしてから使用することが重要です。

【監視・安全管理員の配置】



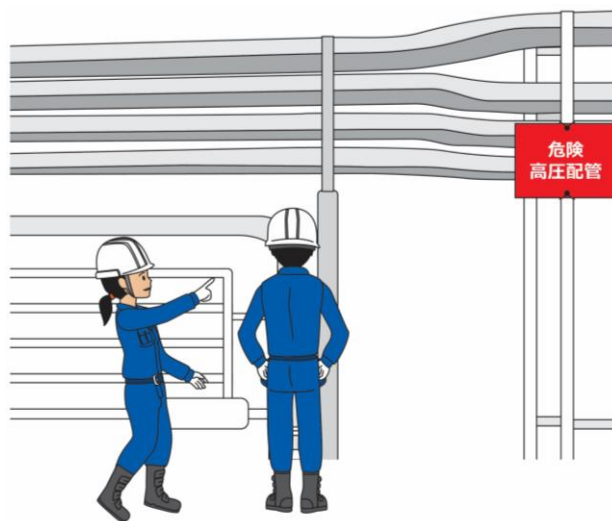
作業に没頭してしまうと、周辺が見えにくくなります。そのため、監視や安全管理を行う人を配置することが重要です。

【異常発見時の対応】



保守・点検作業中、機器や配管などに亀裂等の異常を発見した場合は、直ちに使用を停止しましょう。

【配管等のレイアウト】



配管等は点検及び保守作業が行いやすい場所に設置することが重要です。

また、危険物等が漏えいした際に、被害が拡大しないようなレイアウトへの見直しも必要です。

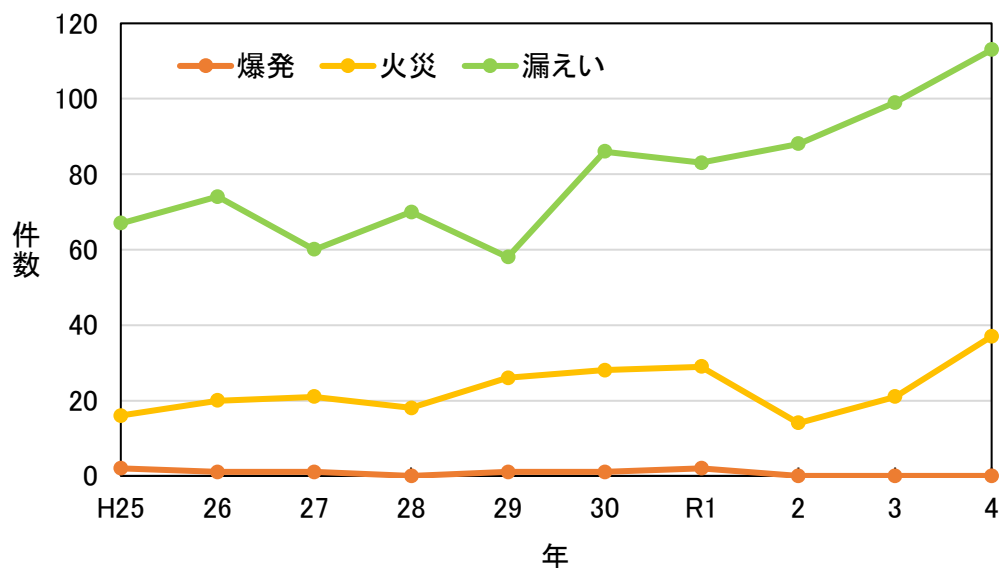
さらに、使用していない配管等は撤去することも検討しましょう。

3.3.2 物的な維持管理面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント

(1) 物的な維持管理面による事故の状況

物的な維持管理面における事故防止対策を考察するにあたり、事故の状況を分析した。

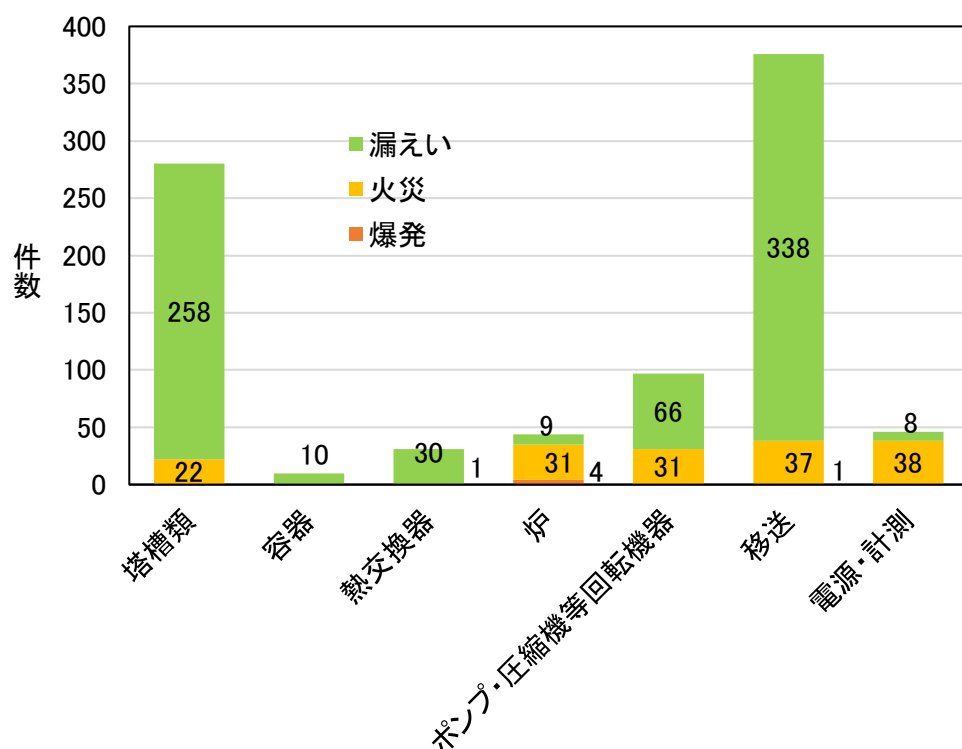
物的な維持管理面による事故件数の推移を図 3.3.2.1 に示す。



【図 3.3.2.1 物的な維持管理面による事故件数の推移】

漏えい事故の発生件数が他と比較して増加している。

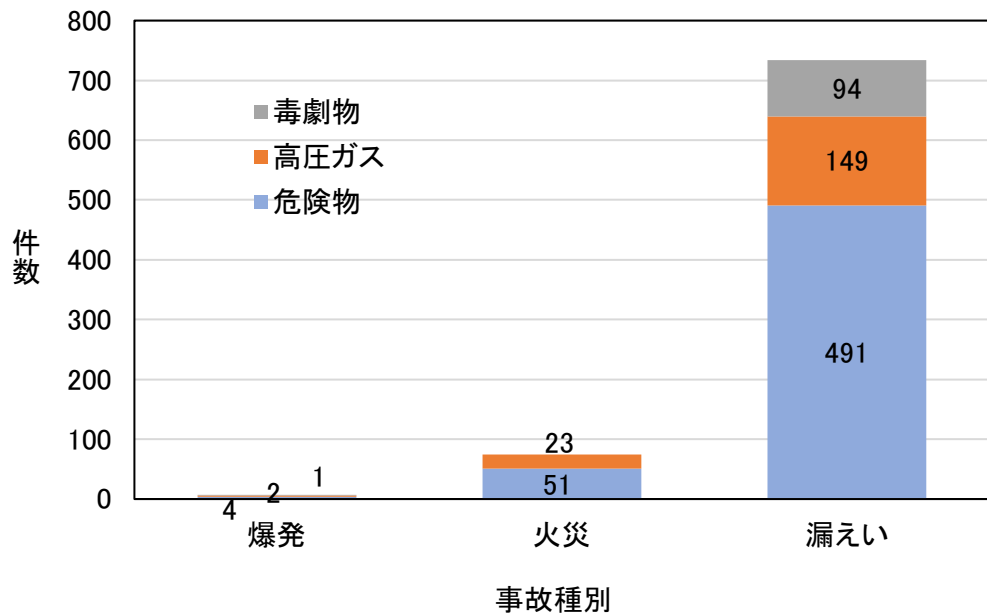
次に、物的な維持管理面における発生機器別の事故発生件数を図 3.3.2.2 に示す。



【図 3.3.2.2 物的な維持管理面における発生機器別の事故発生件数】
(平成 25 年から令和 4 年までの合計値)

物的な維持管理面における事故は、移送及び塔槽類において多く発生している。

次に、物的な維持管理面における起因物質別の事故発生件数を図 3.3.2.3 に示す。



【図 3.3.2.3 物的な維持管理面における起因物質別の事故発生件数】
(平成 25 年から令和 4 年までの合計値)

起因物質別では、施設数が分からず一概には比較できないものの、危険物による漏えい事故が多くなっている。

(2) 物的な維持管理面における事故事例

物的な維持管理面における事故事例を「爆発・火災・漏えい」の 3 つに区分し、統計データから 事故発生機器別に、物的な維持管理面の事故事例を【表 3.2.1.1 ～表 3.2.3.3】として巻末資料にまとめた。

ア 爆発事故

爆発事例は、火災事例や漏えい事例と比べて件数が少ないことから、平成 25 年から令和 4 年までの 10 年間のデータを使用し全業態の事例を抽出した。

表 3.2.1.1	全業態
-----------	-----

イ 火災事故

火災事例は、平成 30 年から令和 4 年までの 5 年間のデータを使用し、事故の多く発生している順に 3 業態を抽出した。

表 3.2.2.1	鉄鋼業
表 3.2.2.2	石油製品等製造業
表 3.2.2.3	化学工業

ウ 漏えい事故

漏えい事例は、平成 30 年から令和 4 年までの 5 年間のデータを使用し、事故の多く発生している順に 3 業態を抽出した。

表 3.2.3.1	石油製品等製造業
表 3.2.3.2	化学工業
表 3.2.3.3	電気業

(3) 物的な維持管理面における事故防止のポイントと具体的な対策事例

事故事例を踏まえると、物的な維持管理面における事故防止のポイントは以下のとおりである。

事故事例をみると、爆発では、素材の経年劣化に伴う気密性低下による中間タンクの粉塵爆発など、機器の劣化に対する適切な維持管理がなされていない事案がみられる。維持管理にあたっては、必要に応じて交換時期を見直し、早めの交換を実施していくことが重要である。

火災事例では、給電ケーブルの被覆の摩耗や経年劣化による変圧器コイルの短絡、機器の不作動による過電流の発生など電気に起因する事故が多く発生している。電気ケーブルに油分等が付着した状態を放置し続けると、被覆の劣化を早めるため点検を確実に行うとともに、必要に応じて合成樹脂製の保護管を設置するなど適切な対策を行うことが重要である。**【具体的な対策事例→No.①】**

漏えい事例では、石油製品等製造業において、配管の腐食による開孔が事故件数の多くを占めている。要因としては、多湿環境による配管の腐食が多いが、中でも保温材内部へ雨水が侵入することによる配管等の外面腐食が多くみられる。保温板金の劣化部分から雨水が侵入し多湿環境を形成することから、劣化状態を発見したら放置することなく、早期に配管の健全性を確認することが重要である。また、保温材を剥がすことなく保温材の上から内部の配管の劣化状況を検査できる新しい技術もあることから、これらを活用して1次スクリーニングを実施し、保温材を剥がす必要のある箇所を抽出し詳細検査に移行することも効果的である。**【具体的な対策事例→No.②】**

設備や装置を安全に維持管理していく上で、機器の多くは鋼製であることから腐食による影響は避けて通ることはできない。さらに、石油コンビナートの多くは昭和の時代に設置され現在に至っており、施設の高経年化を踏まえると、機器の摩耗や劣化による不具合から火災や漏えいに至るケースがある。腐食や摩耗・劣化への対策は、使用する機器の経過年数や使用状況・環境を踏まえ、材料の減肉速度から余寿命を算出し、適切なサイクルで計画的に交換していく必要がある。

事故事例を踏まえ、物的な維持管理面において多く発生している事例を2つ選び、発生原理、多く発生している箇所及び対策事例を具体的な対策事例としてまとめた。

物的な維持管理面 事例No.① 【長期使用による素材の劣化に対する配慮】
1. 発生原理
適切に設計・施工された機器においても、長期間使用することにより機器に使用されている素材の劣化が進行する。ベルトコンベアではローラ軸受部の劣化に伴う摩擦熱により出火に至るケースや、配電盤内のコンデンサにおいては長期使用による絶縁破壊により短絡電流が流れて出火に至る。 また、塩酸貯槽内のゴムライニングの経年劣化により、ゴムライニングが破断し、母材部が塩酸と接液して母材に著しい腐食が生じ開孔・漏えいに至る。
2. 多く発生している箇所
コンベア等の移送機器、配電盤等のコンデンサ、変圧器のヒューズやコイル、分解炉の連絡管、粉碎機のベアリング部、ブロアー等の回転機器、攪拌ポンプのメカニカルシール部、圧縮機のサイトグラス、配管フランジ継手のガスケット、手動弁のグラندパッキン、ゲートバルブの内部ディスクなどあらゆる機器、部位において発生。
3. 対策事例
日常点検を強化することで機器の異常を早期に発見し、異常が認められる場合は放置せず直ちに機器の交換や補修を実施していくことが重要である。 ○通常使用時において、負担がかかる部分の把握及びその箇所の点検を強化し、劣化等の早期発見に努めること。 ○グリス劣化によるベアリングの破損防止のため、点検時はグリスの劣化や量の確認を徹底すること。 ○塩酸環境に適応するポリエチレン製タンクの使用を検討すること。 ○圧縮機に設置するサイトグラスは、経年劣化と温度上昇による一時的な加圧状態に対応するため、強化ガラスへの変更を考慮すること。 ○ガスケットを使用する配管の圧力や温度を適切に評価し、経年疲労による破断を防止するため計画的な交換を実施すること。 ○グラندパッキン（アスベスト製）の経年的な硬化劣化を防止するため、適切な点検周期を設定し、取替えを実施していくこと。

物的な維持管理面 事例No.② 【保温材下腐食（CUI）に対する配慮】
1. 発生原理
保温材外側の板金母材部分の劣化や切り欠き部分の隙間から雨水が侵入し、保温材内部に浸透、吸湿することで湿潤環境を形成し、配管等の外面腐食を進行させ開孔、漏えいに至るもの。
2. 多く発生している箇所
保温施工された配管の板金劣化部分、板金継ぎ目部分に塗布されたシール材の劣化部分、保温温度が低く侵入した雨水が蒸発しない箇所、スライドシュー部分等の保温板金切り欠き部において発生。
3. 対策事例
保温材外面の板金部分の劣化やシール材の劣化・剥離を発見した場合は、放置することなく、早期に保温材を剥がし2次検査に移行し、配管外面の健全性を確認することが重要である。ただ、保温材を剥がし内部を点検する作業は、膨大な時間を要するため効率的な点検方法とは決して言い切れない。そこで、近年は保温材を剥がすことなく保温材の上から内部の配管の腐食状況等を検査できる技術が確立され、日々精度が向上してきていることから、1次スクリーニングとして当該非破壊検査を活用し、異常が疑われる箇所のみ保温材を剥がし、2次検査に移行する検査手法を導入することが、膨大な検査箇所を効率よく点検していく上で非常に有効な対策と言える。 ○保温材外側の板金に劣化が見られた場合は、すみやかに保温材内部の状況を確認する2次検査に移行すること。 ○保温カバー継ぎ目部分に塗布されているシール材の紫外線による劣化を点検時に見落とさないよう注意すること。 ○保温材下腐食（CUI）を防止するため、不要な保温材は解体し撤去すること。

コラム 「保温材配管の腐食（CUI）検査」

○概要

近年、設備等の老朽化が進んでおり、特に保温材配管の外面腐食による不具合が続いている。保温材配管の外面腐食に対しては次のような対策をとっている。

- ・全ての配管（危険物・高圧ガス・毒劇物・ユーティリティー）を対象とした検査計画を策定し、抽出・スクリーニング検査及び詳細検査を実施している。
- ・検査計画を補完するため、特殊な要因に起因する外面腐食に対する検査を個別に実施（例：配管行き止まり部、CTW周辺、ラック上等）
- ・検査計画を確実に実行していくために、新検査技術の導入・適用、外面腐食教育の実施、管理基準値のアップデート等を実施している。

○取組みの効果

- ・新検査技術を導入することで、保温材を解体することなく配管の腐食検査を実施することができ、検査の効率化、迅速化につながっている。
- ・外面腐食教育の実施により、社員の検査能力の均一化を図ることができ、底上げに向けての取組みに繋がっている。
- ・上記概要の特殊な要因に起因する外面腐食に対する検査を推進することで、多くの不具合を改善できている。
- ・当該取組みを数年前から全所的に展開しており、近年の不具合の傾向は実績として改善している。

※留意事項：スクリーニング検査において、保温板金の劣化状況について目視検査を行い、ランク分けを行っている。外注検査員による判定となるため、検査員によって判定のばらつきがないよう事前に劣化状況のランク分けの例示等について、社内教育用の資料を用いて教育を行い、認識合わせを行う必要がある。

○新検査技術の導入の一例

名称	概要	適用実績箇所
Open Vision	X線を用いるもので、配管外面の凹凸を検査するもの。保温材を解体する必要がなく、機動性が高く、モニターでリアルタイムに確認可能であり、保温配管のスクリーニングに適している。	・一般保温配管
パルス渦流探傷	対象物に直接接触することなく電磁誘導により検査をするもの。保温材、防食テープなどを撤去せずに検査が可能。大型機器等、対象が大きな範囲に適している。	・大型保温機器 ・機器スカート 耐火部

Open Vision



引用：日本工業検査(株)HP

パルス渦流探傷



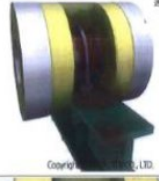
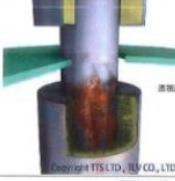
引用：(有)TTS HP

○外面腐食教育の一例

(保温材板金の状況から考えられる配管の腐食状況、腐食原因等に係る教育)

外面腐食教育 回答例抜粋

確認テスト概要
板金状況・構造からCUIの発生有無/原因/理由を記述形式で回答

写真番号	写真	写真番号	写真
1	 写真番号 1 写真: エアロゲル保温材板金の腐食状況 (写真) 【発生原因】 エアロゲル保温材の劣化による雨水の浸入。 【理由】 雨水が配管の腐食を促進している。	2	 写真番号 2 写真: 保温材板金の腐食状況 (写真) 【発生原因】 保温材板金の劣化による雨水の浸入。 【理由】 雨水が配管の腐食を促進している。
3	 写真番号 3 写真: 保温材板金の腐食状況 (写真) 【発生原因】 保温材板金の劣化による雨水の浸入。 【理由】 雨水が配管の腐食を促進している。	4	 写真番号 4 写真: 保温材板金の腐食状況 (写真) 【発生原因】 保温材板金の劣化による雨水の浸入。 【理由】 雨水が配管の腐食を促進している。

フィードバック例
フロア貫通部からの雨水集中滴下により腐食が促進される可能性を指摘

2020年より保全担当者の力量アップに繋げるため、年1回の教育を実施。
回答は課長が確認し、課員にフィードバックしている。

コラム 「CUI対策を考慮した保温施工基準の制定」

○概要

日本海側に位置する工場であり、海塩粒子が飛散する環境下で保温材を施工した炭素鋼鋼管を多く使用していることから、長年CUI（保温材下腐食）に悩まされている。

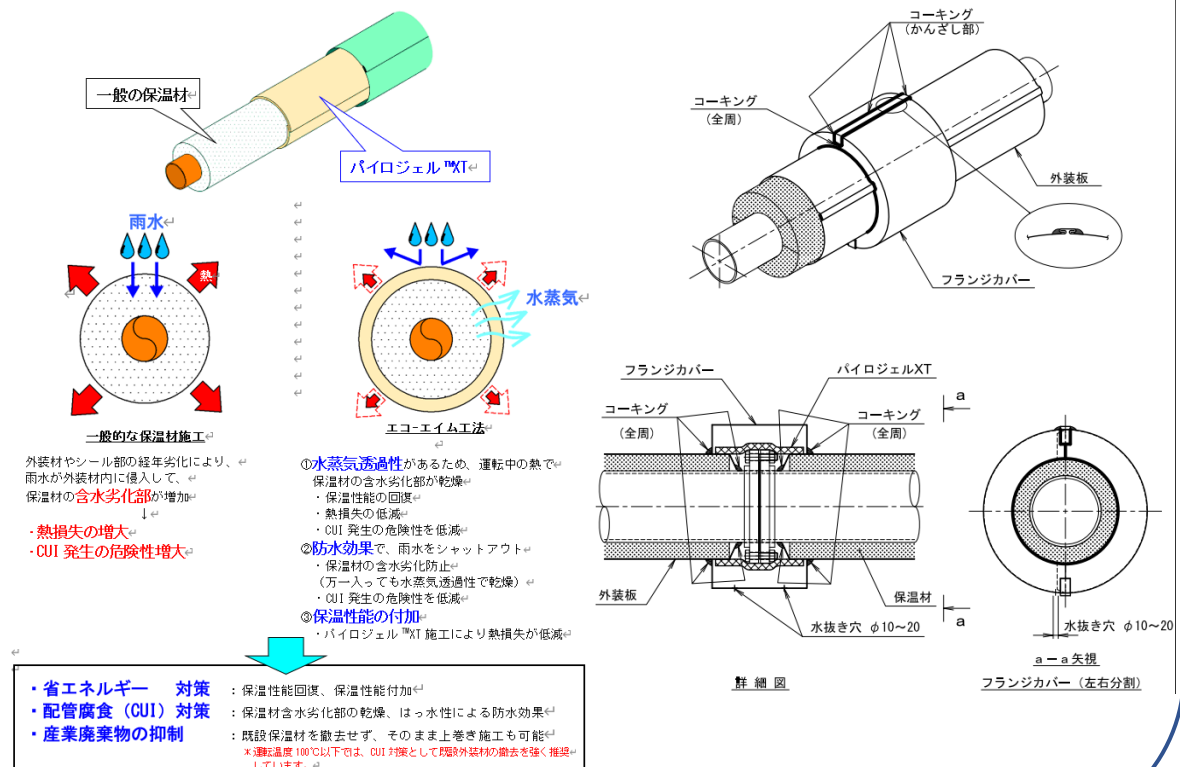
CUIの課題として、外装材・保温材を外しての配管点検が時間的・コスト的に難しかったため、CUI発生部位の解析を行い、CUI懸念箇所をピクトグラムとして整理し、現場での配管外部目視点検に活用している。また、事業所内での認定制度を導入し、従業員の外部目視検査精度の向上を図っているところである。

一方、CUIの不具合の詳細を確認した結果、「外装材と外装材の間、スキマ」によるものが多く、保温内への雨水浸入がCUIの要因になっていることがわかった。このことから、保温内に雨水が浸入しにくい、雨水が浸入したとしても滞留しない保温外装材の施工方法を保温施工基準として定め、CUIによるトラブル撲滅を目指している。

○取組みの効果

- ・ CUI対策を考慮した保温施工基準を制定することで、施工方法の統一化（撥水性の保温剤、水抜き穴）を図ることができたこと。
- ・ 保温板金施工への意識が変わり、従業員の現場を見る目が変わったこと。
- ・ CUI由来の外部腐食が減少傾向であること。

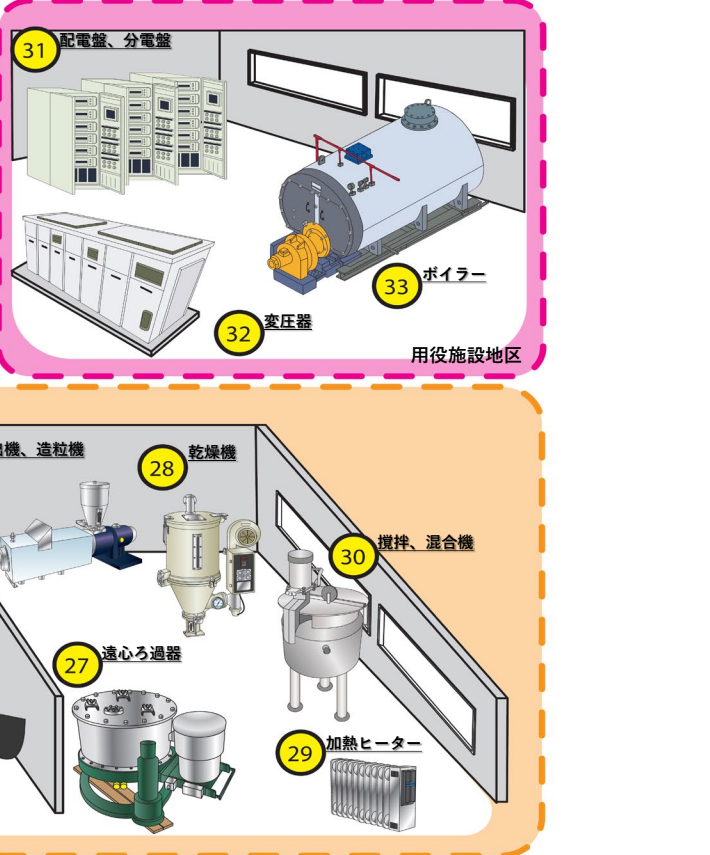
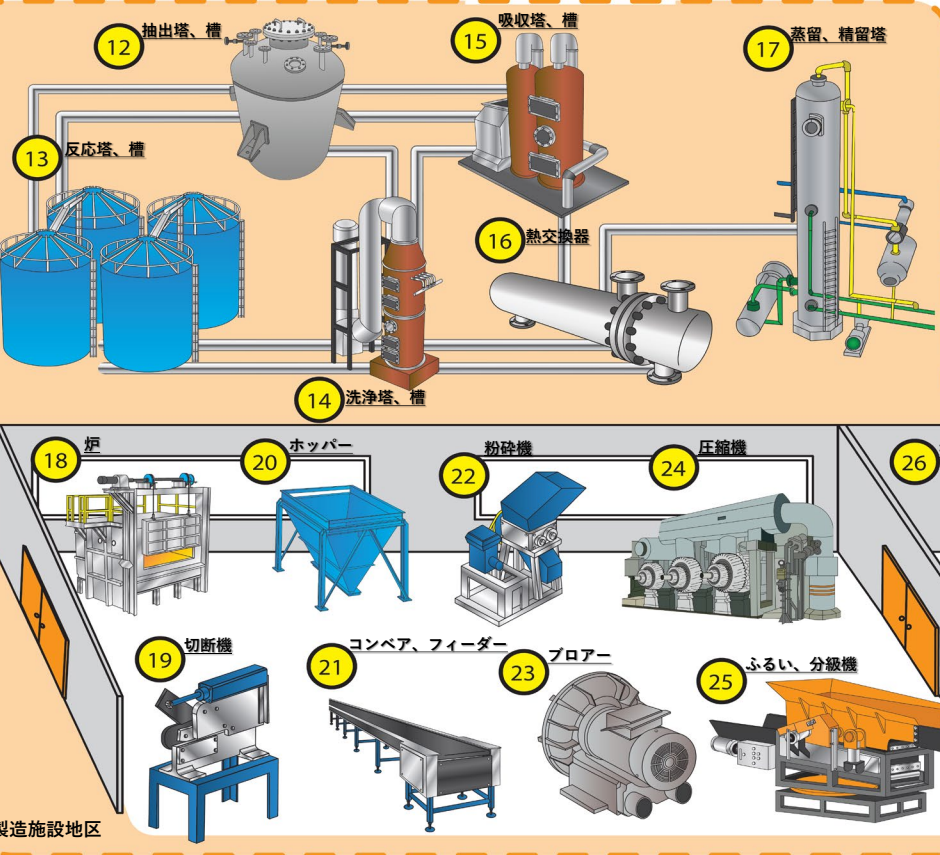
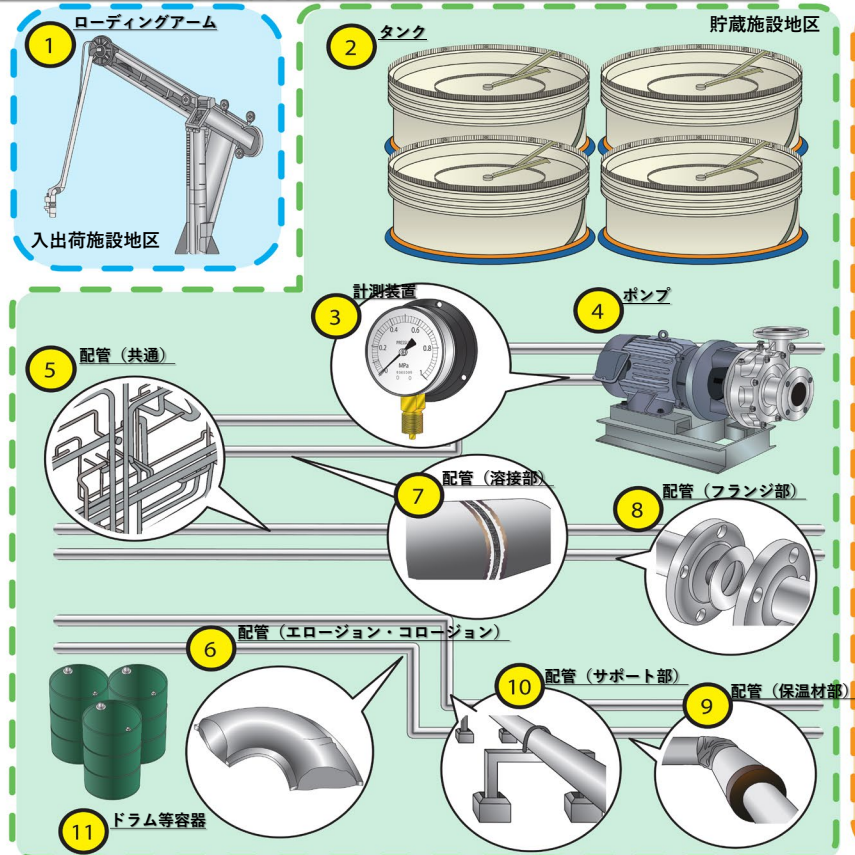
○保温施工基準（抜粋）



(4) 物的な維持管理面における留意すべきポイント【イラスト】

従業員教育に活用してもらうため、事故が多く発生している箇所をイラストにまとめた。

事故事例からみた物的な維持管理面における主な配慮ポイント



No	機器等名称	発生要因	配慮ポイント	No	機器等名称	発生要因	配慮ポイント	No	機器等名称	発生要因	配慮ポイント
1	ローディングアーム	機器の異常動作	☐ 窒素バージ後は、ガス抜きを実施しているか（コリオリ式流量計にガスが残っていないか）	11	ドラム等容器	塩分の影響	☐ 塩分の影響	20	ホッパー	長期使用による素材等の劣化	☐ ボルト、ガスケットの劣化はないか（気密性が必要な機器の場合、気密性の低下はないか）
		塩分の影響	☐ 海水使用機器は塩分による腐食が進行していないか			工程の中で腐食環境の生成	☐ 容器と配管等の接続部パッキンに劣化はないか			機器の異常動作	☐ 搬送ベルトのスリップ防止用軸受け架台に変形等はないか
		工程の中で腐食環境の生成	☐ 付属配管部に腐食成分が濃縮する環境となっていないか			物質の落下・ぶつかりによる破損	☐ ドラム缶キャリアー等で運搬する際、車輪が引っかかる恐れのある段差はないか	21	コンベア、フィーダー	機器の機能の停止	☐ スリップ検出器の異常（電源不良等）はないか
2	タンク	多湿環境	☐ 水分等が凝縮する環境の配管は、定期的な肉厚測定や配管の交換を行っているか	12	抽出塔、槽	高温多湿環境	☐ 保温材内部に雨水などが浸入していないか	22	粉砕機	長期使用による素材等の劣化	☐ ローラー部、軸受部に劣化、損傷はないか
		長期使用による素材等の劣化	☐ 腐食性液体による弁本体に錆、減肉はないか			長期使用による素材等の劣化	☐ シール材は劣化、剥離していないか	23	ブローア	長期使用による素材等の劣化	☐ 定期的にグリスアップされているか（グリスの劣化によりベアリングが摩耗していないか）
		防食措置が悪いために腐食発生	☐ 保温カバー継ぎ目のシール材は劣化していないか。雨水が保温板金内部に浸入していないか	13	反応塔、槽	多湿環境	☐ ゲートバルブの内部ディスクに摩耗はないか	24	圧縮機	多湿環境	☐ ケーシング部の劣化、減肉はないか
3	計測装置	常に振動する環境下で疲労	☐ ゴムライニング部は経年劣化により損傷、剥離していないか			長期使用による素材等の劣化	☐ 緊急停止後の措置は適切か（逆流やドレンノズルへの腐食成分の滞留等はないか）	25	ふるい、分級機	周囲からの異物の作用による機器の動作不良	☐ サイトグラスに劣化はないか
		その他	☐ 吐出配管の内液の吹き出しは十分か	14	洗浄塔、槽	想定内の応力下で疲労	☐ 槽洗浄時にポンプを使用する際は、振動によりフレキシブルホース等が破損しないよう措置されているか	26	押出機、造粒機	常に振動する環境下で疲労	☐ 潤滑油の量は適正か
		異常圧力上昇等	☐ ガasketは経年疲労していないか	15	吸収塔、槽	長期使用による素材等の劣化	☐ 破損しないよう措置されているか	27	遠心ろ過器	エロージョン・コロージョン	☐ 投入される物質の温度管理は十分か（冷却工程後に投入する場合、高温のままになっていないか）
4	ポンプ	工程の中で腐食環境の生成	☐ 電気防食は機能しているか（断線による機能不良はないか）			エロージョン・コロージョン	☐ バルブ等のシートリングに摩耗はないか	28	乾燥機	正規の取り扱いを行わなかったことが原因で機器が正常な機能を保てず	☐ 機器の振動により小径導管に繰り返し荷重が加わらないよう措置されているか
		周囲からの異物の作用による機器の動作不良	☐ 定期的にグリスアップされているか	16	熱交換器	塩分の影響	☐ 攪拌羽根等のベアリングに劣化はないか	29	加熱ヒーター	ヒーターカバーは損傷していないか	
		長期使用による素材等の摩耗	☐ 配管内の残液が固化していないか			常に高圧力下で疲労	☐ パルプのグランドパッキンに劣化はないか	30	攪拌、混合機	スクリー等清掃は実施されているか（スクリーに原料等が固着していないか）	
		異常圧力上昇等	☐ 内面ライニングは劣化していないか（酸などによりブリストアが発生していないか）	17	蒸留、精留塔	多湿環境	☐ エロージョンの恐れのある配管エルボ部は定期的な肉厚測定等を実施しているか			長期使用による素材等の摩耗	☐ メカニカルシールに異物の噛み込みはないか
		塩分の影響	☐ ベアリング保持器等に異物の混入はないか			デポジット腐食	☐ チューブに腐食はないか	31	配電盤、分電盤	機器の機能の停止	☐ 軸受部のメカニカルシールに摩耗はないか
		機器の機能の停止	☐ メカニカルシールに摩耗はないか			工程の中で腐食環境の生成	☐ 塩化物イオンを含む冷却水の場合、耐食性の高い材質のチューブを使用しているか			その他	☐ 電気コードに挟まり等はないか
5	配管（共通）	工程の中で腐食環境の生成	☐ 抜き取り等で仮設ホースを使用する際、ホースにねじれはないか			多湿環境	☐ ユニオン部に締付け不良はないか（ネジ山の潰れ等による維持管理の不備）			工程の中で腐食環境の生成	☐ 銅材は腐食していないか
		高温多湿環境	☐ 洗浄目的の残液が液封状態で加温等されていないか			エロージョン・コロージョン	☐ 遊休配管等に腐食性物質が堆積していないか	32	変圧器	長期使用による素材等の劣化	☐ コンデンサは絶縁破壊してないか、定期的に交換しているか
		多湿環境	☐ 海水の飛沫を受ける環境に敷設されている配管は外面腐食していないか			機器の機能の停止	☐ 中和剤（アルカリ）投入による溶接部の残留応力への作用（アルカリ応力腐食割れ）を受ける箇所は、定期的に非破壊検査等を実施しているか			その他	☐ ケーブル被覆に収縮等の劣化はないか
		濃淡電池腐食	☐ 逆止弁等は作動不良を起こす恐れがあるため定期的に点検しているか			多湿環境	☐ エロージョンの恐れのある配管エルボ部は定期的な肉厚測定等を実施しているか			機器の機能の停止	☐ 漏電警報にて電源遮断されるよう措置されているか
		防食塗装・被覆剥離	☐ パルプ等は定期的に交換されているか（内面ライニングは経年劣化していないか）			エロージョン・コロージョン	☐ フローコーター等の機器の異常はないか。			強風・台風	☐ ケーブル被覆に劣化はないか（ハンドホール等に油分が侵入していないか）
6	配管（エロージョン・コロージョン）	エロージョン・コロージョン	☐ 送液停止時など、トレースにより必要以上に高温状態になっていないか			長期使用による素材等の劣化	☐ パーナー開口部に雨水が浸入していないか	33	ボイラー	機器の異常動作	☐ タイマーリレーに動作不良はないか
7	配管（溶接部）	想定内の応力下で疲労（応力腐食割れ）	☐ 高圧ガス低温配管等、結露が発生しやすい配管は外面腐食していないか			物質の落下・ぶつかりによる破損	☐ 配管水平部など滞留しやすい箇所にスケール等が堆積していないか			長期使用による素材等の劣化	☐ 鋼製ステップは固定されているか（台風等の強風の影響を受けないか）
8	配管（フランジ部）	長期使用による素材等の劣化	☐ 残油しやすい配管は、確実に油抜きがされているか（遊休配管やバルブ閉鎖部は腐食性物質、残渣が堆積していないか）			その他	☐ フランジ部のパッキンに劣化、損傷はないか				☐ コイルは経年劣化していないか、定期的に交換しているか
9	配管（保温材部）	多湿環境	☐ 防食テープや外面塗装に劣化、剥離はないか			長期使用による素材等の劣化	☐ 遮断弁等は定期的に点検しているか				☐ 断路器の接点表面に荒れ等はないか
10	配管（サポート部）	多湿環境	☐ 固体を含む配管など、摩耗しやすい配管の点検頻度は適切か			物質の落下・ぶつかりによる破損	☐ 配管に膨れ等の劣化はないか				☐ ヒューズは定期的に交換しているか
			☐ エロージョンの恐れのある配管エルボ部は定期的な肉厚測定等を実施しているか			長期使用による素材等の劣化	☐ 炉内の付着物を定期的に除去するなど、管理は適切か				☐ 送風機等の機器に異常（送気量の低下等）はないか
			☐ 熱応力が加わる箇所などは、非破壊検査により定期的に点検しているか			長期使用による素材等の劣化	☐ チューブは確実に保護されているか（繰り返し運転でプロテクターにずれ等が発生していないか）				☐ フランジ部のシール材は、劣化、硬化等していないか
			☐ フランジ部のOリングは経年劣化（硬化）していないか			長期使用による素材等の劣化	☐ チューブは適切に温度管理されているか				
			☐ 保温材内部に雨水などが浸入していないか			長期使用による素材等の劣化	☐ ゴム製ホースの外装ブレード等は疲労により損傷等していないか（高温体が可燃物に接触する環境になっていないか）				
			☐ 配管と梁の隙間が湿潤環境になっていないか			長期使用による素材等の劣化					
			☐ 配管と防食板等の隙間に雨水が浸入していないか			長期使用による素材等の劣化					

第4章 石油コンビナート等災害防止3省連絡会議を踏まえた対策

平成24年頃に多数の死傷者を伴う重大な事故が続発したことから、平成26年に内閣官房の主導により3省（総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省）も参加して「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議」が設置された。

石油コンビナート等における重大な産業事故災害に係る情報の交換及び原因調査・分析に係る連携、重大な産業事故災害の防止並びに重大な産業事故災害の防止に向けた地方も含めた関係機関の連携強化策について検討を行い、重大事故の原因・背景に係る共通点、重大事故の発生防止に向けて事業者や業界団体が取り組む対策及び関係機関の連携強化策として国や地方公共団体等が連携して取り組む事項等について報告書がとりまとめられた。

4.1 報告書について

※石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議報告書

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/0722_01.pdf

【報告書の項目概要】

○石油コンビナート等における事故の発生状況

○最近の重大事故の原因・背景に係る共通点

年月	都道府県	内容	死傷者数
平成23年11月	山口県	塩ビモノマー製造施設の爆発死亡事故	死者1名
平成24年4月	山口県	レゾルシン製造施設の爆発死亡事故	死者1名負傷者21名
平成24年9月	兵庫県	アクリル酸製造施設の爆発死亡事故	死者1名負傷者36名
平成26年1月	三重県	多結晶シリコン製造施設の爆発死亡事故	死者5名負傷者13名

<重大事故の原因・背景に係る共通点>

● リスクアセスメントの内容・程度が不十分

- ・ 非定常作業時や緊急時を想定してのリスクアセスメント、設備・運転方法の変更時のリスクアセスメントが不十分。

● 人材育成・技術伝承が不十分

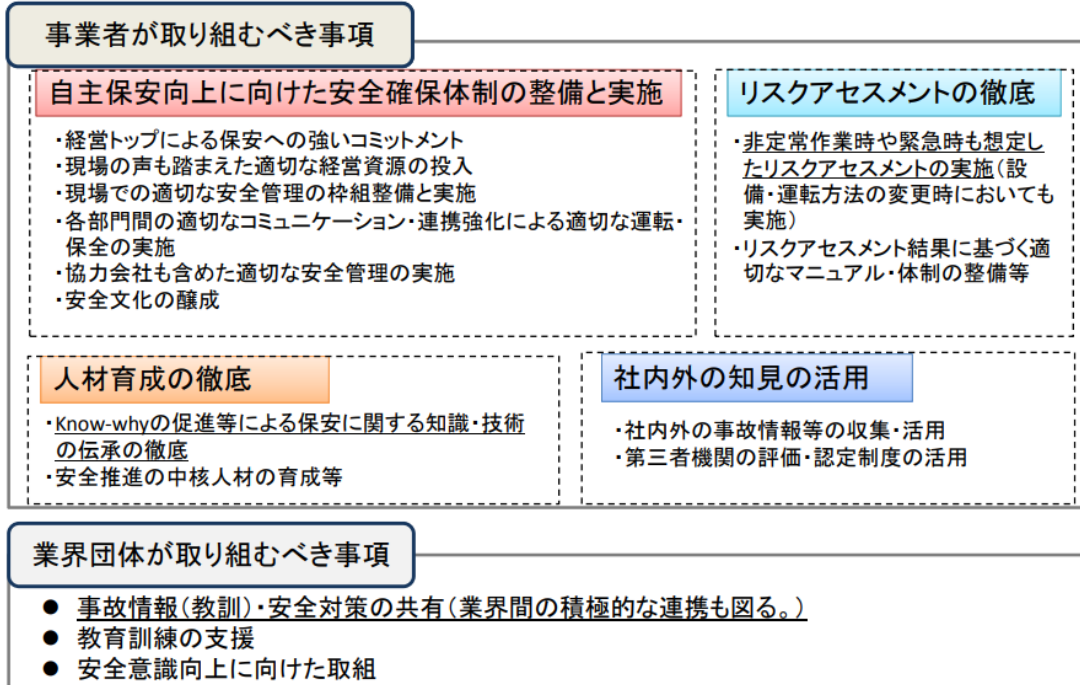
- ・ Know-whyの不徹底による緊急時対応能力、多様な事故等を経験した人材の減少による危険を予知する能力（リスク感性）が低下。

● 情報共有・伝達の不足や安全への取組の形骸化

- ・ 過去の事故情報が十分共有されず、安全対策への反映が不十分。安全への取組が形骸化し、現場保安力が低下。

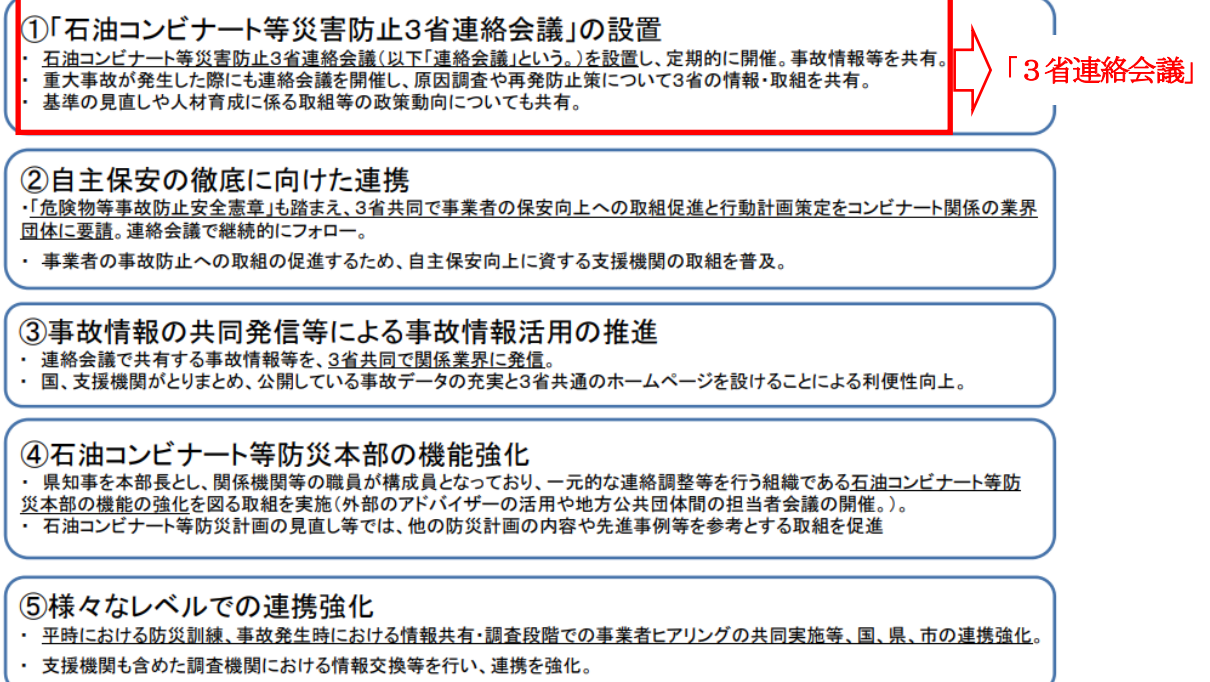
○事業者や業界団体が取り組む対策

重大事故に共通する問題を踏まえ、再発防止に向けた事業者等の取組が重要。



○地方(国の出先機関、都道府県等)も含めた関係機関の連携強化策

重大事故の発生防止に向けて、国等の関係機関が一丸となって5つの新たな取組を実施。



4.2 各業界団体の行動計画について

上記報告書において、「事業者や業界団体が取り組む対策」の着実な実施を図るため、学識経験者、危険物等関係団体及び3省の委員で構成される危険物等事故防止懇談会が作成した「危険物等事故防止安全憲章」も踏まえ、3省が連名で、事業者の保安向上への取組促進に向けた本報告書の周知徹底と業界団体における事故防止に向けた行動計画の策定を石油コンビナート関係の業界団体へ要請することとされ、業界団体において、事故防止に向けた行動計画の策定がなされている。

以下に、各業界団体の行動計画の URL を示す。

【業界団体の行動計画】

- 一般社団法人 日本化学工業協会
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/0722_18.pdf
- 石油化学工業協会
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r02/r02_hoankeikaku.pdf
- 石油連盟
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r02/r02_renmei.pdf
- 一般社団法人 日本ガス協会
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/2014_1225.pdf
- 電気事業連合会
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/sekikyukoudou_20141226.pdf
- 日本 LP ガス協会
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/jlpga_hoan_plan.pdf
- 一般社団法人 日本鉄鋼連盟
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/saigaiboushi_20150227.pdf
- 新金属協会
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/shinkinzoku_consent.pdf
- 日本タンクターミナル協会
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/h29/h29_itankutaminaru.pdf

4.3 行動計画のフォローアップについて

各業界団体が作成した行動計画に基づいて、事業者や業界団体が取り組む事項について、石油コンビナート等災害防止3省連絡会議で毎年フォローアップを実施している。

以下に、各業界団体の行動計画に基づくフォローアップの URL を示す。

- 令和6年3月開催 3省連絡会議「9業界団体のフォローアップ」資料

https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r05/01/shiryou2.pdf

第5章 原因究明と再発防止対策

事故が発生した場合、各事業者において同様の事故を防止するために、事故の原因究明を行い、再発防止対策を策定することとなる。大量の石油、ガス等を取り扱っている石油コンビナートにおける事業者として、再発防止対策の策定は重要な責務であると認識した上で取り組む必要がある。

適切な再発防止対策を策定するためには、適切に原因究明がなされていることが前提となる。原因究明の手法は様々であるが、一例としてF T A (Fault Tree Analysis) という手法があるため、本章で紹介する。

5.1 F T Aの基本

解析しようとする事象（望ましくない事象（頂上事象という。))を頂上において、それが生ずるためには何が起こらなければならないか？という質問をして、その事象の原因となる事象を全て挙げ、望ましくない事象とそれらの事象との間の因果関係を、論理記号を用いて結合する。次にそれらの一つ一つの事象についてその事象を起こす原因は何か、さらにそのまた原因となる事象は、というように論理記号を駆使して上から下へと逆トーナメント式に木の枝を広げるように組み立てていき、全ての事象がもうこれ以上展開できないところ（基本事象という。）まで続けていきできあがった図形を基にして解析を行う。この描かれた図形は、形状が頂上事象から木の枝が分岐するようになるため、F T (Fault Tree、故障の木)といい、これを用いた解析手法をF T Aという。

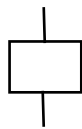
5.2 F T Aに用いられる記号

F T Aに用いられる記号は大別すると「事象記号」と「論理記号」に分けられる。

(1) 事象記号

① 事象

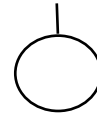
記号：矩形の枠



個々の事象を表わす。通常は欠陥事象を示す。F Tの頂上に設定する事象、解析しようとする事象を「頂上事象」と呼び、望ましくない事象（例えば、爆発、火災等の事故）が通常はトップ事象となる。

② 基本事象

記号：丸形の枠

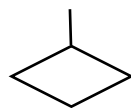


もうこれ以上展開されないような基本的な事象を示す。この記号から先へ出力されることはない。

操作ミス、勘違い等のヒューマンエラーは基本事象として扱われる。

③ 非展開事象

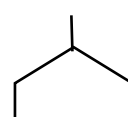
記号：菱形の枠



現時点ではそれ以上展開できない、あるいはそれ以上原因をたどることをやめた事象を示す。この記号から先へ出力されることはない。

④ 通常事象

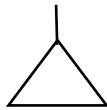
記号：家形の枠



欠陥事象ではなく、通常の状態でシステムに生ずると思われる事象を示す。本来は欠陥あるいは危険といえない事象や、常態で発生すると思われる事象等を表わす。この記号から先へ出力されることはない。

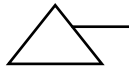
⑤ 移行記号

記号：三角形の枠



(IN)

F T図上の関連する部分への移行または連結を示す。三角形の頂上から線の出ているものは、そこに移行して来ることを示す。



(OUT)

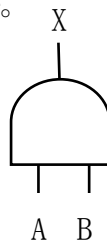
三角形の横から線の出ているものはそこから移行して行くことを示す。

(2) 論理記号 (論理ゲート)

事象間の因果関係を表現するものが論理記号である。

① AND ゲート

全ての入力事象が起きたとき出力事象が起こることを示す。本図の場合、A と B の両方の入力事象が共存しなければ出力事象 X は発生しない。



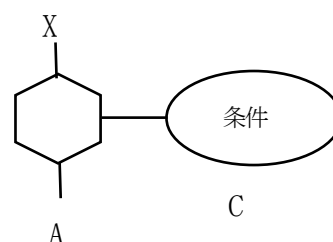
② OR ゲート

入力事象のうち少なくとも1つが起きると出力事象が起こることを示す。本図の場合、A 又は B の入力事象のうち、いずれか1つが存在すれば出力事象 X が発生する。



③ 制約ゲート

入力事象が起きるとともに、ある条件を示す事象が起きたときのみ出力事象が起こることを示す。本図の場合、A の事象が存在し、かつ C の条件事象が満足されると、初めて出力事象 X が発生する。



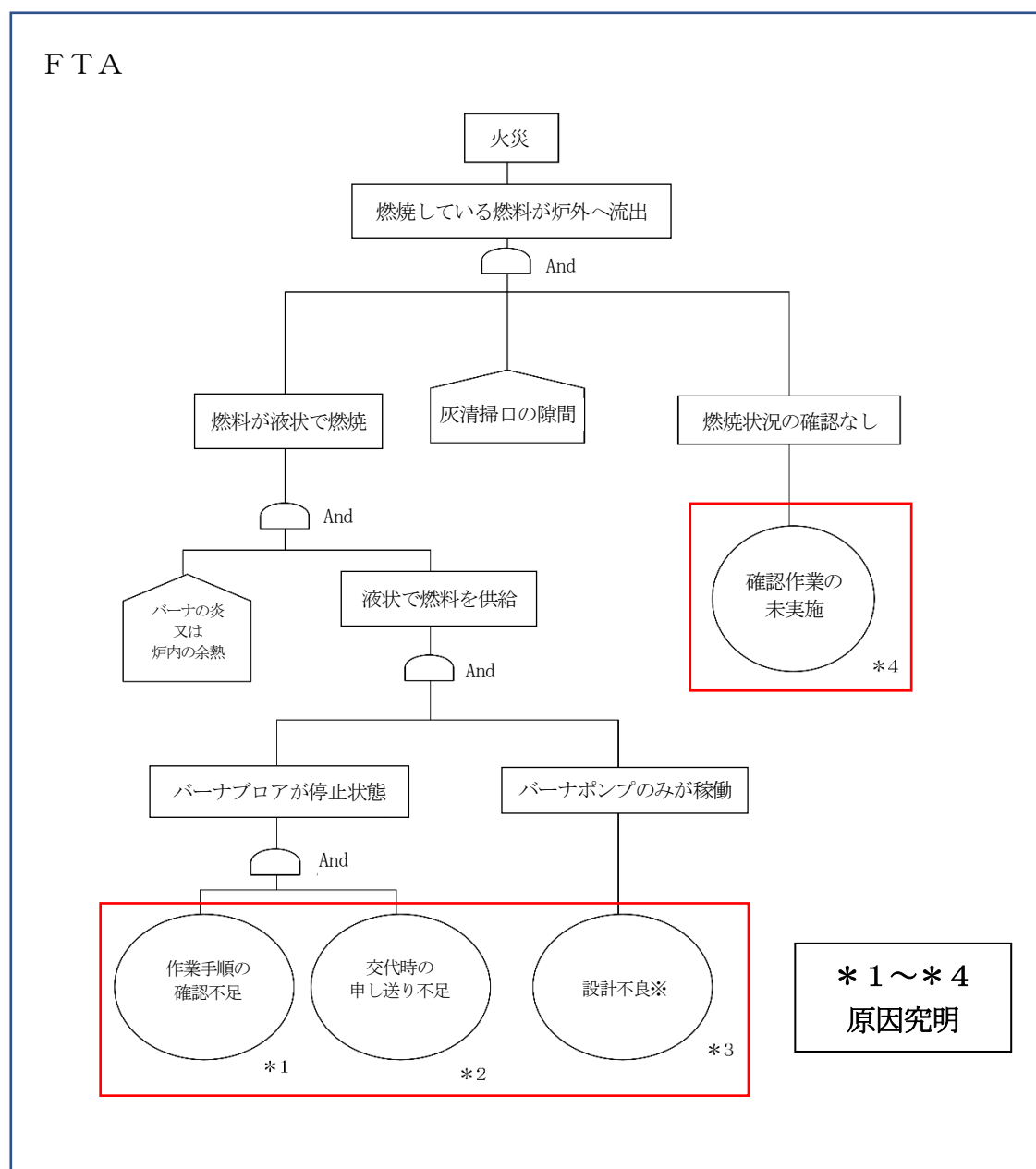
5.3 FTAの実施例

災害事例分析にFTAを活用すれば、根本原因を追及する際に、分析が論理的に展開され、図形化されることで視認性が高まり、見落としが少なくなる効果が期待できる。根本原因以外の原因についても列挙されることで、発災した事故（頂上事象）とは直接関係ないが、場合によっては事故の原因になったかもしれない要因についても把握できるというメリットもある。ここでは、FTAを災害分析に活用した事例を紹介する。この他にも文献1)～7) などがあるので参考にされたい。

事例1（焼却炉重油火災）

事故概要：

ばい煙処理施設の臨時の内部点検終了後、現場作業員はバーナブローが稼動していると思い込み、バーナブローを稼動させることなくバーナに点火した。バーナブローが停止状態であったため、燃料のA重油は噴霧状にならず液状のまま供給され、バーナの火種又は炉内の余熱により着火し、燃えながら焼却炉の灰清掃口を通して炉外へと流出し、火災となった。



事故原因：

- ・ 今回の点検が臨時の点検であったにもかかわらず、停止させる必要がないバーナブローアを停止させてしまい（通常点検時には停止することとなっている）、また、停止させたことを引継ぎ時に申し送らなかった。（＊１・＊２）
- ・ バーナブローアとバーナポンプが個々に稼動可能であった。（＊３）
- ・ バーナに点火した際、点検口から燃焼状態の確認をすることとなっているが、作業員が怠った。さらに操作室にて炉内温度の確認及びモニターによる燃焼状態の確認もすることとなっているが、怠った。（＊４）

再発防止対策：

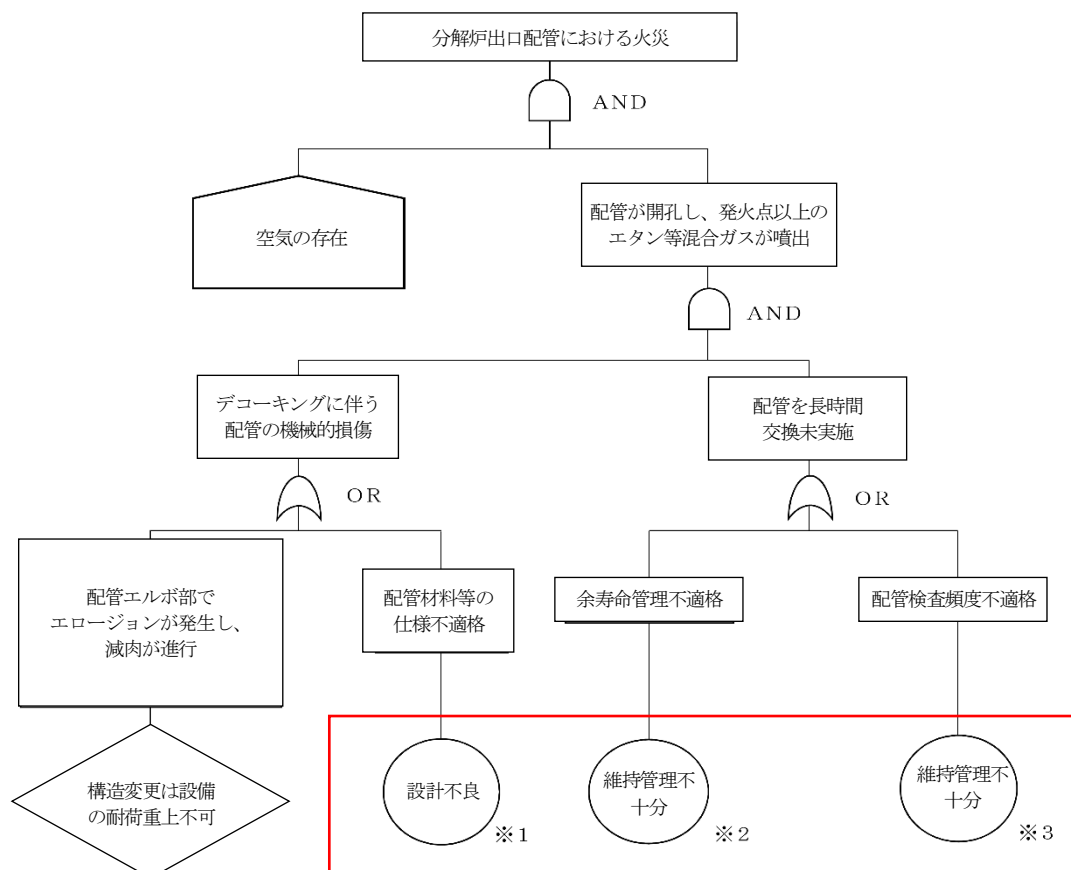
- ＊１：「焼却炉稼動前チェックリスト」を活用して、作業手順の徹底を図った。
 - ＊２：「引継ぎ表」を作成して各現場作業員間における連絡体制の強化を図った。
 - ＊３：バーナブローアとバーナポンプを個々に稼動できないようシーケンスを改良した。
 - ＊４：年間教育計画に「専門教育」の項目を追加して、バーナの取扱い要領及び確認・監視作業の重要性について周知徹底を図ることとした。
- 【その他】より一層の安全を図るため、誤操作時や装置に異常（燃焼状態の異常等）が発生した際に装置が停止するようなインターロック機構の設置が望まれる。

事例 2（A装置内の分解炉出口配管における火災）

事故概要：

A装置の分解炉の出口配管エルボ部に開孔が発生し、発火点以上のエタン等混合ガスが噴出して発火したもの。

F T A



※1～※3 原因究明

事故原因：

通常運転にて発災箇所の上流にある分解炉内の輻射管にてコークが生成するため、定期的にデコーキング作業を実施していた。デコーキングにより除去されたコーク及び燃焼煤等の気流中に含まれる固体粒子が、気流とともに、配管母材部に繰り返し衝突することにより、配管母材がエロージョンによって、エルボ部に部分的な減肉が急速に進行したことで開孔に至り、高温（835℃）の可燃性のエタン等混合ガスが噴出することで着火したものと推定する。

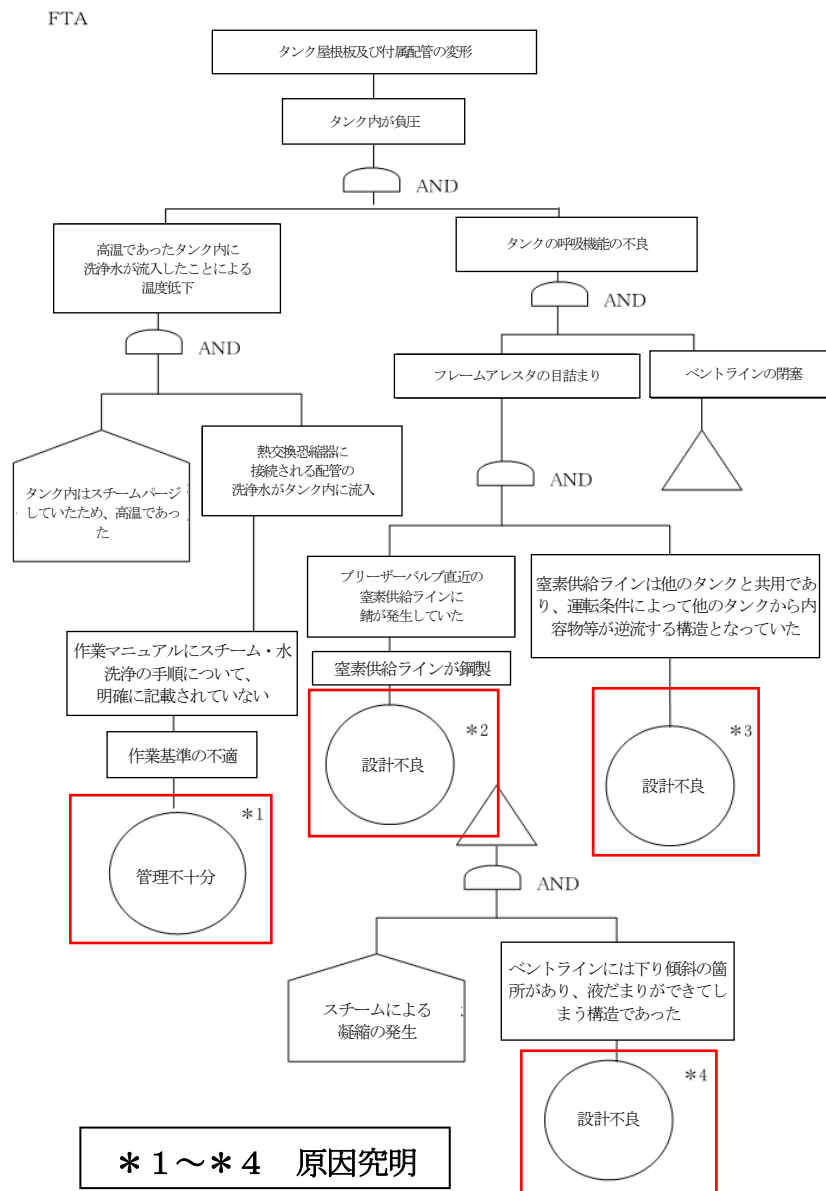
再発防止対策：

- ※ 1：配管材質の変更についての検討を行ったが、使用しているKHR 3 5 C Lは耐クリープ性に優れ、炉外配管用に特化した材質であり、これに代わる材質は現在のところ確認できなかった。しかしながら、A装置の運転環境、設備改善のための検討は日々行われており、その中で配管の新規材料の探究も行われている。炉外配管に、現行のものより適した材料が確認された場合は、そちらへの転換を計画していく。
- ※ 2：「前回の測定値と今回の測定値から求めた減肉速度」、「設置時の測定値と今回の測定値から求めた減肉速度」及び「これまでに観測された最大の減肉速度」を比較し、最も大きな減肉速度で余寿命評価を行うこととする。
- ※ 3：コークの付着状態の監視を行うとともに付着量に応じた検査計画を行うことを検査手順書である「分解炉検査手順」に明文化した。算出された余寿命の2分の1となる年数が経過した際、もしくはコークの固着する速度が年間で 2.4 m^3 を超える場合には検査実施の要否を再検討することとし、今後は3カ月ごとに関係者にて、コーク固着量と配管の減肉状況についてデータの検討を行う。

事例3 (B設備メタノールタンク破損事故)

事故概要：

B設備の重合槽増強工事に伴い、同設備内の精製メタノールタンク及び関連機器からメタノールを抜液の後、系内の洗浄作業を行なった。タンク及びベントラインをスチームパージしつつ、一方で精製塔熱交換凝縮器の水洗浄を行い、同タンク内へ洗浄水を回収したところ、異音が発生し、タンクの屋根板が変形した。



事故原因：

タンクのスチームパージ中にメタノール精製塔凝縮器の洗浄水が流入したことによりタンク内が冷却され、タンク内で急激な温度低下が生じた。負圧防止のためのブリーザーバルブを設けているが、フレイムアレスタの目詰まりにより機能せず、またベントラインについてもタンクから集合ベントラインの間に液だまりが生じており、空気を取り入れが間に合わず、急激にタンクの内圧が下がり、タンク屋根板及び付属配管が変形したものと推定される。

再発防止対策：

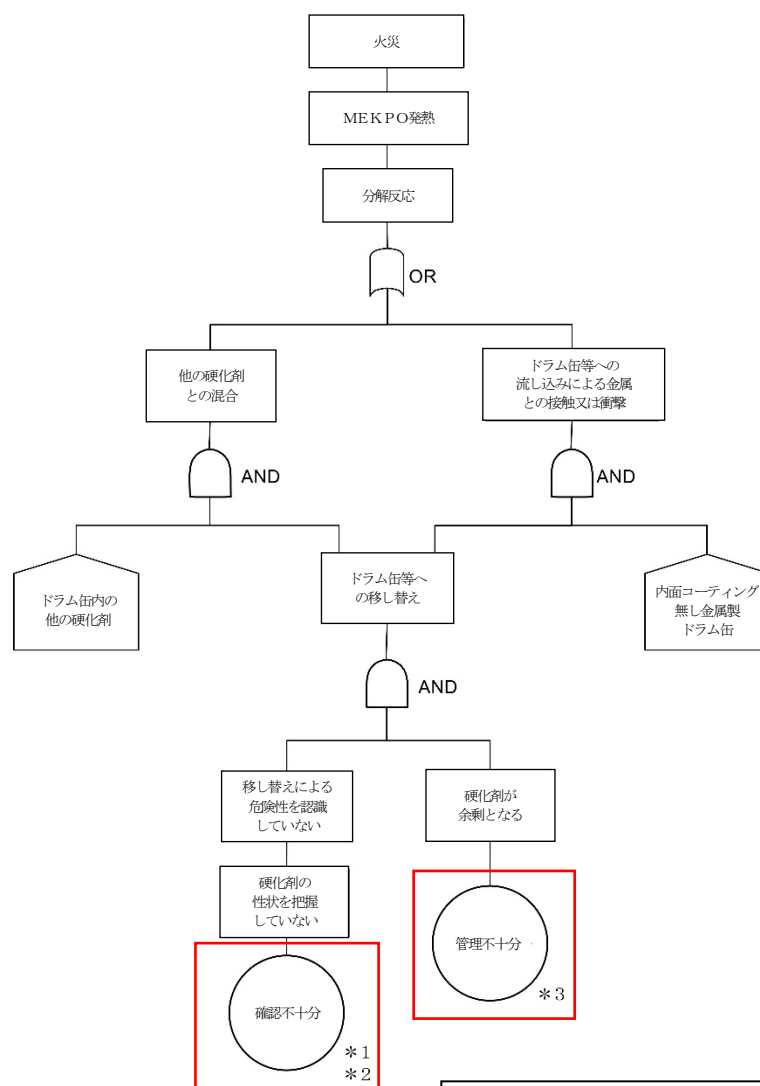
- * 1：洗浄作業時における作業マニュアルの見直し
 - ・タンク及びベントラインのスチームパージと熱交換凝縮器の水洗浄を同時期に行なわないよう作業マニュアルに明記した。
- * 2：窒素供給ラインの錆防止
 - ・窒素供給ラインは SUS304 製とした。
- * 3：ブリーザーバルブの錆詰まり防止措置
 - ・窒素供給ラインを各タンク別系統とした。
 - ・通気管等の点検頻度を見直した。
定期自主点検：1年に1回⇒1年に3回
分解点検：10年に1回⇒2年に1回
- * 4－1：集合ベントラインの液だまり防止措置
 - ・タンクから集合ベントラインの間に液だまりが生じないように配管敷設形状の修正を行った。
 - ・負圧防止のためのシールポットは、集合ベントラインに他タンクと共通のものとして設置されていたが、それぞれのタンクごとに設置することとした。
- * 4－2：社内基準の改訂
 - ・ベントライン等は、V字、U字、下り傾斜等の液だまりが生じる構造にしないよう設置基準を改訂した。

事例 4（硬化剤が発火したことによる少量危険物倉庫の火災）

事故概要：

余剰となったタンクコーティング用フレーク硬化剤（第5類第2種自己反応性物質、メチルエチルケトンパーオキシド、以下「MEKPO」と記す）約48リットルを産業廃棄物処理業者が回収時に使用するドラム缶（鋼製、200リットル）へ、移し替えたところ出火し、消火器により消火を試みたが、少量危険物貯蔵庫に延焼した。また、火災により従業員が1名負傷した

F T A



* 1～* 3 原因究明

事故原因：

ドラム缶に残留していたエポキシ樹脂系硬化剤と混合、投入時の衝撃、金属製容器との接触など、複数の要因により、投入された多量のタンクコーティング用フレーク硬化剤（メチルエチルケトンパーオキシド）の自己分解反応が促進され発火したものと推定される。

再発防止対策：

- * 1：危険物取扱指示書を改訂し、事業所従業員及び協力会社従業員（産業廃棄物処理業者・運搬業者含む）に廃棄物の危険性について周知徹底する。
- * 2：コーティング用硬化剤の廃棄は単独で行い、製品容器からの移し替えは行なわない。
- * 3：コーティング用硬化剤は、必要量のみ使用する。

【F T Aを災害分析に活用するにあたり参考となる文献】

- (1) F T A安全工学 井上威恭監修 総合安全工学研究所編
日刊工業新聞社 (1979)
- (2) F M E A・F T A実施法 著者：鈴木順二郎・牧野鉄治・石坂茂樹
日科技連出版社 (1982)
- (3) JIS C 5750-4-4：2011
ディペンダビリティ マネジメントー第4ー4部：システム信頼性のための解析
技法ー故障の木解析 (F T A)
- (4) IEC 61025 Fault tree analysis (FTA)
- (5) Center for Chemical Process Safety (April 2008). Guidelines for Hazard
Evaluation Procedures (3rd ed.). Wiley. ISBN 978-0-471-97815-2.
- (6) Center for Chemical Process Safety (October 1999). Guidelines for
Chemical Process Quantitative Risk Analysis (2nd ed.). American Institute
of Chemical Engineers. ISBN 978-0-8169-0720-5.
- (7) 総務省消防庁
「危険物流出等の事故の調査マニュアルについて」
(平成20年8月12日付け消防危第317号)
<https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/assets/200812ki317.pdf>

第6章 事故防止に係る事業者と行政機関の連携

事故の原因究明及び再発防止対策については第5章で記載しているが、各事業者において取組み、事業所内で水平展開等を行い、類似事故の防止を図っている。

一方で行政機関においては、事故調査の実施、事業者から提出された事故報告書に基づき再発防止対策の確認等を行い、必要に応じて事業者へ指導することで類似事故の防止を図っている。

このように事業者及び行政機関において、各々が事故防止に係る取組みを行っているところであるが、両者が連携して取り組むことで多くの事業所へ幅広く、効率的かつ効果的に事故防止に係る情報の共有が図られるものとする。

本章では、事業者と行政機関が連携し事故防止に取り組む事例を紹介する。

事例1 コンビナート防災診断

○取組みの概要

四日市市では、消防関係法令の基準適合状況等を確認する立入検査とは異なり、消防本部が四日市コンビナート地域防災協議会加盟事業所（全33事業所）を対象に、事業所の自主保安に係る取組みについて「コンビナート防災診断」として、対面にてヒアリングを実施している。

ヒアリングの主な項目としては、リスクアセスメント、地震・津波をはじめとする自然災害対策、人材育成を含めた従業員教育等の実施状況が挙げられる。

○取組みのポイント

- ・消防本部がヒアリングを行うが、各事業所の取組みを評価するものではなく、あくまで自主保安としての取組みについて、他の事業所にも有用となるものを収集する目的で実施している。
- ・結果は、診断を受けた事業所のみに通知するのではなく、有効と考えられる事例、効果的な取組みについてとりまとめ、協議会に加盟する全ての事業所あて結果を送付している。（令和5年度は33事業所の防災診断を実施）

令和5年度コンビナート防災診断実施結果の抜粋

※無断転載・引用禁止	
令和5年度コンビナート防災診断 実施結果（全体）	
四日市市消防本部	
令和5年度コンビナート防災診断実施結果（全体）	
● 実施期間	令和5年5月31日～令和5年8月9日
● 実施機関	四日市市消防本部、三重県防災対策部
● 実施事業所	コンビナート事業所（33事業所）
● 目次	
はじめに	P 2
コンビナート防災診断日程	P 3
第1 危険物施設等の地震対策について	P 4
1 診断結果	
2 総評	
3 改善事項	
4 参考となる取組み事例	
第2 危険物施設等の津波対策について	P 6
1 診断結果	
2 総評	
3 改善事項	
4 参考となる取組み事例	
第3 危険物施設等の風水害対策について	P 9
1 診断結果	
2 総評	
3 改善事項	
4 参考となる取組み事例	
第4 災害発生時における住民連携について	P 10
1 診断結果	
2 総評	
3 改善事項	
4 参考となる取組み事例	
添付資料	P 12

○防災診断の一例

過去に実施した「人材育成」に係る防災診断では、次の項目についてヒアリングし、事故防止に有用であると考えられる取組みをとりまとめている。

- ・ソフト面のヒューマンエラー対策
- ・従業員の理解度差の埋め方
- ・装置の設計思想及び作業手順書の背景にある原理原則の教育



診断結果としてとりまとめ、各事業所のヒューマンエラー対策に役立てるよう依頼している。

事例2 大規模危険物施設に係る事故防止会議

○取組みの概要

宮城県の石油コンビナート等特別防災区域（仙台地区）にあるレイアウト第1種事業所は、大規模な危険物施設を多数保有しており、さらには仙台市、多賀城市、七ヶ浜町に跨って立地している。このような状況から、当該事業所と仙台市消防局、塩釜地区消防事務組合消防本部（多賀城市、七ヶ浜町を管轄）、宮城県（宮城県石油コンビナート等防災計画を所管）の4者による連携した重大事故防止対策の推進を目的とし、その年に発生した事故事例や最新の法令改正の情報、事業者の最新技術等を題材に互いに意見を交換する場として、年2回、標題の会議を実施している。

○取組みのポイント

当該事業所のように複数の市町を跨いで立地している場合、事故防止対策及び法令やガイドライン等の運用については、参画する4者が一定の共通認識を持って統一的に取り組むことが必要であるため、顔の見える関係の構築を会議の主眼としている。

事業所側としても、当会議を行政機関に対し最新技術や他事業所の取り組みを紹介する場として活用しており、行政側も多くの最新情報等を得られる貴重な機会ととらえている。これにより得られた知見、情報等を消防機関から他の事業者へ展開することで、多くの事業所における事故防止に活用している。

参考文献

第2章

『自衛防災組織等の防災要員のための標準的な教育テキスト』
自衛防災組織等の教育・研修のあり方調査検討会（2018）

『有機被覆による防食の原理』 危険物保安技術協会

『高圧ガス事故の統計と解析 事故知識の伝承と活用【改訂版】』
特別民間法人高圧ガス保安協会（2023）

『消防ポンプ』 財団法人全国消防協会（1994）

第5章

『FMEA・FTA実施法』 著者：鈴木順二郎・牧野鉄治・石坂茂樹
日科技連出版社（1982）

『川崎市コンビナート安全対策委員会資料』 川崎市消防局予防部保安課

事故事例集

事故事例 目次

表1.1.1	設計面・爆発事故・全業態・.....	1
表1.2.1	設計面・火災事故・化学工業・.....	2
表1.2.2	設計面・火災事故・鉄鋼業・.....	3
表1.2.3	設計面・火災事故・石油製品等製造業・.....	4
表1.3.1	設計面・漏えい事故・石油製品等製造業・.....	5
表1.3.2	設計面・漏えい事故・化学工業・.....	6
表1.3.3	設計面・漏えい事故・電気業・.....	7
表2.1.1	施工面・爆発事故・全業態・.....	8
表2.2.1	施工面・火災事故・化学工業・.....	9
表2.2.2	施工面・火災事故・石油製品等製造業・.....	10
表2.2.3	施工面・火災事故・鉄鋼業・.....	11
表2.3.1	施工面・漏えい事故・石油製品等製造業・.....	12
表2.3.2	施工面・漏えい事故・化学工業・.....	13
表2.3.3	施工面・漏えい事故・電気業・.....	14
表3.1.1.1	維持管理面・人的要因・爆発事故・全業態・.....	15
表3.1.2.1	維持管理面・人的要因・火災事故・鉄鋼業・.....	16
表3.1.2.2	維持管理面・人的要因・火災事故・化学工業・.....	17
表3.1.2.3	維持管理面・人的要因・火災事故・石油製品等製造業・.....	18
表3.1.3.1	維持管理面・人的要因・漏えい事故・石油製品等製造業・.....	19
表3.1.3.2	維持管理面・人的要因・漏えい事故・化学工業・.....	20
表3.1.3.3	維持管理面・人的要因・漏えい事故・電気業・.....	21
表3.2.1.1	維持管理面・物的要因・爆発事故・全業態・.....	22
表3.2.2.1	維持管理面・物的要因・火災事故・鉄鋼業・.....	23
表3.2.2.2	維持管理面・物的要因・火災事故・石油製品等製造業・.....	24
表3.2.2.3	維持管理面・物的要因・火災事故・化学工業・.....	25
表3.2.3.1	維持管理面・物的要因・漏えい事故・石油製品等製造業・.....	26
表3.2.3.2	維持管理面・物的要因・漏えい事故・化学工業・.....	27
表3.2.3.3	維持管理面・物的要因・漏えい事故・電気工業・.....	28

※ 各表の項目ごとに代表的な事例を掲載した。

【 表1.1.1 設計面・爆発事故・全業態 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	環境要因	着火要因
1	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【3件】	粉砕機 (ミル、ベルベライザー、ア トマイザー)	その他 (微粉炭)	必要とされる機能が備わっていない	石炭供給量増加に伴い石炭ミル下部に残滓が多量に出たが、排出できなかったため装置を停止、ミル内に窒素封入を開始した直後、ミル内の赤熱した石炭が排出され、バグフィルター設備内で溜まっていた微粉末状の石炭に引火して、粉塵爆発が発生したもの。	石炭ミル残滓排出口における石炭の残滓 渋滞防止対策を設備化すること	粉塵	高温体 (石炭)
2		ふるい、分級機	その他 (粉体)	その他	一定の粒径以下の粉末を機械で選別する工程において、粉体をコンテナに送るための合成樹脂製チューブが帯電防止構造になっていなかったため、静電気火花により粉塵爆発を起こしたもの。	合成樹脂製チューブを導電性のあるもの に設計変更すること	・粉塵発生 ・帯電防止機能のない チューブの設置	火花 (電気火花)
3	移送 【1件】	配管 (送油、注入管等)	その他 (可燃性蒸気)	機器を使用条件どおりに使用しない	ボイラーのスタートアップ中、混合ガス配管の途中にある現在は使用されていない水封式逆火防止器の水を抜いて配管の一部として使用していたことから、当該逆火防止器の大気開放弁から休止中に配管内に入り混んだ外気が混合ガスと爆鳴気を形成、送気のためバルブを開いた瞬間に配管内にガスの流れが発生し、配管内の粉塵等により静電気又は金属粉同士の衝突による火花が発生し、爆鳴気に着火して爆発したもの。	可燃性ガスや可燃性物質のラインに不意 に空気や酸素が入るような設備・設計が されていないか工場内を再確認すること	・不要機器を残したまま の設計 ・大気流入による可燃 性ガスの形成	火花 (静電気又は金属粉接 触)
4	その他 【3件】	その他 (熱水タンク)	危険物	必要とされる機能が備わっていない	2つの工程（仕上げ室の洗浄、熱水タンクのスタートアップ）を同時に行っていた。仕上げ室の洗浄には熱水タンクの水を使用していたが、熱水タンクの水補給弁を全閉としていたため、圧力差により熱水タンクとつながっていた高危混合設備から可燃性液体及び可燃性ガスが作業室に逆流し、制御盤等の電気設備により着火し爆発したもの。	可燃性ガス逆流を防止する為に逆止弁を 挿入するとともに、インターロックにて 熱水回収ポンプ電流・流量低下を検知し 熱水バルブを閉止する設計に変更すること	・逆止弁の未設置 ・インターロックによる 流量検知及びバルブ 閉止	火花 (電気火花)
5		その他 (排水処理施設)	その他 (可燃性蒸気)	必要とされる機能が備わっていない	排水処理施設に液送する前に活性炭で吸着処理を行う中継層に送られる蒸気ドレン水に、高濃度で引火点・発火点が低い有機化合物が含まれており、中継層に滞留した可燃性蒸気へ静電気火花により着火し爆発したもの。	中継層、機器への静電気対策を装置に組み 込むこと	中継槽及び機器に対する 帯電防止措置の未設置	火花 (静電気)

- ・【 】内の数値は、平成25年～令和4年の事故件数を示す。
- ・事故はすべての業態から抽出。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表1.2.1 設計面・火災事故・化学工業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	環境要因	着火要因
1	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【4件】	押出機、造粒機	指定可燃物	想定を越えた温度の発生	押出機のスリット部（開口部）から蒸気と同伴して樹脂が噴き出しており、シリンダー上部に堆積していた。運転準備のために押出機の昇温中、一部の電気ヒーターが設計不良により過剰に発熱したため、堆積していた樹脂が発火したもの。	押出機のスリット部に樹脂が入り込まない設計とすること	樹脂侵入防止構造の未設計	過熱 （電気ヒーター）
2				その他	実験中の押出機からスクリューを抜き出す際、繰返しの昇温によって原料樹脂が溶融するとともにスクリューによって樹脂が引き延ばされたため、熱分解により低分量化し、発火点が低下して自然発火したもの。	押出機におけるスクリュー抜き出し作業時に樹脂を過熱し過ぎないように設計とすること	・樹脂の昇温 ・樹脂の引き延ばしによる低分量化	自然発火 （樹脂）
3		粉碎機 （ミル、ベルペライザー、アトマイザー）	（その他）	処理能力不足 （処理能力の限界を超えたため溢流等）	設計不良により処理能力を超える物質が投入され粉碎機が固着し、粉碎機駆動用電動機からの動力を伝達するVベルトが空転し続け、摩擦により出火したもの。また設置されているモーターブレーカーは動作しなかった。	粉碎機駆動用電動機のモーターブレーカーを過負荷時に直ちに作動させる設計とすること	・駆動ベルトの空転 ・過負荷時に即動作するブレーカーの未設計	摩擦熱 （Vベルト）
4	移送 【3件】	配管 （送油、注入管等）	危険物	必要とされる機能が備わっていない	ろ過乾燥機への液抜き用挿入管設置工事の際、挿入管の上端を誤って窒素保圧用配管への分岐点より下方に設置したため、外気温による昇温により内圧が上昇した際、窒素配管側にスラリー液が逆流。窒素減圧弁の排気口より漏えい、静電気により漏えいしたトルエンに引火したものの。	窒素保圧を維持するような配管接続箇所を見直すこと	窒素保圧用配管への配管誤接続	火花 （静電気）
5					廃油配管とアルキルアルミニウム配管を縁切りするためのバルブ部分に、何らかの原因により微量の水分が混入したことから、配管内の圧力が急激に上昇し、バルブのシール（テフロン）が破損してアルキルアルミニウムが漏えいし、自然発火したものの。	アルキルアルミニウムの特性を考慮し、系内に水分を混入させない設計とすること	・自然発火性物質取り扱い ・配管への水の混入	自然発火 （アルキルアルミニウム）
6	炉 【3件】	乾燥炉	指定可燃物	必要とされる機能が備わっていない	乾燥押出機出口にあるカッターのギアボックスカバーの隙間に小粒径のゴムが堆積し、最終的に出力側軸シール部までゴムが侵入したことでオイル漏れが発生、オイルがゴム表面に付着し熱風及び水蒸気に曝されることで劣化が進み、局所的な断熱的環境で発熱し発火したものの。	乾燥押出機のカッターギアボックス内に外部からゴムを浸入させない構造とすること	樹脂侵入防止構造の未設計	自然発火 （ギアオイル）
7		金属、ガラス熔融炉	その他	処理能力不足 （処理能力の限界を超えたため溢流等）	溶解硝子溶解槽の耐火レンガ取り換えのため熔融硝子を専用桶で水を流しながら廃棄中、同時作業で行っていたレンガ剥離作業による破片と水圧の強さの影響により熔融硝子が専用桶から溢れ、専用桶の下方にあったフレコンバック等の可燃物に着火したものの。	熔融硝子を廃棄する際、飛散防止のために蓋を設置すること	・高温物質の溢流 ・飛散防止用の蓋の未設置	高温体 （熔融硝子）
8	塔槽類 【2件】	その他の塔槽類	高压ガス	－ （必要とされる機能が備わっていない）	運転中の高压ガス配管が内圧上昇により破裂板が破裂した。破裂板上部の垂直配管に水抜き穴が設置されていたことから、この水抜き穴からエチレンガスが噴出し静電気により着火したものの。	破裂板上部の垂直配管への雨水浸入対策は水抜き穴ではなく、破裂板上部に容易に吹き飛ぶカバーを設置すること	水抜き穴からの可燃性ガスの噴出	火花 （静電気）
9			その他	必要とされる機能が備わっていない	リキッドコンデンサ予備機の入側配管に設置された仕切弁の隙間から粗フタル酸が入側配管内に漏れ、この粗フタル酸が緩んでいたフランジ部から漏えい、配管と保温材の隙間に堆積していた。試運転のため予備機側に高温空気を流入させたため、配管と保温材の隙間に堆積した粗フタル酸が発火したものの。	仕切弁に閉止板を挿入し可燃物の流入を防ぐとともに、不要な保温材は撤去すること	可燃性物質の堆積	高温体 （高温空気）
10	その他 【6件】	その他	危険物	必要とされる機能が備わっていない	コンプレッサーオイルタンク内に可燃性ガスが流入するとともに、天板フランジの歪みによる隙間からの大気吸込みによりタンク内は燃焼範囲に入る可燃性混合気が形成されており、オイルの循環による流動帯電により静電気により着火したものの。	タンク内への窒素導入及びタンク本体にアースを設置して流動帯電を低減させること	可燃性混合気の形成	火花 （静電気）
11			その他	必要とされる機能が備わっていない	装置内のスクリューとゴムが空回りをしたため、一度運転を停止しゴムを取り出し、新しいゴムを投入して運転を再開したところ、始動用抵抗器の切替用電磁接触器の溶着により抵抗器へ長時間大きな電流が流れ、異常発熱によりモーター始動用抵抗器から出火したものの。	始動用抵抗器の切替用電磁接触器の溶着による過電流が発生しないよう、汎用インバーターによる制御方式へ変更すること	電磁接触器の溶着	電気 （過電流）
12			その他	想定を越えた温度の発生	自立型パッケージエアコン内部のファン駆動用Vベルトが劣化により切断してもファンモーターが駆動を継続し、後付けした再熱ヒーターの過剰温度上昇防止対策が不足していたことから、ファン羽根が溶融、再熱ヒーターに付着し白煙が発生したものの。	再熱ヒーターを後付けする際には過剰温度上昇防止対策を徹底すること	・駆動ベルトの切断 ・温度上昇防止対策のない後付け機器設置	過熱 （再熱ヒーター）
13			その他	その他	染料中間物を粉碎機にて粉碎作業中、捕集容器（粉体飛散防止用/難燃材）内で粉碎され粉体となった染料が粉じん雲を形成し、静電気により着火したものの。	粉碎機により粉碎される粉体を捕集する捕集容器（粉体飛散防止用/難燃材）の帯電防止措置を講じること	・粉塵 ・帯電防止措置の未設計	火花 （静電気）

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高压ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表1.2.2 設計面・火災事故・鉄鋼業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	環境要因	着火要因
1	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【2件】	集塵機	その他	必要とされる機能が備わっていない	手動切断機で鋼材を切断中、隣接する集塵機に火花が侵入したため、集塵機のフィルターから出火したもの。	隣接機器からの切断火花が集塵機ダクトへ侵入しない構造にすること	火花が集塵機に侵入する構造	火花 (切断)
2				その他	チタン材の試験片表面をペーパーグラインダーで研磨作業中、通常よりも研磨する試験片の量が多かったことから火花が多く発生し、集塵機で吸引した金属粉とともに吸い込んだ火花が、吸込口の引火防止用金網や湾曲したダクト配管で消されことなく、集塵機内部の可燃物（木綿製）でできたフィルターに着火し出火したもの。	研磨時に発生する火花が集塵機に侵入しない構造とすること	火花が集塵機に侵入する構造	火花 (切断)
3	移送 【2件】	運搬車	その他	必要とされる機能が備わっていない	溶鋼鍋を運搬車に積載するため、溶鋼鍋をクレーンで吊り上げ移動していたところ、溶鋼鍋から火の粉が飛散し、付近の資材置き場に保管されていた可燃性の梱包材等に着火、出火したもの。	クレーンを設置する際は可燃物の上空を通過しない経路を選定すること	可燃物上へのクレーン経路の設置	高温体 (溶鋼)
4		コンベア、フィーダー	指定可燃物	その他	ベルトコンベアを停止させるための操作を行ったが、何らかの原因で回路のリレー接点が接したままの状態となっており、ベルトコンベアが運転し続け、さらに、回路の設計不良により非常停止させることもできなかったため、ブレーキが作動したままの状態でベルトコンベアが運転し続け、摩擦熱によりブレーキドラムが過熱し、減速機のオイルシールが溶損して漏えいした潤滑油に着火したもの。	コンベアのブレーキが作動したままとならない対策を講じた安全な回路とすること	ベルトコンベアの異常運転	摩擦熱 (ブレーキドラム)
5	炉 【1件】	熔融炉 (高炉)	－ (その他)	必要とされる機能が備わっていない	溶鋼の入った取鍋から溶鋼を鑄型に移す作業中、取鍋下部に設置されているスライディングノズルとターレットの羽口の隙間を埋めているモルタルの隙間に溶鋼が流れ込んだため、損傷したスライディングノズルから溶鋼が流出し、地上にあった合成樹脂製ホースに着火し出火したもの。	スライディングノズル部のモルタルは強度のあるものを使用すること	スライディングノズル部のモルタルの強度不足による損傷	高温体 (溶鋼)
6	その他 【3件】	その他	危険物	処理能力不足 (処理能力の限界を超えたため溢流等)	薄板巻き取り作業中、塗油機内のガイドに蛇行した鋼板が接触し、発生した火花が周囲の防錆油に着火し出火したもの。	鋼板の巻き取り機器に蛇行検知を設置すること	・鋼板の蛇行検知設備の未設置 ・塗油機の間口が鋼板の蛇行を想定していない	火花 (接触)
7				必要とされる機能が備わっていない	ステンレス鋼板の表面研削中、鋼板コイルが研削機器のリールから外れたため、鋼板コイルが適切に送られず、同一箇所を通常以上に研削したことにより研削油が過熱し、発火したもの。	鋼板コイルの研削機器においてコイルがリールから外れた場合の自動停止装置を設置すること	リールから外れた際の自動停止装置の未設置	過熱 (研削油)

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表1.3.1 設計面・漏えい事故・石油製品等製造業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	環境要因	漏えい要因
1	移送 【10件】	配管 (送油、注入管等)	危険物	想定を越えた圧力の発生	屋外タンクへの戻り配管に設置された手動バルブを絞って運用していたところ、想定以上に流入してきたスラッジにより手動バルブ部分が閉塞状態となり、想定以上の圧力が配管内に発生したため、配管行き止まり部のエンドフランジから危険物が漏えいしたものの。	想定を超える流入を防止するため、配管に流量調整用のオリフィスを設置すること	・手動バルブの絞り ・異物による閉塞	内圧上昇 (閉塞)
2					配管内に重油を循環中、タンク直近の手動バルブが閉の状態であったため、手動バルブと逆止弁の間が液封状態となっていた。この状態でスチームで配管を加温したため熱膨張により内圧が上昇し、フランジ部分から危険物が漏えいしたものの。	手動バルブと逆止弁の組合せによる液封状態とならないように適切な位置にバルブ等を設置すること	不適切な位置へのバルブ設置	内圧上昇 (閉塞)
3				必要とされる機能が備わっていない	スチームクラッキング装置ヘナフサを送るポンプの循環ラインにおいて、リストリクトオリフィス近傍の運転条件がキャビテーション領域に達していたため、フランジ接手に激しい振動が生じ、ガスケットの塑性変形によりガスケットの復元力が次第に低下、シール下限値に達しナフサが漏えいしたものの。	キャビテーションによるフランジ部への振動対策としてオリフィスを２段階構造にするなど、キャビテーションを防止すること	キャビテーションによる振動	シール力低下 (振動)
4					タンクローリーに硫黄を積荷中、外気温低下の影響からスチームによる加熱が不十分な箇所が生じ、硫黄が一部固化していたものが急に流れ出したため、脱着式のドロップパイプの接続部に配管に力が加わって接続部がずれて隙間が生じ硫黄が漏えいしたものの。	硫黄の固化による配管閉塞を防止するため、配管接続部について温度を保持できる構造とすること	硫黄の加熱不足による固化	内圧上昇 (接続部への加圧)
5					常圧蒸留装置トップリフラックス配管において、行き止まり配管内の水分が外気温低下により凍結し、水分の膨張による内圧上昇により配管に亀裂が発生し、亀裂部から危険物が漏えいしたものの。	行き止まり配管、保温施工無し配管、遊離水が発生する箇所について凍結を防止する構造とすること	水分の凍結	内圧上昇 (凍結)
6					ローリー出荷中、充填配管においてウォーターハンマー現象により設計を超える圧力が発生したため、フィルターシェルガスケットが変形し、充填配管（ストレーナーのバックイン部）から危険物が漏えいしたものの。	ウォーターハンマーによる衝撃がストレーナーに作用しない設計とすること	ウォーターハンマー現象	内圧上昇 (水撃作用)
7		ピグ装置	危険物	必要とされる機能が備わっていない	潤滑油充填配管内の油を空にするためピグバージ作業（配管内のゴム球をエアード押し）を実施中、ゴム球の最終到達点であるフランジ部が1点締付けタイプであったため、フランジ面にひずみが発生し、バックイン部から危険物が漏えいしたものの。	ピグ受取装置を１点締付けタイプからフランジタイプに変更することでフランジ面のひずみを防止すること	ピグバージ作業における不適切なフランジ形状	フランジ部のひずみ
8	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【２件】	ポンプ	危険物	想定を越えた温度の発生	硫黄をポンプで出荷中、ポンプのメカニカルシールを温度の低いクエンチスチームにより加熱していたため、メカニカルシール内部が冷却され、硫黄の粘性が高まったことで、シールリングが作動不良になり、摺動面の面開きが発生し硫黄が漏えいしたものの。	ポンプの保温方法をスチームジャケットにすることで適切な温度管理を行うこと	温度低下による硫黄の粘性上昇	内圧上昇 (粘性上昇)
9		圧縮機	危険物	必要とされる機能が備わっていない	発電設備のモーター軸受箱に潤滑油を供給するラインの減圧弁に不具合があり供給圧が上昇したことと、供給される潤滑油の量がオーバーフロー設計値の最上限付近であったことから、モーター軸受箱と油戻り配管ベント部から潤滑油がオーバーフローしたものの。	モーター軸受箱の潤滑油供給ラインにオリフィスを設置し、適正な量の潤滑油を供給する設計とすること	・減圧弁の不具合 ・オリフィスの未設置	オーバーフロー (供給圧)
10	塔槽類 【２件】	洗浄塔、槽 (ウオッシングタワー、スクラバー)	その他	想定を越えた振動等の発生	アミン洗浄塔においてアミンを送液する配管の流量計の不具合があったため、バイパスさせようとバイパス弁を開放したが、バイパス系統の調整弁は振動対策が取られていない一般的なグローブ弁であったため、弁体と弁棒に微細な振動が発生し、グランドバックイン部のボルトが緩み、アミンが漏えいしたものの。	バイパス系統の調整弁についても振動対策を講じた設計とすること	・流量計の不具合 ・バイパス調整弁の振動対策の未実施	シール力低下 (振動)

・【 】内の数値は、平成30年～令和４年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表1.3.2 設計面・漏えい事故・化学工業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	環境要因	漏えい要因
1	塔槽類 【5件】	抽出塔、槽	危険物	必要とされる機能が備わっていない	抽出塔に接続される危険物配管に元弁が設置されていなかったため、危険物配管の取替え工事に伴いフランジ部を開放したところ、配管内に滞留していたベンゼン及び硫酸水溶液が漏えいしたもの。	施設のメンテナンス時の安全性を考慮し、元弁を設置すること	タンク元弁の未設置	フランジ開放 (内部流体)
2		混合、溶解槽	危険物	必要とされる機能が備わっていない	プラントの運転停止作業は自動化されているが、混合槽の温度上昇を抑制する目的で、オペレーター判断で手動操作にて通常よりも液処理量を減少させたため、仕込みタンクに未処理の液が増加、オーバーフローを防ぐため、混合槽への仕込み流量を増加させたことで、混合槽内の反応による発熱が多くなり、ガス化した危険物がブリーザーバルブより漏えいしたもの。	反応熱に応じて冷却水の量を自動制御できるシステムとすること	冷却水自動制御システムの未設置	内圧上昇 (発熱)
3		蒸留、精留塔 (スチライザー、ストリッパ)	危険物	想定を越えた温度の発生	シャットダウン後、配管が外気温まで下がり収縮したことで配管を引っ張る形になり、フランジを開口させ危険物が漏えいしたもの。通常であれば、配管のエキスパンションや配管の曲り部で収縮は吸収されるが、当該配管は、配管支持部材の可動範囲を超え、シュール脱落防止の突起が架構に引っかかった為、伸縮の応力を緩和することができなかった。	シャットダウン後の外気温低下に伴う配管の熱収縮量を十分に考慮し、配管長やガスケット厚みを適切に設計すること	外気温による配管の想定以上の収縮	シール圧低下 (熱収縮)
4		吸収塔、槽	毒劇物	必要とされる機能が備わっていない	除害塔のガス流入ライン工事の際に立ち上がりをなくし除外塔に水平に入るレイアウトに設計したため、オーバーフローラインとガス流入ラインがほぼ同じ高さに位置するようになった。改造後、はじめて除外塔に液の張り込みをしたところ、液が本来想定したオーバーフローラインに流れず、ガス流入口からブロウ側に逆流し、フランジ部及びスパイラルダクト部から毒劇物が漏えいしたもの。	オーバーフローラインが適切な位置となっているか見直し、流入ラインに逆流しない設計とすること	ラインレイアウト不備による液体の逆流	逆流 (配管位置)
5		洗浄塔、槽 (ウォッシングタワー、スクラパー)	危険物	必要とされる機能が備わっていない	船舶から大量の受入れがあった際、除害塔に必要な苛性ソーダの濃度が適正に設定されていなかったため薬剤濃度の低下によって、アクリル酸メチルのガスを処理しきれず、除害塔が機能しないままアクリル酸メチルのガスが大気に放出されたもの。	船舶等からの大量受入れ時に除害薬剤の濃度不足が生じないよう、適切な濃度となるような設計とすること	除害に必要な薬剤濃度の不適正な設定	除害処理能力不足
6	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【3件】	圧縮機	危険物	その他	蒸気タービン入口及び出口蒸気弁からスチームの内漏れが発生、スチームが油切りを経由して潤滑油戻りラインに浸入し、スチームと潤滑油とが混合された流体の粘土が上昇し、油循環ラインの流れが悪化、圧力損失が増大し、軸受部の油面の上昇に伴い、蒸気タービン軸受エア抜きねじ部から潤滑油が漏えいしたもの。	蒸気タービン入口及び出口蒸気弁からの蒸気内漏れを防止する構造とするとともに、軸受温度のモニタリングを行える設計とすること	・蒸気の内漏れ防止の未設置 ・軸受温度モニタリングの未実施	油面上昇
7		ポンプ	— (毒劇物)	機器を使用条件どおりに使用しない	塩酸タンク付属ポンプにおいて、能力過大のポンプを設置したためキャビテーションが発生したこと、また、塩酸戻りラインがポンプ吸い込み口の真上にある事で、吸い込み時にエアを噛み、ポンプが空転する事により冷却不良が発生し、異常過熱によりポンプ接液側PFAライニングが溶損し、金属母材に塩酸が接液して腐食貫通に至り、塩酸が漏えいしたもの。	ポンプにおけるキャビテーションを防止するため、適切な能力のポンプを設置すること	能力過大のポンプの設置	腐食 (腐食性液体)
8	移送 【3件】	配管 (送油、注入管等)	毒劇物	必要とされる機能が備わっていない	ケミカル船が塩酸タンクへ揚げ荷役中、船舶に設置されたカーゴポンプの真空引きが十分でなかったため、ポンプがエアを噛み込み、キャビテーションによって吐出圧力が低下、逆止弁を設置していなかったため、船舶側へ塩酸が逆流し、ベント管から塩酸が漏えいしたもの。	カーゴポンプのキャビテーションに伴う吐出圧力の低下が発生した場合でも、逆流を防止できるよう逆止弁を適切に設定すること	・逆止弁の未設置 ・カーゴポンプのキャビテーション	逆流 (キャビテーション)
9	炉 【1件】	燃焼、焼却炉	危険物	処理能力不足 (処理能力の限界を超えたため溢流等)	タンクへの副生油供給配管に設置してあるリリーフ弁の設計圧力が誤っていたことにより、リリーフ弁が作動し副生油がタンクへ流入し、液面が上昇し続けて、タンクのベント先端部から漏えいしたもの。	配管に設置されているリリーフ弁は適切な設計圧力とすること	リリーフ弁の設計圧力の誤り	オーバーフロー (リリーフ弁)

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「—」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表1.3.3 設計面・漏えい事故・電気業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	環境要因	漏えい要因
1	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【2件】	粉砕機 (ミル、ベルベライザー、 アトマイザー)	危険物	想定を越えた振動等の発生	ボイラーの燃料である石炭を砕く微粉炭機の稼働中、石炭の摩耗係数が低下し、ミル部の噛み込みが不安定となり異常振動が生じたため、振動により配管のパッキングが破損し、油配管接続部から加圧油装置の作動油が漏えいしたもの。	石炭の摩耗係数の低下に伴う粉砕機の異常振動を 早期に検知する設計とすること	・石炭の摩耗係数の 異常振動 ・異常振動を検知する 設備の未設置	破損 (振動)

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表2.1.1 施工面・爆発事故・全業態 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	施工要因	着火要因
1	塔槽類 【1件】	貯槽 (タンク)	その他	工事時の措置不良	運転部門と工事部門の連携不足により、配管工事において縁切りに、仕切板ではなくジョイントシートを使用していたため、可燃性ガスがジョイントシートを通過し、作業員が使用したグラインダーの火花により可燃性ガスに着火し、爆発したもの。	仕切板の管理部門の役割を明確にするように「仕切板取扱い基準」を改訂し、施工に適した部品を選定すること	仕切板ではなくジョイントシートの使用	火花 (切断)
2	熱交換器 【1件】	熱交換器	その他	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	アルコールプラント内のオキシガス製造ラインのリボイラーにおいて、フランジ周囲に本来必要のない断熱材が取付けられていたことから、高温状態によりボルトが伸び、フランジが開いて、漏えいしたガスに引火、爆発したもの。	熱交換器のフランジやボルト等の保温が不要な箇所に断熱材が施工されていないか確認を行うこと	不要な断熱材の取付け	高温体 (熱交換器)
3	その他 【1件】	その他	その他	取付け不良	精錬設備で加熱及びアルゴンガス吹き込み作業中、取鍋の底部に施工されたレンガが剥がれ、溶鋼がピット内に漏えい、ピット内に溜まっていた水分が溶鋼の熱により水蒸気爆発を起こしたもの。	溶鋼を取り扱う取鍋の内面施工時、耐火レンガに塗布するモルタルの厚さの基準を定め、適切な施工を行うこと	取鍋のモルタルの厚さ不足	水蒸気爆発 (溶鋼の漏えい及び水分との接触)

- ・【 】内の数値は、平成25年～令和4年の事故件数を示す。
- ・事故はすべての業態から抽出。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表2.2.1 施工面・火災事故・化学工業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	施工要因	着火要因
1	塔槽類 【3件】	反応塔、槽	可燃性ガス	取付け不良	反応缶のボトム弁を分解整備する際に機器の一部（200kg）を取付けたままの状態で行ったため、振動等によりボトム弁のフランジ部に偏荷重が発生、ガスケットのシール性が低下、洗浄作業時にボトム弁を開いた際に洗浄液が漏えい、加温により発火したものの。	整備時に不要な機器は取り外すことを作業手順書に明記するなど、施工時の振動等による影響を極力排除すること	分解整備時の不要な機器の取付け	高温体 （反応缶）
2			その他	設置位置の問題	制御盤内の電磁開閉器不良に伴う応急処置において、リレーを固定せずに仮設したが、しっかり固定していなかったため、リレー作動時の大きな振動により電線同士が接触を繰り返し、摩擦により被覆が削れて短絡、スパークが発生して被覆から出火したものの。	電磁開閉器作動時は大きな振動が生じるため、仮設の電磁リレーであっても、適切な方法により固定し施工すること	電磁開閉器の固定不良	電気 （短絡）
3				工事時の措置不良	反応塔のマンホールノズルをガス溶断作業中、塔内部に対する火気養生が不十分であったため、溶断ノロが発火源となり、ゴムライニングに着火して出火したものの。また、監視人は塔外部からの監視であり、塔内部への確認が不十分であった。	ガス溶断作業時は危険要因を抽出し把握するとともに、火気養生の徹底と専従の監視人を配置について検討を行うこと	・火気養生不足 ・監視体制不十分	高温体 （溶断ノロ）
4	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【3件】	ポンプ	危険物	ボルトの締付けの問題 （締付け不良、過度の締付け等）	ポンプ近傍に設置された圧力計ソケット部の気密性能が不足していたため、運転中に内部の可燃性液体が霧状に漏れ出したことで噴霧帯電が発生し、静電気により着火し出火したものの。	ポンプ近傍のフランジ部の締付けは、振動の影響を考慮し、適切なトルク管理のもとボルトの締付けを行うこと	ソケット部の締付け不良によるゆるみ	火花 （静電気）
5		遠心分離機	その他	必要とされる機能が備わっていない	プラントにおいて、遠心分離機を起動した際、Vブリーの締付けボルトの締結力が低く、固定位置からVブリーが下がり、Vブリーとオイルパンが接触したことから火花が発生し出火したものの。	遠心分離機のVブリーが固定位置からずれないように、規定トルク値をメンテナンス仕様書に明記するなど施工管理を実施すること	Vブリーのボルトの締付け不良	火花 （接触）
6		圧縮機	その他	施工内容の間違い	施設の開放点検のために設置されていたコンプレッサーに規定容量に満たない発電機を取付けたため、電圧降下が発生、電磁接触器で高頻度開閉によるアーク熱により接点が異常発熱し、接点溶着による高温のアーク熱が発生し続けたため、発火し出火したものの。	整備時に移動式コンプレッサーを使用する際は、接続する発電機の規定容量の確認を行うこと	・規定容量に満たない発電機を取付け ・電磁開閉器の接点溶着	電気 （アーク熱）
7	電源計測 【3件】	配電盤、分電盤	その他	ボルトの締付けの問題 （締付け不良、過度の締付け等）	施設に電源供給を行うケーブルの敷設時、銅板製の床面上に圧迫状態となっていた。さらに、分電盤に接続する圧着端子部分に緩みがあり、電気抵抗値が大きくなることで発熱し、ケーブルが劣化、銅線が剥き出しとなり、床面に地絡することで出火したものの。	電源供給ケーブルの敷設作業時は、銅板製床面に圧迫されないよう、敷設要領の確認を実施すること	ケーブル敷設時の圧迫	電気 （地絡）
8				施工内容の間違い	電気室（非危険物施設）において電気工事の際、分岐盤を新設し、配電盤へ送電する母線ケーブルを接続したが、その際に絶縁目的で施工したゴムシートの電気抵抗値が低いものを使用したため、ゴムシートの接触部で通電し、発熱し出火したものの。	電気工事において絶縁すべき箇所には、電気絶縁用ビニールテープによる施工を徹底するよう仕様書に明記しておくこと	絶縁性の低い材料の使用	電気 （通電）
9		変圧器	－ （その他）	ボルトの締付けの問題 （締付け不良、過度の締付け等）	変圧器の2次側BUSバー（導体棒）の接続部を規定トルクで締付けなければならなかったが、施工ミスにより締付けが甘かった。締付不良によりBUSバー接続部の接触抵抗値が増加したため、許容電流を超え発熱、絶縁体が溶断し短絡して出火したものの。	変圧器のBUSバー接続部は、緩みが生じないよう規定トルクで締付けるよう、施工管理を徹底すること	締付け不良による接触抵抗値の増加	電気 （短絡）
10	熱交換器 【3件】 1件削除（非表示）	熱交換器	危険物	施工内容の間違い	熱交換器の開放整備時に不適切なシートガスケットが使用されたため、芳香族液体に浸ったガスケットのゴム分が劣化し、シェルフランジとチューブシートの接続部から石油樹脂原料が直下に設置されていた高温機器の上に漏えいし、出火したものの。	開放整備時に施工するシートガスケットの選定について、内部流体による材質劣化の影響を十分に考慮すること	不適切な材質のガスケットの使用	高温体 （熱交換器）
11	炉 【3件】	加熱炉	高圧ガス	工事時の措置不良	熱交換器の定期整備において、コンスタントハンガー（配管加熱時の伸縮を干渉する部材）で釣り上げているサポート部断熱材の厚みが不足していたため、サポート部が高温になり、保温材板金の復旧時に塗布したコーキング材から出火したものの。	高温部の断熱施工においては、断熱部材の厚さに注意すること	工事における断熱材の厚み不足	高温体 （加熱炉）
12		その他の炉	危険物	ボルトの締付けの問題 （締付け不良、過度の締付け等）	改質炉バーナーの副生油配管とフレキ配管とのユニオン接続部の締付作業において締付力が不足していたため、ガスケット面圧が低下したことで、接続部から漏えいした副生油がフレキ配管を伝ってバーナー側面部に浸入して接触、発火したものの。	ユニオン接続の締付け作業において、トルクレンチを使用して規定値の力で適切に締付けること	ガスケット部の締付不足による面圧低下	高温体 （バーナー）
13	移送 【2件】	配管 （送油、注入管等）	危険物	取付け不良	油圧シリンダーのホースジョイントの接続工事において、シール材を使用せずメーカー指定のトルク管理も行わなかったため、接続部から作動油が漏えいし、下階の熱媒油配管の保温材に浸透し、酸化発熱反応により出火したものの。	ユニオン接続の締付け作業において、トルクレンチを使用して規定値の力で適切に締付けること	・締付け部のシール材の未使用 ・締付けトルク圧の未管理	酸化発熱反応
14	その他 【3件】	その他	危険物	ボルトの締付けの問題 （締付け不良、過度の締付け等）	熱媒油を使用し機器内で樹脂を溶解作業中、熱媒油のフランジ部の締付けが不均一となっており、当該フランジ部位から熱媒油が漏えいし、漏えいした熱媒油が保温材に浸み込み蓄熱、出火したものの。	油圧シリンダーのホースジョイント接続において、シール材の有無を確認するとともに、メーカー指定のトルクで締付けること	フランジ部の締付け不良	酸化発熱反応
15			その他	取付け不良	巻取り機器の軸受部において、スリーブ取付け時の締付けが緩かったため、シャフトとスリーブ間で滑りが生じ、スリーブ内側（シャフトと接触する側）とシャフト間の金属摩擦により高温となり、ベアリング内のグリースが高温部に接触し、発火したものの。	熱媒油を使用して樹脂を溶解する機器において、フランジ部の締付けが不均一とならないように適切に施工すること	スリーブ取付け時の締付けのゆるみ	摩擦熱 （シャフト）

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表2.2.2 施工面・火災事故・石油製品等製造業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	施工要因	着火要因
1	電源計測【5件】	変圧器	その他	施工内容の違い	制御盤の電磁接触器を交換した際に誤配線したことから、短絡回路が形成され過電流が流れ、過負荷状態となり絶縁劣化により出火したもの。	電磁接触器の誤配線を防ぐため、工事施工計画書どおりの施工を確実に行うとともに、工事後の試運転の方法についても見直しを行うこと	電磁接触器を交換した際の誤配線	電気（過電流）
2				設置位置の問題	速度制御装置内の取替を行った変圧器の3基の内、2基の変圧器が接触していたことにより、装置のスタートアップの際に短絡が発生し、煙及び異臭が発生したもの。	変圧器の接触による短絡事故を防止するため、耐圧強化版絶縁紙を適切な位置に装着するなどの対策を実施すること	変圧器相互の接触	電気（短絡）
3		発電機	危険物	— （取付け不良）	エア配管を誤ってオイル循環用ポンプの出口配管に接続したため、潤滑油が直近のエアノズルから噴霧され、下部の蒸気配管の保温材に潤滑油が染み込み、蒸気配管の温度上昇により染み込んだ潤滑油が発火したもの。	作業時にエア配管を誤接続しないよう適切に施工すること	配管の誤接続による潤滑油の噴霧	高温体（蒸気配管）
4		その他の電源、計測機器	その他	取付け不良	配電所内の異種接続ケーブルの接続部の圧着不足によりケーブルが緩み、接触抵抗が増大したことで異常発熱し、発火したもの。	圧着不足によるケーブルの緩みを防止するため、専用の配電盤内の端子台を使用した接続方法とすること	ケーブル接続部の圧着不足	電気（接触抵抗増大）
5		配電盤、分電盤	その他	必要とされる機能が備わっていない	高圧配電盤の活線範囲の立入禁止区画を一時的に解除して実施する作業において、活線範囲を監視する者がおらず、作業員が活線範囲に誤って侵入、感電したことにより衣服が焼損したものの。	高圧配電盤の活線範囲における作業中のロックアウトを徹底するとともに、施工時は2者による立会いを明確化すること	監視員不在による危険区域での作業	電気（通電）
6	熱交換器【5件】	熱交換器	高圧ガス	ボルトの締付けの問題 （締付け不良、過度の締付け等）	熱交換器のフランジ部のボルトの締付け力が比較的弱かった箇所において、応力緩和や熱膨張などの様々な要因から締付け力が低下し、高圧ガスが漏えい、熱交換器の熱により発火したもの。	フランジにおける締付認定制度を導入し、施工時における締付け不足対策を実施すること	ガスケット部の締付不足による面圧低下	高温体（熱交換器）
7					熱交換器のフランジ部の締付け不良によりガスケットが破断し、高圧ガスが漏えいした際の噴霧帯電による静電気で着火したもの。	フランジ部の締付け不良に伴うガスケット破断を防止するため、フランジ部の軸力管理を実施すること	ガスケット部の締付不良による面圧低下	火花（静電気）
8					熱交換器の出口配管フランジ部分が経年ひずみ等により漏えいしやすくなっていたところ、発生した地震動の影響によりフランジ部が破断し、ガスが漏えいし、静電気により着火したもの。	ボルトの締付け不良に伴うフランジ部分の経年ひずみ対策として、フランジ部監視の強化すること	フランジ部の経年ひずみによる面圧低下	火花（静電気）
9			危険物	取付け不良	ウェザーフードの取付け不良により、熱交換器フランジ部に雨水がかかり、一部のボルトのみ冷却されたため、当該ボルトのみ過大な締付け状態となりガスケットが塑性変形し、ボルトの締付け応力が緩和したことでガスケット面圧が低下、危険物が漏えいし、熱交換器に接触し発火したもの。	ウェザーフードの取付けは雨水による影響がない時期とし、隙間にはシール加工にて雨水侵入防止を実施すること	フランジの一部に雨水がかかる施工によるボルトの冷却	高温体（熱交換器）
10	塔槽類【2件】	貯槽（タンク）	危険物	工事時の措置不良	ガスバーナーにて浮き屋根の補修工事をしていたところ、過去に実施した当板補修の溶接が不完全であったため、デッキ板と当板の隙間にナフサが滯油しており、バーナーの火炎により着火したもの。	施工要領及びタンク開放要領の改善及び見直しを行い、滯油の可能性のある箇所の洗い出しを行うこと	当板補修時の溶接不良	高温体（ガスバーナー）
11			その他	工事時の措置不良	開放中の当該タンク屋根板撤去のため、ガスバーナーによる溶断作業を開始して間もなく屋根板の裏側に付着していたスケールに着火し、火災となったもの。	溶断作業時は、残存した油分の除去及び清掃を実施すること	不完全な油分除去作業	高温体（ガスバーナー）
12	炉【1件】	ボイラー	危険物	ボルトの締付けの問題 （締付け不良、過度の締付け等）	炉のバーナー先端部のボルトの締付け不良により、未燃物質（タール状固形物）が増加し、炉内に堆積するとともに、バーナー下部のキャスター付近からタール状固形物が炉外へ流出し、炉の高温部に触れ引火したもの。	点検整備においてバーナー先端部等の取付けボルトの締付けを適切に実施すること	バーナー先端部の締付け不良	高温体（炉）
13	ポンプ・圧縮機等回転機器【1件】	ポンプ	危険物	ボルトの締付けの問題 （締付け不良、過度の締付け等）	ポンプ軸メカニカルシール部の施工時において、スリーブを固定しているセットスクリュの締付けが緩んでいたため、メカニカルシールが破損し内部流体が圧力で噴出し、静電気により着火したもの。	施工時は、適切な締付け圧力となるよう締付手順書の確認を実施すること	メカニカルシール部の締付不足によるシール圧低下	火花（静電気）
14	移送【1件】	配管（送油、注入管等）	危険物	設置位置の問題	オイルパンの位置及び形状が適切ではなく、作動油の一部がフロア上に滴下し、配管保温材へ滲みこんだため、高温配管の伝熱により発火したもの。	作業時に配管内の油を受けるオイルパンを施工する際は、適切な位置に適切な形状のオイルパンを使用すること	不適切なオイルパンの使用	高温体（高温配管）

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
・統計データに記載がなかった項目は「—」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表2.2.3 施工面・火災事故・鉄鋼業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	施工要因	着火要因
1	移送【1件】	運搬車	その他	工事時の措置不良	フォークリフトの座席脇に設置されているバッテリー用ケーブルとカバー止め金具が接触していたことにより短絡し、発熱によりケーブル被覆が溶損、剥き出しになった配線とバッテリー固定ロッドが接触し、スパークしたことにより出火したものの。	バッテリーケーブルを施工する際はカバー止め金具が接触しないよう適切に施工するとともに、施工後は電気配線の点検を実施すること	バッテリー用ケーブルの不適切な設置	電気（短絡）
2	その他【8件】	その他	危険物	工事時の措置不良	本来床下の溝に敷設されるべき電気配線が、作業員の往来がある通路上に敷設されてたことから芯線が損傷し、短絡したことにより発生した火花が付近のスラッジに着火したもの。	人の往来がある位置に電気配線を施工する際は、床下の溝に敷設すること	人の往来がある位置への電気配線の敷設	電気（短絡）
3			その他		電気炉でスブラッシュが発生した際、隣接する油圧室の壁に設けられている配管ルート開口部の養生や埋め戻しがされていなかった箇所からスブラッシュが侵入したため、保管されていた段ボールへ接触し、出火したものの。	工事時には電気炉からのスブラッシュを想定し、周辺の壁体にある開口部には防災シートによる養生や埋め戻しを行い高温体の侵入を防止すること	開口部の養生又は埋め戻しの未実施	高温体（溶鋼）
4					溶接・ガス切断作業中の火花がケーブルラック内入り込み、ラック内の可燃物が焼損したものの。	火気使用時はケーブルラック内に火花が入り込まないように養生施工要領の見直しを行うこと	火気使用時の不適切な養生	火花（溶接・溶断）
5			設置位置の問題	事務所棟に送電する架空電線接続部のカバーと碍子の距離が近くなっているとともに、取付け方向が逆であった事などが起因し、絶縁が低下し、トラッキング経路が生成され、接続部カバーを焼損したものの。	建屋への送電線を施工する際は碍子を適切な位置に設置すること	碍子の不適切な設置	電気（トラッキング）	
6				熱延コイル圧着溶接工程で発生する高温の余盛箇所（ビード）をシューターを使用して回収ボックスに投入する際、シューターに取付けられたエアーの圧力が高かったため、誤って回収ボックス外に飛び、電気被覆に触れ発火し、操作盤及び電気配線を焼損させたものの。	高温のビードをボックスに回収する際、不適切な箇所にビードが飛ばないように、回収ボックスの位置を考慮すること	不適切な位置への回収ボックスの設置	高温体（ビード）	
7			危険物	取付け不良	液面計が正規の位置になかったため自動加工操作において加工油が満液量になる前に放電動作に移行し、電極が液面に浸かる前に放電したことで火花が発生し、加工油に引火したものの。	放電加工機の加工油液面の満量位置を正確に計測するため、液面計を適切な位置に施工すること	液面計を不適切な位置に設置	火花（放電加工機）
8			その他		クレーンのパンタグラフに取付けられたトロリーホイールを固定するためのピンが逆に設置されていたためトロリーホイールが脱落し、ホイールが異なる２相の電力系統に接触、相間短絡が発生して火花が生じたことにより電源ケーブルの被覆が焼損したものの。	クレーンのパンタグラフにトロリーホイールを施工する際、正規の方法で割りピンを取付けること	トロリーホイール固定時の不適切な割りピン取付け	電気（短絡）
9				— （施工時の措置不良）	アーク溶接機のケーブルを通常よりも細いケーブルで使用したため、溶接棒ホルダ側のケーブルが過熱し、ケーブル被覆から出火したものの。	アーク溶接機のケーブルを接続する際、適切なケーブルが接続されているか作業前に接続状況を点検・確認すること	通常よりも細い不適切なケーブルの使用	電気（過電流）

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「—」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表2.3.1 施工面・漏えい事故・石油製品等製造業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	施工要因	漏えい要因
1	塔槽類 【 17件】	貯槽 (タンク)	危険物	溶接不良	浮き屋根式タンクの建設時、ボンツーンロアデッキ板相互重ね部（接液側）のタック溶接部に溶接時の母材貫通があり、その際の手直し溶接時にスラグ巻き込みが発生、この施工不良が長期間放置されたため、ボンツーン内に油が漏えいしたもの。	浮き屋根式タンクのボンツーン下板重ね部の溶接時において、溶接不良による母材貫通を防止するため、溶接後の外観検査を実施すること	溶接時のスラグの巻き込み	溶接不良
2			危険物	取付け不良	屋外タンク付属配管のフランジ部工事において、ガスケット当たり面に油が付着したが清掃、状況確認、ガスケット交換等を実施せず、そのままフランジを再締結したため、運転後、ガスケットに付着した油が熱で徐々に溶け、隙間が発生し重油が漏えいしたもの。	配管フランジ部の締結作業において、ガスケット当り面に高粘度の油等の異物が付着した場合は、適切に清掃等の処置を実施した後に締結を行うこと	工事時のガスケットへの油の付着	シール圧低下 (油分の付着)
3			その他		当該配管に使用されていた保温材は施工方法に誤りがあり、合わせ目が下向きになるよう施工するはずが上向きに施行されていたため、保温材内部に雨水が浸入したことで湿潤環境を形成、外面腐食により配管が穿孔し漏えいしたもの。	保温材の取替工事において、保温材の合わせ目は、雨水が浸入しないよう下側になるように施工すること	保温材の施工不良による雨水の浸入	腐食 (雨水の影響)
4			危険物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	硫黄回収装置の20号タンクに付属する圧力計の取替工事終了後、本来ホットボルティングの必要な箇所であったところ、加温後のボルトの締結確認を失念したため、締結不足となりボルト部分の熱伸びが発生し、圧力計取付部から硫黄が漏えいしたもの。	ホットボルティングの必要な箇所を適切に把握し、昇温後のトルク管理による締結確認を徹底するとともに、ハンマリング等による確認も併せて実施すること	ホットボルティングの未実施	シール圧低下 (ボルトの緩み)
5			毒劇物	必要とされる機能が備わっていない	タンク元ノズルのフランジ接続部において、タンク側のフラットフェイスの樹脂製フランジに対し、金属製のレイズドフェイスのフランジを接続したため、樹脂製のフランジがたわみ、シール不足により、フランジ部から塩酸が漏えいしたもの。	フランジ接続時に異種タイプのフランジ同士を締結しないよう、工事管理要領等にフランジの材質、強度、形式の一致に関するチェック項目を定めること	材質の異なるフランジ同士を接続	シール圧低下 (フランジ形状)
6			その他		設備の完成検査の気密試験時に安全弁の誤作動を防止する治具をプラグに埋め込んだが、プラグを復旧する際、本来交換するガスケットを交換せずに復旧したため、ガスケットが変形し、付属配管の安全弁の頭頂部からガスが漏えいしたもの。	施設の点検整備等からの短期間の復旧の際にも、ガスケットを再利用しないよう施工要領書に明記するなど、施工管理を実施すること	ガスケットの未交換	シール圧低下 (ガスケット未交換)
7		抽出塔、槽	毒劇物	施工内容の違い	施設の定期修理時に毒劇物の配管フランジにおいて、サイズが異なるガスケットが組み込まれたため、劇物をタンクへ移送中、当該フランジ部から硫酸がミスト状に噴出し、漏えいしたもの。施工時、誤ったサイズのガスケットが更新図面に記載されていた。	配管フランジの接続において不適切なサイズのガスケットが組み込まれないよう、図面の記載内容を確認すること	サイズが不適切なガスケットの使用	シール圧低下 (ガスケットサイズ不一致)
8		その他の塔槽類	高圧ガス	その他	定期修理において分離塔本体トップフランジにおいて、カバー復旧時のガスケット面の確認及びガスケット面周辺の清掃が不足していたため、異物が噛み込み、スタートアップ時にフランジ部から水素ガスが漏えいしたもの。	分離塔本体のカバーフランジ及びシェルフランジの施工において、フランジ面への異物の噛み込みを防止するためフェーサー加工を実施すること	フランジ面への異物の噛み込み	シール圧低下 (異物の噛み込み)
9	移送 【 8件】	配管 (送油、注入管等)	危険物	溶接不良	別件事故の対応により危険物を移送する仮設配管を施工した際、ステンレス鋼製配管の突合せ溶接作業において溶け込み不良があったため、重油を移送中に溶接不良箇所から保温材内部に重油が漏えいしたもの。	ステンレス鋼製配管相互の突合せ溶接における溶け込み不良に伴う事故を防止するため、突合せ溶接部の放射線検査や気密試験を行うこと	突き合わせ溶接時の溶け込み不良	溶接不良
10				工事時の措置不良	配管の滞油処理作業中、フランジ上流に設置されている、配管サポート部の形状が設計図面とは異なり、熱伸びを吸収できない形状であったため、当該フランジ部分に多大な応力がかかり、ねじの締付け圧が低下しフランジ部から危険物が漏えいしたもの。	熱温度変動が生じる配管における配管サポートの施工時は、サポートが熱伸びを吸収できる形状となっているか設計図面も併せて確認すること	・熱膨張による影響を未考慮 ・フランジ部への過大な応力発生	シール圧低下 (ボルトの緩み)
11				施工内容の違い	可とう継手のサポートにスライドシューを使用していたため、可とう継手が動きやすい構造となっており、蛇腹部が伸びたことにより変形し、溶接部から漏えい。その後バルブを閉止し漏えいを止めたが、ジョイントシートガスケットが劣化しており再度漏えいしたもの。	配管に可とう継手を設ける際は、サポート部をスライドシューにせず、固定サポートとし、可とう部に過大な変形が生じないよう注意すること	不適切な可とう継手サポートの設置	可とう継手蛇腹部の変形
12				施工時に設備等を損傷したのに気付かず使用	ストレーナーの上蓋フランジ部を施工した際、現場で加工したシートパッキングが、ボルト穴と一致していなかったため、締結時にシートパッキングが巻き込まれ損傷、タンクの本弁を開けた際のヘッド圧によりパッキングが破損し、亀裂部から危険物が流出したもの。	ストレーナー上蓋フランジのシートパッキングは、フランジ規格に適合したものをを使用すること	シートパッキングとボルト穴の不一致、巻き込み	内圧上昇 (パッキングの損傷)
13			毒劇物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	配管を接合するフランジのボルトを強く締め過ぎたため、フランジ間に挟まれたガスケットのシール材が損傷し、シール材が配管内の水酸化ナトリウムにさらされ劣化したことにより、ガスケットが水密性を保てなくなり漏えいしたもの。	フランジ接続時の過度の締付けによる事故を防止のため、内外輪付きガスケットを使用すること	フランジ部の過度の締付け	シール圧低下 (シール材劣化)
14	熱交換器 【 3件】	熱交換器	危険物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	当該熱交換器は、スタートアップ時に可燃性ガスの微量な漏れが確認されたため増し締めを実施したが、その際に締付けトルクやフランジ面間の確認をしなかったため、締結部に不均一が生じ、定常運転後に徐々に締結部が緩くなり、危険物が漏えいしたもの。	熱交換器のフランジ部を増し締め後は、トルク確認や面間測定等により均一な締付けとなっていることを確認すること	増し締め後の確認が未徹底	シール圧低下 (不均一な締付け)
15					施設の改造に伴い、運転温度が250度を超える温度に変更されたが、変更後の内容がメンテナンス情報に反映されていなかったため、作業時にホットボルティングが実施されず、熱交換器シェルフランジ部分のボルトが緩み、危険物が漏えいしたもの。	設備を改造した際は運転温度の変更にも留意し、規定温度を超える場合は、ホットボルティングの実施をリストに追加すること	・運転温度変更の未徹底 ・ホットボルティングの未実施	シール圧低下 (ボルトの緩み)
16			高圧ガス		熱交換器の停止による急激な温度変化により、チューブシート（ステンレス鋼）とチャンネルフランジ（炭素鋼や低合金鋼）の膨張係数の違いからチューブシート側で大きい熱ひずみが生じ、ガスケットの面圧が部分的に低下、フランジ部から高圧ガスが漏えいしたもの。	熱交換器のフランジ部は緊急停止操作により大きな熱ひずみが発生する可能性があることを要領書に記載すること	膨張係数の違うチューブシートとチャンネルフランジの使用	シール圧低下 (熱ひずみ)
17	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【 3件】	圧縮機	危険物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	コンプレッサーをスタートアップ中、潤滑油系統配管に設置されている圧力計の上部にある圧力開放のプラグの締付けが甘ったため、コンプレッサー始動時の振動により接続部が緩み、当該接続部からタービン油が漏えいしたもの。	コンプレッサーの潤滑油系統配管に設置されている圧力計において、圧力開放プラグが緩まないよう締付け確認を実施すること	圧力開放プラグの締付け不足	シール圧低下 (振動によるプラグの緩み)
18		攪拌、混合機 (ニーダー)		取付け不良	タンク開放後、付属設備であるタンクミキサーの復旧時に空気抜き配管が取付けられておらず、空気抜き配管の接続部が開口している状態で重油の受け入れを開始したため、液面が空気抜き配管の接続部以上の高さに到達し、開口部から重油が漏えいしたもの。	重油タンク付属設備のミキサー施工において、エアー抜き配管の接続忘れを防止するため、施工チェックシートに確認項目を設けること	空気抜き配管の取付け忘れ	開口部の存在
19	炉 【 1件】	加熱炉	可燃性ガス	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	加熱炉に設置された逆止弁本体内面のガスケット当たり面に、分解整備ごとの締付けで凹みが発生していたことから、ガスケット面圧が低下し、加熱炉出口側の逆止弁から水素ガスが漏えいしたもの。	ガスケット当り面の経年によるひずみへの対策として、ガスケットスペーサーリングを活用して当り面の調整を行うこと	ガスケット当たり面の締付けによる凹み	シール圧低下 (経年によるひずみ)
20	その他 【 3件】	その他	危険物	施工内容の違い	配管洗浄用の重油を送液する配管の保温材施工において、雨水浸入防止用シリコンが一部シールされていない箇所があり、そこから雨水が浸入して保温材内部に滞留したことで湿潤環境を形成し、配管の外面腐食により開孔部から重油が漏えいしたもの。	配管の保温材を復旧する際は、雨水浸入防止用のシリコンシールを適切に施工し、雨水を浸入させないこと	雨水浸入防止対策の施工不備	腐食 (雨水の影響)
21			可燃性ガス	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	ガスコンプレッサーのガスケット部の締付け不良により、運転開始後、ガスケットが変形、破断しプロピレンを含む可燃性ガスが漏えいしたもの。また、運転圧力で気密テストがなされておらず、十分な締付け確認ができていなかった。	ガスケットの締付け後は、運転圧力による気密試験を行い、確実なフランジ部の締付け状態を確認後に本運転に移行すること	締付け確認未実施	シール圧低下 (ガスケットの変形)

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表2.3.2 施工面・漏えい事故・化学工業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	施工要因	漏えい要因
1	塔槽類 【10件】	反応塔、槽	危険物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	反応器底弁取付けの際、フランジボルトの締めすぎにより、母材に引っ張り応力が作用した結果、配管フランジに割れ及び剥離が発生し、危険物が漏えいしたもの。	フランジ等をボルトにて締付ける際、適切なトルク値及び専用工具を使用した適切な施工を行うこと	フランジボルトの過剰な締付け	破損 (フランジの割れ)
2			高圧ガス		反応器下部のフランジボルトの締付けが片締めのような不均一な状態で締付けられたため、ガスケットが変形し、高圧ガスが漏えいしたもの。	フランジボルトの締付け管理を徹底し、トルク確認等により均一な締付けとなっていることを確認すること	フランジボルトの不均一な締付け	シール圧低下 (ガスケットの変形)
3			毒劇物		反応器に窒素を導入する自動弁の点検について、推奨トルク値での締付けが出来ておらず、自動弁の締付けが緩い状態で設置したため、フランジ部分からガスが漏えいしたもの。	フランジボルトの締付け管理（推奨トルク値での締付け）を実施すること	フランジ部の締付け不足	シール圧低下 (フランジ部の緩み)
4			可燃性ガス		反応器の安全装置（ラプチャーディスク）ホルダーのボルトの締付けが基準トルクより低かったため、設定圧力以下でラプチャーディスクが破裂し、可燃性ガスが漏えいしたもの。	安全装置ホルダーのボルトの締付け管理（推奨トルク値での締付け）を実施すること	ボルトの締付け不足	安全装置の作動 (ラプチャーディスクの破損)
5		貯槽（タンク）	危険物	溶接不良	20号タンクのノズルと側板の溶接部に欠陥があり、事故の数日前に実施したタンク内の高圧洗浄によって溶接部が開孔し、その開孔から危険物が漏えいしたもの。	溶接作業後は、施工業者等による点検を実施し、不良箇所がないことを確認した上で施設を使用すること	溶接作業時の欠陥	開孔 (溶接不良)
6		混合、溶解槽	毒劇物	取付け不良	濃硫酸を希硫酸タンクへ移送中、異物混入防止措置としていたコーキングが外れ、希硫酸タンク上部受入ノズルに差し込んでいたテフロンチューブが外れたため、濃硫酸が漏えいしたもの。	ねじ込み継手の変更やチューブ本体への被覆を実施すること	コーキングの取付け不良	脱落 (送液チューブ)
7		蒸留、精留塔 (スチライザー、ストリッパ)	その他	施工内容の間違い	無水硫酸に対して耐食性が低い塩化ビニル樹脂製のエンドフランジ取付けられていたことため、エンドフランジが腐食によりに穴が開き、無水硫酸が漏えいしたもの。	使用部品等の材質は、作業指示書にて使用する器具の材質を指定しておくこと	不適切な材質の選定	腐食 (材質)
8	移送 【7件】	配管（送油、注入管等）	危険物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	製品により切り替えて使用するスイングベントの接続フランジ部が片締めとなり、その隙間から危険物の混合液が漏えいしたもの。漏えいした配管付近の気密テストを実施していなかったことにより片絞めを発見できなかった。	スイングベントのフランジ部の接続時は、適切な手順により締付けを行うとともに、気密テストの実施を作業手順書を反映すること	スイングベント接続フランジ部の片締め	シール圧低下 (フランジの片締め)
9			危険物	設置位置の問題	熱媒油配管の修理時に、施工範囲を誤り電気ヒーターを配管に過密に施工したため、過加熱で配管が高温酸化により腐食し、送液ポンプ昇圧時の圧力で配管が開孔し、熱媒油が漏えいしたもの。	電気ヒーターを施工する際、施工範囲を確認し、過密な配置とならないような施工要領とすること	電気ヒーターの不適切な施工	腐食 (高温酸化)
10			高圧ガス	工事時の措置不良	配管サポートの溶接部が、残留応力が残ったまま施工していたため、アンモニア応力腐食割れにより破損し、アンモニアが漏えいしたもの。	応力腐食割れが予想される配管では、溶接によるサポートからウレタンブロックに変更するなど、残留応力を生じさせない施工を行うこと	サポート部の溶接不良	応力腐食割れ
11	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【6件】	ポンプ	危険物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	タンク付属配管のフランジ部を締結する際、フランジ面に危険物が凍結していた状態で締結したため、その後の外気温の上昇により凍結していた危険物が融解し、フランジ部が緩み、移送開始した際にフランジ部から危険物が漏えいしたもの。	フランジを取付ける際、フランジ面に異物の付着がないことを確認してから取付けること	フランジ面への異物の付着	シール圧低下 (異物噛み込み)
12				工事時の措置不良	圧縮機潤滑油装置のメンテナンスにおいて、ポンプ吐出側締結部は「Ｏリング」を使用しなければいけないところ、間違って「シートガスケット」を使用したため、シートガスケットが破断し危険物が漏えいしたもの。	使用すべきシール材等の情報をメカニカルシール詳細図面に記載すること	不適切な部品の施工	シール圧低下 (シール材)
13		圧縮機	危険物	工事時の措置不良	エアコンプレッサーケーシング部のシリコン系液状ガスケットへの塗布量が少なかったため、圧縮空気が外部へ漏えいし易い状況となり、シャフト軸受け部から潤滑油が漏えいしたもの。	液状ガスケット取付け時は、塗付量を確認し、適切な施工を行うこと	ガスケット取付け時の塗布量の不足	シール圧低下 (液状ガスケット塗布量)
14			高圧ガス	取付け不良	ガスコンプレッサー導圧管の気密試験において、漏れがあった部分の導圧管の先端を切断した際、短くなった分を引っ張って接続したことで引っ張り応力と芯ずれが生じたため、コンプレッサー運転時の振動も合わせり導圧管が折損、高圧ガスが漏えいしたもの。	配管の施工時は、適切な配管長さを確認し接続による引張応力が生じないよう施工すること	不適切な長さの配管の設置	破損 (施工時の芯ずれ及び振動による応力)
15	熱交換器 【2件】	熱交換器	高圧ガス	施工内容の間違い	熱交換器の遊動頭カバーのガスケットを施工する際、ガスケット取付け位置が一部内側にずれた状態で締付けたため、スタートアップ時に圧力によりガスケットが破断し、シェル側の混合ガスがチューブ側冷却水に流入、冷却水戻りラインのベントから混合ガスが漏えいしたもの。	ガスケットを取付ける際、締付け時にガスケットにずれ等が生じないよう適切な位置で施工すること	ガスケットの不適切な取付	破損 (内圧上昇によるガスケットの破断)
16	その他 【8件】	その他	危険物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	バルブのボルトを交換した際、ボルト長さの公差を考慮せず、正規の４５ミリメートルのボルトではなく、５０ミリメートルのボルトを使用していたことから、十分な締付けができず、運転中の油圧で隙間からはみ出たＯリングが切れ、危険物が漏えいしたもの。	ボルトでの締付けの際、適切な長さのボルトにて施工すること	不適切な部品の取付	破損 (油圧によるＯリングの破断)
17			可燃性ガス	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	配管施工時にフランジ面が傾いて取付けられ、片側のガスケット締付け力が弱くなっていたところ、運転時の高温による配管の伸びがフランジ部に掛かり、フランジ部から可燃性ガスが漏えいしたもの。	フランジ施工時、フランジ面が傾いた状態での締付けとならないようずれの許容値の基準を作成し、適切に施工すること	フランジ部の取付け不良	シール圧低下 (高温による配管の伸び)
18			高圧ガス	取付け不良	原料供給ポンプ付近の吐出安全弁のガスケット取付け時、センタリングが完全でなく、キャップとシール面との接触面積が少ない部分がある状態で施工されたため、接触面の少なかった部分のガスケット側が装置の内圧により変形し、高圧ガスが漏えいしたもの。	ガスケットを取付ける際、センタリング確認を確実に実施すること	ガスケットの不適切な取付	シール圧低下 (内圧によるガスケットの変形)

・【 】内の数値は、平成30年～令和４年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表2.3.3 施工面・漏えい事故・電気業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	施工要因	漏えい要因
1	炉 【2件】	ボイラー	危険物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	ボイラーの主バーナチップを取付ける作業中、仲間の作業を手伝おうとボルトを手締め状態で持ち場を離れてしまい、そのままトルクによる締付け作業を失念したため、運転に伴いバーナチップ締付け部から危険物が漏えいしたものの。	ボルトの取付け作業時は、作業要領書や作業チェックシートを使用し、適切なトルク値による締付けを実施すること	ボルトの締付け失念	シール圧低下 (ボルトの締付け不足)
2					ボイラーのバーナ掃除・取付の締付け指示が明確でなく、取付け後の締付けの確認が行われていなかったため、締付けボルトの緩みが発生し、バーナ締付け部から危険物が漏えいしたものの。	ボルトの取付け作業時は、指示内容を正確に把握するとともに、適切なトルク値による締付け作業を実施すること	増し締め後の確認未徹底	シール圧低下 (ボルトの締付け不足)
3	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【2件】	タービン	指定可燃物	取付け不良	蒸気タービンの作動油配管の管接手ねじ込み接続部に傾きがあり、面間不均一の状態での運転により、Ｏリングが破損し、接続部から作動油が漏えいしたものの。	配管の管接手ねじ込み接続部の施工時は、接続時に傾きが生じないように適切に施工すること	管接手ねじ込みの接続不良	破損 (内圧によるＯリングの破断)
4		ポンプ	危険物	ボルトの締付けの問題 (締付け不良、過度の締付け等)	ストレーナーフランジ部のガスケット取付け時、ボルトを過剰に締付けため、ガスケットが圧壊し、フランジから危険物が漏えいしたものの。	フランジボルトを過剰に締付けないよう、推奨トルク値での締付けを実施すること	ボルトの過剰な締付け	シール圧低下 (過剰な締付けによるガスケット破損)
5	移送 【2件】	配管 (送油、注入管等)	危険物	必要とされる機能が備わっていない	給水ポンプ駆動用タービインターニング装置修繕時、油計装配管コンソール内のユニオン部の締付け不足により、ユニオン部から危険物が漏えいしたものの。	ユニオン部の接続作業時は、ゆるみ確認及び増し締めを実施すること	ユニオン部の締付け不足	シール圧低下 (締付け不足によるユニオン部の緩み)
6		ローディングアーム	危険物		ローディングアーム油圧装置内の油圧ホースねじ継手部分の点検時、当該箇所は狭隘部のためトルクレンチで確認を行うことができず、手締めの実施であったことから、ボルトの緩みが発生し、フランジ部から危険物が漏えいしたものの。	狭隘部でトルクレンチが使用できない場合は、ＲＴや加圧試験をするなど適切な締結けを実施すること	ホース継手部分の締付け不足	シール圧低下 (継手部分の締付け不足)
7	塔槽類 【1件】	貯槽（タンク）	毒劇物	工事時の措置不良	貯槽出口配管フランジ部の施工時に芯ずれがあり、ずれが生じたままボルト固定をしたため、パッキングが不均一になりフランジの隙間から毒劇物が漏えいしたものの。	ボルトを取付ける際、フランジの芯ずれが生じないように作業手順の見直しを実施すること	フランジ部の不適切な施工	シール圧低下 (フランジ部の芯ずれ)

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和４年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表3.1.1.1 維持管理面・人的要因・爆発事故・全業態 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	人的要因	着火要因
1	塔槽類 【9件】	貯槽 (タンク)	危険物	点検していない／不足	二硫化炭素貯蔵屋外タンクに付属する給水タンクのろ過設備工事中、交換バルブのフランジパッキングが硬化付着していたため、ディスクグラインダーで研磨剥離していたところ、給水タンク内の水に溶存していた二硫化炭素が配管内でガス化しており、研磨の火花でガスに引火し爆発したものの。	グラインダー等の火花を発生する工具を使用した工事においては、危険物等配管以外であっても危険物等が存在している可能性を考慮してガス検知等の安全確認を徹底し工事を行うこと	確認不足による可燃性ガスの発生	火花 (グラインダー)
2				安全装置・標示等が提供／使用されない／不適切	建設中のタンク内において、払出し配管内を十分な換気が行われていない状態で、パーツクリーナーを用いてグリスやさびの清掃をしていたため、配管内部を照らしていた照明器具（非防爆型）が何らかの要因により破損した際、気化したパーツクリーナーの可燃性ガスに着火し爆発したものの。	工事中にパーツクリーナーを使用する際は、照明器具等の高温体の存在を注意するとともに、送風機等を使用して通気性を確保すること。また、噴霧剤は不燃性のものを考慮すること	換気不十分による可燃性蒸気の滞留	高温体 (照明器具)
3			可燃性ガス	問題意識の不足	反応槽へ硫酸を張込む準備中、手順書通りのラインアップを行わず、本来閉止すべき弁を閉止し忘れたため、他の弁を開放した際に閉め忘れた弁から硫酸貯槽へプタンが流入、タンク圧力が上昇し硫酸貯槽の屋根板とトップアングルの溶接部が放火し、静電気により開口部から出火したものの。	反応槽へのプロセス流体張込み作業において、作業手順書を逸脱しないよう適切な作業を実施するとともに、ダブルチェックによる管理体制を徹底すること	作業不備による可燃性ガスの流入	火花 (静電気)
4		その他の塔槽類	－ (可燃性ガス)	過信	通常運転しながら受液槽に接続された配管のケレン作業中、当該配管の錆が剥離し開口した。当該受液槽には水素が残存している可能性が高いため、運転を停止し、受液槽内部の水素の排出を5分間行ったが、多孔板の堆積物内部に水素が滞留していた。その状態で再びケレン作業を行ったため、発生した火花が当該受液槽内部に入り込み、内部に残存していた水素に着火し、爆発したものの。	火花を発生する工具を使用した工事を行う際は、過信せずに関係施設の運転を停止するとともに、ガス検知器により環境測定を行い安全を確認すること	確認不足による可燃性ガスの滞留	火花 (ケレン作業)
5			－ (その他)	危険に対する認識がない／不足	製造物の変更に伴い、新たな添加物を投入口から投入中、従前の添加剤は静電気抑制のため袋の開口面積を制限し、投入スピードを抑えていたが、新しい添加剤は投入スピードを速くしたため、静電気の発生量が多くなり、当該袋に帯電した静電気により火花が発生し添加剤の粉じんが爆発したものの。	設備の製造物を変更した際は、改めて製造物による危険性を再評価し、必要なリスクアセスメントを実施した後に運転を行うこと	不適正な作業による静電気の発生	火花 (静電気)
6		その他 (スラグ鍋)	その他	整理・清掃されない	従業員が屋外でショベルカーにより鍋に付着した高温スラグ(約1,100℃)を叩き落としていたところ、スラグを落とす場所に水たまりが確認されていたが、処置を怠りそのまま作業を継続したため、高温スラグの塊が水たまり部分に落ち、水蒸気爆発が発生したものの。	高温のスラグを扱う現場において、作業前に確認された水たまり部は、確実に措置を行った後に、作業を開始すること	危険除去処置の怠り	高温体 (高温スラグ)
7	炉 【8件】	加熱炉	可燃性ガス	周知不足	加熱炉における危険予知ミーティングにおいてリスクが発見されたが、手順書にない作業であった。本来作業計画を見直すべきところ、そのまま作業に移行したため、燃料ガス供給バルブが閉止され、バーナーが消炎し、慌ててバルブを開放したところ、加熱炉内に滞留していた燃料ガスが発火し爆発したものの。	手順書に記載のない作業を行う必要が生じた場合は、チーム内に周知を徹底するとともに、必要に応じて作業手順書を見直すこと	リスク発見時の作業計画見直しの未実施	高温体 (加熱炉)
8			高圧ガス	危険に対する認識がない／不足	加熱炉のスタートアップに向けて炉内を乾燥させるための換気作業を完了後、作業手順を省略し炉内のパイロットバーナーを点火したところ、燃料ガス弁1か所とパイロットガス弁1か所に鉄錆等の塵が付着し、バルブが完全に閉まっていなかったため、滞留していた燃料ガスに着火し爆発したものの。	加熱炉のスタートアップにおいて、燃料ガス弁及びパイロット弁等の操作弁より漏れ試験を実施するとともに、手順書を省略することなく適切に作業を行うこと	作業手順の未実施（換気作業）	火花 (パイロットバーナー)
9			指定可燃物	規則・手順の内容が不適切	加熱炉のメインバーナーチップ部に詰まりが見られたため、パイロットバーナーからスチームバージを開始したところ、サブバーナー付近の温度が下がり、サブバーナーが数秒消炎した結果、未燃ガスが炉内を上昇し、高温である対流部で発火温度に達して爆発したものの。	加熱炉のメインバーナーチップの目詰まり解消には、スチームバージではなく専用治具を使用するよう手順書に明記すること	清掃作業の不備による未燃ガスの滞留	高温体 (炉)
10		乾燥炉	危険物	危険に対する認識がない／不足	下流工程の不具合に伴い、ポリカーボネート（合成樹脂であるがヘプタンを含有する。以下「P C」という。）の乾燥機を低速回転して乾燥していたため、低速回転中に堆積したP C内にヘプタン蒸気が蓄積され、通常回転に戻した際、P C内のヘプタン蒸気が放出され、静電スパークにより爆発したものの。	乾燥機を不用意に低速回転して可燃性蒸気を生成することのないよう、運転方法を再確認するとともに、低速回転に伴う過熱状態とならないようインターロックを設けること	作業手順の不備による可燃性蒸気の生成	火花 (静電気)
11		燃焼、焼却炉	高圧ガス	不注意	燃焼処理する塩化ビニルモノマーを直接燃焼炉へ送るべきところを、誤操作により燃焼空気ブローアのラインへ送ってしまい、塩化ビニルモノマーの爆発範囲に入り静電気により着火、爆発したものの。	焼却炉の燃焼空気ブローアラインに可燃性ガスが流入させないよう操作手順を再確認するとともに、当該配管ラインにガス検知器を設置することで万が一の流入に対して早期に装置を停止できるよう対策を講じること	誤操作による燃焼空気ブローアへの送気	火花 (静電気)
12		ボイラー	可燃性ガス	施工監理が不適切	燃料ガス配管内（外径1625.6mm）にプロパンガスホースを引き込んで溶断作業を実施中、プロパンガスホースが燃料ガス配管に直接触れる状態で敷設されていたため、燃料ガス配管接続のために外周で行われていた溶接による熱影響によりプロパンガスホースが損傷し、プロパンガスが発火し爆発したものの。	大口径の配管内にプロパンガスホースを引き込んで溶断作業を実施する際は、ガスホースの損傷による可燃性ガスの滞留を防止するため、作業環境にガス検知器を設置すること	・溶断作業近傍に燃料ガス配管 ・監視体制不備	高温体 (溶接熱)
13	ポンプ・圧縮機等回転機器 【2件】	攪拌、混合機 (ニーダー)	可燃性ガス	確認不足	設備解体工事中で実施中、使用前点検が不十分であったため、損傷のあるプロパンガスホースを使用したためにプロパンガスが漏えいして復水ビット内の底に滞留、その後にガス検知機で安全確認を実施しなかったため、滞留したプロパンガスにガス溶断の溶断ノロもしくはグラインダーの火花が引火して爆発したものの。	設備解体工事を実施する際は、使用前にガス溶断機のカスホースの損傷の有無について点検するとともに、ガス検知器による安全確認を徹底すること	使用前点検不備によるプロパンガスの漏えい	高温体 (溶断ノロ又はグラインダー)
14		その他 (硫化機)	可燃性ガス	点検していない／不足	施設解体に伴い、ステンレス製の二硫化炭素配管を電動式セーバーソーを使用して切断していたところ、切断時の摩擦によって、配管温度が二硫化炭素の発火点である90℃以上に達したため、配管内部に残留していた二硫化炭素ガスが発火し爆発したものの。	施設の解体作業時は、作業前に切断する配管内の危険物が完全に除去されているか確認を徹底すること	作業前の危険予知及び確認不足	火花 (切断火花)
15	容器 【1件】	ドラム等容器	危険物	問題意識の不足	洗浄のためトルエンで満液にしていたステンレス製高耐圧容器(200リットル)に金属製フレキシブルホースを接続し、洗浄液回収用のドラム缶に窒素圧で送液し洗浄液を回収していたところ、洗浄液回収用のドラム缶内の窒素置換及びドラム缶へのアース接地が行われていなかったため、ドラム缶内で爆発したものの。	ドラム容器のトルエンによる洗浄作業時において、洗浄液回収容器へのアース設置を確実に実施するとともに、窒素置換又は専用配管の設置による密閉化を実施すること	作業手順の未実施（アース未設置）	火花 (静電気)
16	熱交換器 【1件】	熱交換器	その他	－ (危険性評価がない／不適切)	熱交換器内部にあったクロロシランポリマー類が低温で加水分解され、さらに乾燥状態になったことにより、打撃感度と爆発感度が高いクロロシランポリマー類の加水分解生成物が生成され、熱交換器開放作業時のわずかな衝撃により、クロロシランポリマー類の加水分解生成物が発火、爆発したものの。	クロロシランポリマー類は加水分解及び乾燥状態により打撃感度と爆発感度が高いクロロシランポリマー類の加水分解生成物が生成されることを認識すること	クロロシランポリマー類に対する危険予知不足	衝撃
17	その他 【6件】	その他 (空気予熱器)	可燃性ガス	危険性評価がない／不適切	施設から回収したベンゼンペーパーを希釈して加熱炉の燃焼用空気に加えていたが、3年前に空気予熱器を更新した際の空気量の設定時において、冬季にベンゼンの蒸発量が少ない条件で設定し、夏季に蒸発量が多くなることを考慮しなかったため、ベンゼン蒸気が高温の空気予熱器により発火し爆発したものの。	機器を交換した際に、外気温によるベンゼンの蒸発量を適切に考慮し、燃焼用空気配管への空気供給量の設定ミスがないように確認すること	機器交換時における設定数値の確認不足	高温体 (空気予熱器)
18		その他 (自家発電機)		確認不足	前回定期修理の際に誤って大気放出用の燃料ガス線のライン末端をキャップで封鎖していたため、自家発電装置内に通常よりも多量のプタン燃料が滞留し燃焼範囲上限を超過したため、1回目の起動では燃料に着火しなかったが、2回目の起動時に空気と混合・希釈され、着火・爆発したものの。	自家発電設備の定期修理において、大気放出用の燃料ガス線のライン末端を封鎖することで装置内に燃料ガスが滞留することのないよう確認を徹底すること	燃料ガス線ライン末端の封鎖による燃料の滞留	火花 (発電機の点火火花)
19		その他 (スラグ鍋)	その他	整理・清掃されない	高温のスラグが入った鍋から、スラグを土間に戻す際に滞留していた冷却水とスラグが接触し、水蒸気爆発が発生したものの。	スラグを土間に戻す際に滞留していた冷却水とスラグが接触しないよう冷却水の残存確認を標準化すること	作業前の冷却水の残存未確認	高温体 (高温スラグ)

- ・【 】内の数値は、平成25年～令和4年の事故件数を示す。事故はすべての業態から抽出。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表3.1.2.1 維持管理面・人的要因・火災事故・鉄鋼業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	人的要因	着火要因
1	移送 【21件】	コンベア、フィーダー	その他	点検していない／不足	スクラップ岸壁にある副産物の砂を船積みするための荷役設備の先端シュート部の補修作業中、先端シュート部内張りのゴムシートがあると認識しないまま、アーク溶接による溶接作業を実施したため、アーク溶接による溶接火花が、先端シュート部内張りのゴムシートに着火し、出火したもの。	アーク溶接による溶接作業を実施する際は、内張のゴムシート（可燃物）が存在する可能性を考慮して安全確認を実施し、火気養生を徹底すること	内張りのゴムシートの認識不足	火花 （溶接・溶断）
2			指定可燃物	確認不足	事業所のプラスチックリサイクルセンターにて、破砕される廃プラスチックの中にバッテリーが混入しており、破砕機によりこれが破断し出火し、ホッパーコンベア内の廃プラスチックに着火したものの。	破砕機による廃プラスチックの破砕においては、バッテリー等の異物が混入しないように異物混入の低減及び確認を行うこと	破砕機内への混入	電気 （短絡）
3		運搬車	指定可燃物	整備していない	車両のオイルパンからエンジンオイルが滲んでおり、当該箇所に吸着マットを当て針金で固定していた。この針金が付近の電気配線に接触し、振動により配線被覆がはがれ配線が露出し、配線と針金が接触して発生した火花が、エンジンオイルに着火したものの。	車両の補修において、不適切な補修及び補修の先延ばしをせず、適時適切に実施すること	不適切な補修	火花 （配線）
4		ホッパー	指定可燃物	規則・手順がない／文書化されない	工場建屋内にて、装置解体の溶断作業実施時に火気養生が計画通りに行われなかったため、溶融した金属が落下して下方のホッパー内部のベレット状廃プラスチックに着火した後、建屋に屋外から接続されているベルトコンベヤーのベルトに延焼が拡大したものの。	装置解体のための溶断作業を実施する際は、可燃物を除去又は適切な火気養生を実施して作業を行うこと	火気使用時の不適切な養生	火花 （溶接・溶断）
5		配管 （送油、注入管等）	－ （可燃性ガス）	必要とされる機能が備わっていない	コークス炉ガス配管の腐食箇所補修工事の際、配管のピンホールからＣＯガス漏えいを確認したにもかかわらず、そのまま応急補修を実施し、作業員の帯電対策の未実施により静電気が発生し可燃性ガスに着火したものの。	配管補修工事の際に、作業員に帯電防止措置を徹底させ、可燃性ガスの漏えいを確認した場合、作業を継続せず保安センターの連絡を徹底させること	可燃性ガス漏えい及び帯電防止不足	火花 （静電気）
6		その他の移送機器	指定可燃物	点検していない／不足	製鋼工場からコンベヤによって運ばれてきたスラグ（約４００℃）の向きを変える装置（ターンテーブル）において、スラグの熱により軸受けに自動注油され堆積していたグリースに着火したものの。	スラグ（高温体）を取り扱う機器では、機器点検を定期的に実施しグリースが堆積しないよう清掃を実施すること	点検不備によるグリースの堆積	高温体 （高温のスラグ）
7	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【13件】	集塵機	指定可燃物	異常事態の放置	廃ガスを燃焼していた際の輻射熱により、集塵機が加熱され、集塵機が破損していたため中に空気が流入し、石炭の水分が蒸発し、自己発熱して着火に至った。また、同時に養生ネット上に堆積している石炭粉も自己発熱し、養生ネットへ着火し火災に至ったもの。	集塵機が破損している場合、火災等の事故の発生を考慮し、補修の先延ばしをせず、適時適切に実施すること	異常事態放置による集塵機の破損	高温体 （石炭粉）
8		ブロアー	その他	整備内容が不適切	コークス炉ガスを高炉ガスとの混合器へ送る昇圧ブロワーにおいて、スタートアップ時の条件設定に時間を要したため、混合器より先へ混合ガスが送られず、コークス炉ガスが昇温、また、軸と軸受の間隙が適切でなかったため、シール部からコークス炉ガスが漏えい、軸受の摩擦により高温となった軸受に接触し、発火したものの。	ブロアーにおいて、スタートアップ時の条件設定に時間を要する場合、不測の事態を想定し、昇圧を停止すること	・コークス炉ガスの昇温 ・軸受の摩擦による高温	高温体 （軸受の摩擦熱）
9		その他の回転（往復）機器	その他	危険に対する認識がない／不足	転炉付近に置いていた資材の入った梱包用袋（フレコンバック）に、転炉移し替え溶銑の火の粉が壁の隙間から飛散し、フレコンバックに着火し出火したものの。	転炉付近において、転炉における溶銑移し替えの際に火の粉の飛散を考慮し、火気養生を徹底すること	溶銑火の粉が壁の隙間から飛散	高温体 （溶銑火の粉）
10	炉 【8件】	溶融炉 （高炉）	その他	整理・清掃されない	トラバーサービットの冷却用ポンプの水压が低下し、滓樋内面の付着物生成が顕著になり、その付着物の影響でスラグが飛散し、保温材に接触・引火しケーブル被覆が溶融したものの。	滓樋内面への付着物の清掃を徹底すること。また、その影響でスラグが飛散することを考慮し、火気養生を徹底すること	清掃不備による付着物生成顕著	高温体 （スラグ）
11		焼入れ、焼戻し炉	危険物	点検内容が不適切	焼入れ炉自動運転中に、高温のトロリーが不具合によりロックが効かない状態となり、クランクとともに焼入れ油槽に落下し、油槽の液面が高温となり出火したものの。	トロリーの定期点検を実施し、部本交換を行うなどの維持管理を実施すること	点検不備によるトロリーの不具合	高温体 （焼入れ油）
12		その他の炉	その他	その他	出鋼口に挟まっている溶け残った鉄屑の除去（酸素を吹き付け鉄くずを溶解させる）作業にて、酸素を吹き付けた際に発生した跳ね返りが作業服（前掛け）に付着したことで着火し、火災に至ったもの。	酸素吹き付けによる出鋼口の鉄屑除去作業を実施する際、監視体制を強化すること。また、保護具の適切な維持管理を行うこと	・溶け残った鉄屑の跳ね返り ・監視体制不備	高温体 （鉄屑）
13	電源計測 【3件】	配電盤、分電盤	その他	点検内容が不適切	クレーン機上の配電盤内接触器の可働接点抑え用のバネが外れたことにより、接点が密着せずギャップが生じ発熱により、出火したものの。	配電盤の必要な点検を実施し、維持管理を行うこと	クレーン配電盤の点検不備	電気 （接触抵抗増大）
14		変圧器	その他	整備内容が不適切	屋外に設置されたオートストレーナ操作盤内に雨水が流入したことよりケーブルがスパークし、配線被覆が焼損したものの。	操作盤に雨水が流入しないよう適切な整備を行うこと	整備不備による操作盤内への雨水流入	電気 （スパーク）
15	塔槽類 【3件】	その他の塔槽類	その他	思い込み	タンデッシュのノズル交換を行うためタンデッシュを上昇させる作業中、タンデッシュの片側のみ上昇して傾いた。水平に戻そうとしたところ操作を誤りさらに上昇してしまったため傾き、タンデッシュ内の溶鋼が漏れ、周辺設備等に着火し、出火に至ったもの。	思い込みによる操作誤りが発生しないよう、ガイダンス機能強化やインターロック機能強化を行うこと	思い込みによる操作の誤り	高温体 （溶鋼）
16		その他 （投入口）	その他	作業スペースが確保されていない	狭隘な投入口内部でアーク溶接を行っていた際、作業時に発生した溶融金属が飛散し、耐熱服に付着したため、その熱により耐熱服及び作業服に着火し、火災に至ったもの。	狭隘箇所にアーク溶接を行う際は、適切に耐熱服及び作業着を着用すること	・狭隘箇所における溶接作業 ・溶接金属の飛散	火花 （溶接・溶断）
17	容器 【1件】	バケット	指定可燃物	不注意	前工程で熱せられたコークスをバケットにて搬送し、槽内に貯め、窒素冷却する工程の施設にて発生した不具合改善のために作業員が施設内に立ち入った際、近くの炉の蓋が開き熱風を浴び衣類を焼損したものの。なお、事業所内規程で運転中の当該施設への立入は禁止であった。	運転中施設への立入りが禁止されている場合、不具合改善のためだとしても不用意に立入らないこと	・事業所内規程の逸脱 ・不注意による炉の蓋の開放	熱風 （コークス炉）
18	その他 【44件】	切断機	－ （その他）	配慮不足	アセチレンガス切断機で取り外しされた機器の錆びたボルトを切断する作業において、機器に対して覆いかぶさるような体勢でアセチレンガス切断機を使用したことにより、火花が自身の方向に飛んできたことで着衣に着火したものの。	アセチレンガス切断機による作業時、火花が飛んでくる危険を予知し、作業を実施すること	作業時の危険予知不足	火花 （溶接・溶断）
19		排気設備	その他	危険に対する認識がない／不足	屋外に設置されている煙突における溶接補修工事中に、溶断火花が地上に落下し枯草に着火したものの。	溶接補修中に、溶断火花が地上に落下することを想定し適切な火気養生を徹底すること	火気使用時の不適切な養生	火花 （溶接・溶断）
20		その他 （研削機）	危険物	点検内容が不適切	銅板表面の研削作業中、研削機の駆動軸に潤滑油を噴射するオイルミスト配管が詰まっており、適正に駆動軸へ潤滑油が供給されず、駆動軸が焼付き、摩擦熱により研削油が発火したものの。	銅板表面の研削作業で研削機を使用する際は、使用前に潤滑油が適正に供給されるかなど日常点検を行い、異常を早期に発見する体制とすること	点検不備によるオイルミスト配管詰まり	摩擦熱 （研削機）
21		その他 （排気設備）	その他	安全装置・標示等が提供／使用されない／不適切	大槓カバーをガス切断機で切断中に、熱いノロをケレンハンマーでケレンした際にノロが飛散し、作業者の衣服に付着したことで着火したものの。	ガス切断機を使用する際は、耐熱服を着用すること	不適切な身体保護	高温体 （溶断ノロ）

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和４年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表3.1.2.2 維持管理面・人的要因・火災事故・化学工業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	人的要因	着火要因
1	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【10件】	押出機、造粒機	指定可燃物	不注意	施設2階ミキサー部のダストシールに固着したポリエチレンのバーナー焼却清掃中に、火気養生のカーボンプロス間隙から火が付いたポリエチレンが1階押出機上部ホッパー内に落下し、清掃不良で残ったポリエチレン小塊に着火したものの。	ダストシールに固着したポリエチレンのバーナー焼却清掃を実施する際は、高温体の落下を想定し、可燃物の定期除去及び火気養生を徹底すること	火気使用時の不適切な養生	高温体 (ポリエチレン)
2			その他	規則・手順の内容が不適切	押出機をポリプロピレン樹脂で洗浄時、スクリーウ回転数の未確認で高回転作業となり、せん断熱が発生し押出機内部のポリプロピレン樹脂が自然発火温度に到達、さらにスクリーウを抜いたため酸素供給され、オープンベント部から出火したもの。	スクリーウ回転数未確認で高回転によるせん断熱が発生しないよう、チェックシートを運用するなどして適切な作業を実施すること	スクリーウ回転数の確認不備	自然発火 (ポリプロピレン樹脂)
3		ブローア	指定可燃物	危険性評価がない／不適切	定修工事のため石油コークス燃焼設備を通常停止したが、翌日に石油コークス微粉が排風機入口配管付近に通常よりも多く堆積したため、排風機停止後、徐々に配管内で石油コークス微粉が蓄熱して排風機及び排風機入口配管の一部が焼損したもの。	石炭コークス微粉が通常より多く堆積しないように維持管理を徹底すること	維持管理不足によるコークス微粉の堆積	蓄熱発火 (コークス微粉)
4		ロータリーキルン、 ロータリードライヤー	指定可燃物	確認不足	ロータリーキルンシール部へのグリス自動給脂装置のトラブル停止2回により給脂が停止されグリス劣化が加速し、フッ化水素製造設備のロータリーキルン出口側シール部付近及びシール用グリスの廃グリス受皿内部のグリスが蓄熱したもの。	トラブルによる給脂が停止されグリス劣化が加速し発火に至ったことから、グリスの確認及び計画的な清掃を徹底すること	確認不足に起因した給脂の停止	蓄熱発火 (グリス)
5		攪拌、混合機（ニーダー）	－ (その他)	必要とされる機能が備わっていない	カーボンブラック製造工場にて、カーボンを粉砕・一時保管するタンクに設置されている攪拌機の軸受け部分のベアリング部にカーボンが混入し、摩擦熱により油を含んだ付着物に着火したもの。なお、ベアリングは長年交換していなかった。	攪拌機の軸受け部分のベアリング部に異物（カーボン）が混入しないように点検の実施及び部品交換を行うこと	ベアリング部の維持管理不足	摩擦熱 (攪拌機)
6	塔槽類 【10件】	貯槽（タンク）	危険物	施工監理が不適切	タンク内部点検準備のため側板マンホールを開放し、蒸気放出までしばらく放置した。その際、加熱配管上までのスラッジ堆積に気付かず液面降下後も加温を継続していたためスラッジ内部で蓄熱されており、空気が流入し発火に至ったもの。	スラッジ堆積が加熱配管に近付くことがないように、スラッジ堆積量の適正把握に努め、また、加温時間を管理すること	監視体制不備によるスラッジの堆積	自然発火 (スラッジの過熱)
7		蒸留、精留塔 (スチライザー、ストリッパー)	その他	知識不足	廃止届済みの排水蒸留塔の解体作業中、作業員が熱を帯びたチタンに消火が必要と考えて赤熱したチタンに水を投入したことにより水素が発生及び解体作業前の内容物除去が未実施だったことにより内部充填物の純チタンが発火したものの。	高温チタンに水をかけ水素を発生させるなど知識不足による不適切な作業を行わないように、材質、内容物等の確認を行い、作業に関する注意事項の確認を徹底すること	知識不足による不適切な作業	可燃性ガス (水素と高温チタンの接触)
8		洗浄塔、槽 (ウォッシングタワー、スクラバー)	その他	配慮不足	ボイラー排ガス脱硫塔を撤去するため、吊フック取付用穴あけをガスバーナーで作業していた際に火の粉がエリミネーターに落下し着火して火災となったもの。	撤去作業にガスバーナーを使用する際は、周囲の可燃物を除去して作業すること。	火気使用時の周囲の確認不足	火花 (溶接・溶断)
9		抽出塔、槽	危険物	異常事態の放置	脱塩槽の中間タンク内のオイルを手動にて抜き入れる作業中に、若干漏えいしたオイルが脱塩槽保温材（ケイカルシウム板）に染み込み、酸化熱が蓄積して発火したもの。	オイル抜き入れの作業には、オイルの飛散防止措置を実施すること。また、漏えいし保温材に付着した場合、直ちに交換を実施すること	保温材へのオイルの浸潤	蓄熱発火 (酸化発熱反応)
10		その他の塔槽類	危険物	危険に対する認識がない／不足	一般取扱所にて、ポリマー樹脂付着フィルターを洗浄するタンク（クリーニングタンク）蓋の閉開時に洗浄液が垂れ、保温材に浸透した。酸化発熱反応により発火点の低い化合物が生成、さらに蒸気配管により過熱・蓄熱され、発火に至ったもの。	クリーニングタンク蓋の閉開時には、洗浄液の飛散防止措置を実施すること	洗浄液の保温材への浸透	蓄熱発火 (酸化発熱反応)
11	炉 【9件】	加熱炉	危険物	危険性評価がない／不適切	エポキシ樹脂を硬化させる為、オープンで加温していたが、外部が硬化し断熱状態となったことで内部から発熱し、重合反応が起こったことで発火したものの。	エポキシ樹脂硬化のためのオープン加温においては、重合反応発生を踏まえたリスクアセスメントを実施すること	リスクアセスメント不足によるエポキシ樹脂発熱	重合反応 (エポキシ樹脂)
12		ボイラー	可燃性ガス	整備していない	一般取扱所に設置されている燃焼用エアラインのダクトが腐食により一部穴が空き、可燃性ガスが漏れ出て保温材に付着した塵埃等を乾燥させ、発煙、発火に至ったもの。	ダクトの減肉確認及び補修、また、類似箇所の早期点検実施及び不備があれば補修を実施すること	整備不備によるダクト腐食	高温体 (可燃性ガス)
13		金属、ガラス熔融炉	その他	危険に対する認識がない／不足	溶解硝子が流れる溶解槽にて、耐火レンガ取り換え準備作業中に交換作業が可能な液レベルに達したかを確認するため、顔を近づけたところ、内部から常に出没しているフレアのような火に接触し、保護用として顔に巻いていた防災タオルが焼損したもの。	火気使用設備において、確認作業で不用意に顔面を近づけないこと。また、保護具を難燃性の高い素材に変更すること	危険予知不足による不安全行動	火炎 (炉)
14		その他の炉	－ (その他)	危険に対する認識がない／不足	炉材の更新のため、炉から取出し空地に仮置きしていたカーボンブロック（高純度アルミナ生成溶解炉材）に電解工程で炭化アルミニウムが付着し、雨水により発熱、発生したメタンガスに着火し、カーボンブロック及び養生シートを焼損したもの。	水と炭化アルミニウムが接触すると発熱しメタンガスが発生するなど、作業に伴う危険知識を習得しておくこと。また、接触反応するものは接触を避けること	知識不足による水とアンモニウムの接触	蓄熱 (水とアンモニウムの接触)
15	移送 【8件】	配管 (送油、注入管等)	危険物	思い込み	ラインの窒素パージのため、金属ナトリウム分散体を溶媒で希釈した液（希釈液）の供給ラインドレン口閉止キャップを取り外した際、ドレン配管内残存希釈液に湿気もしくは配管結露等の水分が触れ、反応・発熱し、溶媒に引火、発炎に至ったもの。	危険物と水分が触れないように作業操作を変更、また、取扱物質の危険性を周知徹底すること	配管への金属ナトリウム希釈液残存及び水分流入	自然発火 (化学反応熱)
16		コンベア、フィーダー	指定可燃物	周知不足	燃焼炉にて、石炭供給ラインのシュートダクト付近ダクトからトレース漏れを確認したため、トレース補修準備として保温材のみを取り外す予定が、作業員が勘違いしシュートダクト接続部のボルトナットを取り外し、炉内の火炎が逆流したものの。	業者作業員が勘違いし誤った作業を実施しないよう、業者への指示命令系統順守及び担当者立会下での作業実施の再教育を行うこと	作業手順の周知不足による不要部の取外し	火炎 (炉)
17		バケットエレベーター	指定可燃物	施工監理が不適切	バケットエレベーターのケーシング補修（当て板補修）のため、グラインダー及びTIG溶接を使用した際、溶接熱によりケーシング内に付着した石炭粉に着火し出火したものの。なお、前日まで行われていた溶接前の散水が当日は実施されていなかった。	溶接を実施する際は、周囲の環境を確認し、必要であれば実施前に散水等を行うこと	火気使用時の周囲の確認不足	高温体 (溶接熱)
18	容器 【7件】	ドラム等容器	危険物	配慮不足	リアクターの低圧分離器定期清掃に向けたストップ準備中、ドレン移送ポンプ吐出のオープン弁よりドレン成分の残液をペール缶へ抜きドラム缶へ移し替える作業を実施した。その際、アース接続しなかったため、ペール缶内で静電着火したもの。	危険物を移し替える際は、静電着火を起こさぬように、アース接続を実施すること	手順逸脱による回収ペール缶へのアース未接続	電気 (静電気)
19	熱交換器 【3件】	熱交換器	可燃性ガス	整備内容が不適切	エチレンプラント内分解炉の分解ガス急冷熱交換器フランジ部において、ナット等の整備不良により熱交換器本体フランジの締付圧力が低下したことから分解ガスが漏えいしたことにより出火し火災に至ったもの。	フランジの締付圧力が低下しガス漏えいしないように、適正なナットに交換するよう整備内容を確認すること	フランジの締付け不足	可燃性ガス (分解ガス)
20	電源計測 【2件】	変圧器	その他	監視が実施されない／不足	事業所内にて、開閉所内のボイラー更新作業中に、何らかの原因により断路器の碍子に伸長したスケールが接近又は接触し、スケールから作業員を通じて地面と短絡状態となったことから、作業員が高電流に感電し出火したもの。	不用意な感電危険行動を起こさぬように、未熟者への感電危険に関する再教育を行うこと	監視体制不備によるスケールと碍子の接触	電気 (地絡)
21		その他 (資機材置場)	危険物	知識の活用不足	硝酸工場冷水塔付近の排水タンク周辺土間及び排水溝の耐酸塗装工事箇所にて、余った耐酸塗料（危険物第四類及び第五類の混合物）を放置し、反応熱により出火に至ったもの。	使用後の混合塗料（危険物の混合物）を放置しないこと	混合塗料の放置	自然発火 (化学反応熱)
22	その他 【33件】	その他 (焼成機)	危険物	不注意	定期修理中に焼成機のエア抜きバルブの閉め忘れにて、熱媒（第四類第三石油類）が漏えい、焼成機の保温材に浸透した。白煙が発生し状況確認のため保温材を解体した際、加熱された熱媒が空気に触れ発火したものの。	バルブの閉め忘れ等を起こさないためのチェックシート作成及び作業フローの再教育を行うこと	バルブ閉め忘れによる熱媒の保温材への浸透	蓄熱発火 (危険物)

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表3.1.2.3 維持管理面・人的要因・火災事故・石油製品等製造業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	人的要因	着火要因
1	移送 【11件】	配管 （送油、注入管等）	可燃性ガス	危険に対する認識がない／不足	定期修理中において、移送配管のサポート部をガス溶断していた際、下方のエンドフランジから可燃性ガスが微量漏えいしており、溶断時に発生する火の粉が落下し、ガスに引火し出火したものの。防炎シートの養生はしていたが、各四方に隙間があり火の粉が落下したものの。	ガス溶断を実施する際は、高温体の落下を想定して火気養生を徹底すること	養生不足による火の粉の落下	火花 （溶接・溶断）
2			危険物	過信	作業員がスタートアップ中にフィルターボトムブリーダーのドレンバルブを開放したところ、安全対策を十分に行わないままバルブを開放したため、発火点以上に加熱された重質油が勢よく噴出し、着火して火災となったもの。	バルブを開放する際には事前に十分に安全対策を行うこと	安全対策不備による油の噴出	自然発火 （危険物）
3		ホッパー	その他	点検していない／不足	ボイラー起動中、鉄錆が電気集塵機内壁から剥がれ落ち電極間で放電発熱し、また鉄錆が投入弁に噛み込み鉄錆を含む塵が堆積し蓄熱した。ボイラー停止後の通風で酸素濃度が上昇し酸化発熱し、近傍のゴム製伸縮継手に着火したものの。	鉄錆を含む塵が堆積しないように、確認及び定期清掃を徹底すること	点検不足による塵の堆積	酸化発熱反応
4		ローディングアーム	危険物	整理・清掃されない	レギュラーガソリン用ローディングアームをタンク車から抜取る際に、赤錆が付着したドロップパイプアセンブリーがタンク車のマンホール部分に接触し、その際衝撃火花を発生させ、ガソリン蒸気に着火したものの。	赤錆が機器に付着したままにならぬよう、点検強化や定期清掃を徹底すること	清掃不備による赤錆の付着	火花 （衝撃）
5		コンベア、フィーダー	－ （その他）	必要とされる機能が備わっていない	乾留が完了したコークスを消火電車で搬出しする際に、赤熱コークスが消火電車の落下防止養生板の腐食開口部から落下、さらに養生シートも経年劣化により破孔があったことからベルトコンベアのゴム製ベルト上に落下し燃焼し火災に至ったもの。	消火電車の落下防止版を定期的に交換するなど適正な維持管理を行うこと	経年劣化による落下防止板の腐食	高温体 （コークス）
6	塔槽類 【9件】	蒸留、精留塔 （スプリンガー、ストリッパ）	危険物	整備していない	スタートアップ作業にて重油間脱硫装置内の減圧蒸留塔を徐々に昇温していた際に、定修作業時に飛散し保温板金の隙間に浸入していた重油が発火したものの。なお、当該部分の保温材等を更新する予定だったが、リストから漏れていた。	重油の付着した保温材の更新漏れがないよう、担当者間での協議の徹底及び点検リストの見直しを実施すること	重油が浸入した保温材の更新漏れ	高温体 （蒸留塔）
7		貯槽 （タンク）	その他	点検していない／不足	低分子重合物粒子が通る配管が清掃不良により閉塞し、タンク内圧が上昇し差圧式液面計が異常となった。応急措置として酸化防止剤投入口を若干開放し圧を逃がしたが、投入口から粒子が放出され、保温材内部に浸透し酸化蓄熱により出火したものの。	清掃不良による配管閉塞を発生させないために、定期清掃を実施すること	清掃不良による配管の閉塞	酸化蓄熱 （酸化発熱反応）
8	炉 【8件】	加熱炉	可燃性ガス	点検内容が不適切	スタートアップ作業中、パイロットバーナーの筒身または燃料ガスノズルが塵・煤等で閉塞気味となり、混合ガス流速が火炎伝達速度を下回り、バーナー筒内で燃焼したため、バーナー筒内圧が大気圧以上となり、空気取込部から出火したものの。	塵・煤等でバーナーの筒身又はノズルが閉塞しないように確認及び温度管理を徹底すること	確認不足によるノズル閉塞	火炎 （バーナー）
9		燃焼、焼却炉	その他	点検していない／不足	フレアスタックの燃焼量の増量によって、フレア筒身内に残っていたコークス等が飛散し、緑地帯の芝草に着火し火災に至ったもの。	コークス等のフレア筒身に残存しないように適切なクリーニング周期を策定すること	コークス等のフレア筒身内への残存	高温体 （コークス等）
10		分解炉	危険物	施工監理が不適切	分解炉内補修工事のために設置された足場部分にて壁体部に鉄板をアーク溶接した際、作業前の安全確認及び火気養生が不十分であったため、炉内の下段に置かれていた耐熱塗料入りのプラスチック容器内に溶接火花が落下し火災に至ったもの。	アーク溶接の際は、作業前の安全確認及び火気養生を徹底すること	火気使用時の不適切な養生	火花 （溶接・溶断）
11			その他	環境が悪い	製造所内にて、炉を停止して保温材を撤去する計画であったが急遽計画変更により停止が延長された。しかし、撤去担当部署への連絡がなく、運転中高温状態にもかかわらず保温材が撤去され、近傍の高温配管により木製足場が熱せられ発火したものの。	炉の停止を延期した場合、確実な方法で連絡すること。また、高温体付近では適正な部材を使用すること	伝達不足及び不適切な部材選択	高温体 （配管）
12	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【5件】	ポンプ	危険物	思い込み	電動弁が開放状態であると思い込んでいたが、実際は閉止状態となり、ポンプを締め切り状態で運転する形となった。その結果、高温の内部流体がポンプのシール部から漏えいし発火に至ったもの。	電動弁の開閉確認を徹底してから運転すること	電動弁が開放状態という思い込み	自然発火 （危険物）
13	電源計測 【4件】	配電盤、分電盤	その他	監視がない	電気室にて、設備業者が清掃作業のために開錠された通電状態の配電盤の扉を開け、充電部に手を触れ感電し衣服が若干焼損したものの。なお、開錠の際は事業所作業員の監視下での作業のはずだったが、開錠後別作業のため、監視者がその場を離れていた。	作業員が不用意に感電危険箇所を触れぬように、監視者を配置すること	監視体制不備による配電盤の開錠継続	電気 （地絡）
14		その他の電源、計測機器	その他	施工監理が不適切	定期開放中のタンク内部で高周波グラインダーを使用時、屋外部分の仮設発電機及び仮設分電盤の接地が不適切で漏電遮断が不健全であったため、電気ケーブルと工事資機材との間にスパークが発生した際に遮断せず周囲の養生シートに着火したものの。	発電機及び分電盤の適切な接地による漏電遮断を行うこと	発電機及び分電盤の不適切な接地	電気 （スパーク）
15	容器 【3件】	ドラム等容器	可燃性ガス	施工監理が不適切	棧橋付近の船から荷揚げしたエチレンをドラムへ送る配管の一部取替作業時、取り替えた配管の圧力計取付用の孔に継手をTIG溶接していた際、バルブと縁切り端末間の残存エチレンがバルブからリークし、溶接作業により着火したものの。	配管を溶接する前には、周囲及び配管内にガスが可燃性ガスが残存していないかガス濃度を検知すること	バージしきれず配管内に残存したエチレンの滞留	火花 （溶接・溶断）
16		ドラム等容器	その他	危険に対する認識がない／不足	定期修理中の水素化脱硫装置内の熱交換器からのスケール（硫化鉄）回収に際して、散水等が不十分であったため、スケールが酸化発熱し出火したものの。	スケール（硫化鉄）回収の際は、酸化発熱しないように散水等を十分に実施すること	危険予知不足による散水不十分	蓄熱発火 （酸化発熱反応）
17	熱交換器 【2件】	熱交換器	危険物	整理・清掃されない	ボイラー設備の吸入空気加熱装置の減速機において、定期修理等で発生した塵状の保温材が年月を経て減速機の軸部に堆積し、減速機のレベルゲージから滲み出た潤滑油が塵状の保温材に含浸し、吸入空気加熱装置の熱で発火に至ったもの。	塵が堆積しないように、清掃等を日常点検リストに追加すること	・清掃不足による塵状の保温材の堆積 ・潤滑油の保温材への含浸	高温体 （吸入空気加熱装置）
18	その他 【12件】	蒸発機、サイクロン	危険物	監視が実施されない／不足	定期修理中の流動接触分解装置内にて、直上サイクロン内部の入口で溶接作業をしていた際に発生した火の粉が落下し、減圧蒸留に使用していた洗浄液の気化したガスに着火したものの。	可燃性ガスが発生している危険性のある上部で溶接作業を実施しないように、火気使用管理体制及び監督者の常時立会いを徹底すること	火気使用時の管理体制不備	火花 （溶接・溶断）
19		排気設備	危険物	規則・手順の内容が不適切	バルブ補修のため、ガス迷し配管を長期間使用していなかったことから、液化した危険物を窒素で押して除去しようとしたところ、ガス迷し配管の大気弁脱部より液化した危険物がミスト上に噴出し出火したものの。	長期間使用のない場合でも、配管内に残存物がないことを確認することを手順化すること	確認不足による配管内の危険物の存在	自然発火 （危険物）
20		その他 （排水系ファンネル）	可燃性ガス	思い込み	重油脱硫装置内のフレアーノックアウトドラムの二次排水系ファンネルを養生した際、ドレンコックバルブが微開となりフレアーガスが漏れ、付近の研り作業で発生した火花が引火し火災となったものの。	作業前にはバルブが確実に閉鎖状態であることを確認すること	コックバルブが閉止状態という思い込み	火花 （研り）

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表3. 1. 3. 1 維持管理面・人的要因・漏えい事故・石油製品等製造業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	人的要因	漏えい要因
1	移送 【36件】	配管 (送油、注入管等)	危険物	思い込み	ポンプを暖気状態に復旧する際、吐出チャッキ弁を微開にするとところ、操作を誤り吐出ファンネル行弁を微開にして他の作業のため現場を離れたため、ファンネル行弁から危険物が漏えいしたものの。	誤操作を防止するため、弁に付する表示による区別化を図ること	他の弁を操作	開放 (バルブ)
2			毒劇物	規則・手順の内容が不適切	装置の定期補修工事中、社内の工事着工手続きの不備及び社内の情報伝達・情報共有が不足のまま、タンク受け入れ配管の改造工事のために配管を切断したところ、配管内の脱液がされていなかったため、切断箇所から内液（毒劇物）が漏えいしたものの。	作業手順の失念を防止するため、作業計画の複数人による確認、手順書の詳細化等各種手続きを見直すこと	残液を排出しないまま配管の切断作業を実施	開放 (工事における配管の切断)
3		ローディングアーム	危険物	不注意	ローリー出荷設備において、移動タンク貯蔵所に危険物を充填作業中に油圧レバーがニュートラルのまま充填作業を行ったため、流速に押されるようにローディングアームが跳ね上がり、危険物が防護枠内に漏えいしたものの。	取扱者への教育の徹底及びハード面対策を行うこと	レバー操作の確認が不十分	ローディングアームの跳ね上がり
4		運搬車	危険物	不注意	ドラム缶からタンクローリーへの詰替えを行っていた際、2KLタンク室へ10ドラムを吸い上げる予定に対し、不注意から誤って12ドラム吸い上げてしまい、ローリー上部マンホールから防護枠内に危険物が漏えいしたものの。	不注意による誤認を防ぐため、確認方法をマニュアル化すること	吸上量の誤認	オーバーフロー (マンホール)
5		ピグ装置	危険物	必要とされる機能が備わっていない	配管のピグ点検作業後、セーフティーロックに取付けられた圧抜き穴が緩んでいた。その後、運転圧力をかける際はリーク確認を実施するよう申し送られていたが、作業員は次回の点検時の話と誤認したため、リーク確認をすることなく移送を再開、圧抜き穴から危険物が漏えいしたものの。	情報伝達漏れを防ぐために情報伝達方法をマニュアル化すること	・申し送りの不徹底 ・作業手順書未作成	開放 (圧抜き穴の緩み)
6		その他の移送機器	危険物	不注意	ローディングアームにて危険物を船に積込み作業中、船上作業員が不注意により油面監視を怠っていた為、規定液面レベル以上になり、船のマンホールから危険物が漏えいしたものの。	注意不足による漏えいを防ぐため、液面監視を怠った場合の危険性に関する教育を実施する等危機管理意識の向上を図ること	液面監視を怠る	オーバーフロー (マンホール)
7	塔槽類 【31件】	貯槽（タンク）	高圧ガス	過信	抜き出し配管のガス抜き作業のため、プラグを緩める際、作業の慣れによる過信から誤った箇所を緩めてしまい、プラグ本体が配管から脱落し、プラグ取付部から高圧ガスが漏えいしたものの。	過信による誤操作を防ぐため、作業手順を再確認するための研修等を実施すること	誤った箇所のプラグの緩み	脱圧 (プラグ)
8			危険物	冷静でなかった	タンクから払出しを行うため配管の洗浄中、作業員は会議やその他業務により忙中で冷静さを欠いていたため、バルブ操作を誤り、洗浄に使用していた危険物が別のタンクへ流れ込み、当該タンクからオーバーフローし、防油堤内に危険物が漏えいしたものの。	バルブの誤操作を防ぐため、バルブに表示を付すとともに操作フローを掲示する等の措置をすること	バルブ操作の誤り	オーバーフロー (タンク)
9		混合、溶解槽	危険物	思い込み	誤った思い込みにより滞油を抜くための調合槽と張り込むための調合槽の2つのバルブを開放し、ポンプを起動させた。これにより両方の調合槽に充てんされ、滞油を抜くための調合槽の頂部からオーバーフローし、危険物が漏えいしたものの。	バルブの誤操作を防ぐため、バルブに表示を付すとともに操作フローを掲示する等の措置、作業手順を再確認するための研修等を実施すること	バルブ操作の誤り	オーバーフロー (調合槽)
10		蒸留、精留塔 (スチライザー、ストリッパー)	危険物	知識不足	減圧蒸留塔内の改修作業にあたり、重質油から軽質油への置換作業を実施。置換状況を確認する際、知識不足から重質油を送液中の配管のドレン弁を開放してしまい、重質油が漏えいしたものの。	危険性を熟知させるために、リスク分析、作業前の手順確認等の実施を徹底すること	誤ったドレン操作	開放 (ドレン弁)
11		抽出塔、槽	指定可燃物	危険に対する認識がない／不足	加熱不良により設備内部の指定可燃物が固化し移送不良となったため、作業員は再度昇温したがすぐに解消されずドレンバルブから内容液が出てこなかった。作業員はバルブを開放したまま現場を離脱したところ、内容物が液化し、ドレンから出た内容物がドラム缶から溢れ漏えいしたものの。	トラブルがあった場合に現場を離脱せぬように、トラブル対処法を考慮した作業書を作成すること	バルブ開放状態のまま現場離脱	オーバーフロー (ドレン弁)
12		その他の塔槽類	危険物	確認不足	熱交換器及び配管内の滞油抜取作業のためドラムへ圧送中、ドラムの底部に粘性の高い油が溜まっており、払出ノズルが閉塞状況のまま圧送したためドラム液面が上昇、異常に気付いた作業員が慌ててバルブを閉止したが、配管内残存圧力により内容物が圧送され続け、ドラムのペントラインから危険物がオーバーフローし漏えいしたものの。	確認不足にならぬように、作業前の確認を手順書に反映させること	抜出ノズルの閉塞	オーバーフロー (ペント部)
13	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【11件】	ポンプ	危険物	不注意	船舶へ危険物の出荷作業中に、作業員はシステムで出荷量を700KLに設定して出荷を開始。その後、流速を900KL/Hに変更する際、不注意により出荷量の設定を900KLに変更したため、船舶のペントから危険物が甲板上へ漏えいしたものの。	不注意による誤操作を防止するため、危険性を認識するための教育を行うこと	流量設定システムの誤操作	オーバーフロー (ペント部)
14			指定可燃物	思い込み	圧力計の交換作業中、圧力計の指示値が0となっていないが、内容物の固化閉塞による誤指示だと思い込み、圧力計を取り外したところ、圧力のかかった配管から指定可燃物がミスト状に漏えいしたものの。	思い込みによる誤操作を防止するため、作業手順書への反映、手順の遵守を徹底させること	圧力がかかった状態での圧力計取外し	開放 (圧力計)
15		圧縮機	危険物	怠慢	制御室にて圧縮機の潤滑油圧力低下のアラームが鳴動後、予備ポンプが起動していたが、即時の確認を怠り、しばらくして現場確認をすると、軸受部や潤滑油戻り配管のペントに滲みが発生したものの。予備ポンプ及びメインポンプが同時起動している状態が続いたことから必要以上の流量が流れたものの。	異常アラームの確認を怠らぬように、安全教育の徹底、複数による確認ができるよう体制を変更すること	異常アラームの放置	流量増加 (危険物)
16		遠心分離機	危険物	整備していない	遠心分離器の整備不足により遠心分離機内に汚れが堆積し、油分と水を分離することができなくなったことから、当該遠心分離機の水分排出口から危険物が漏えいしたものの。	汚れの堆積を防ぐために、定期清掃の頻度を増やす等機器の保全方針を改めること	遠心分離機への汚れ堆積	機器能力低下
17		攪拌、混合機 (ニーダー)	危険物	経験不足／習熟不足	危険物製造所のタンク内で、危険物と非危険物を攪拌中、機器の習熟不足により誤った手順により加圧操作を行ったことから、タンクが加圧により耐えられなくなり、サイドマンホールから混合液が漏えいしたものの。	作業手順の教育、適切な監視員の配置を行うこと	機器の習熟不足による誤操作	過圧 (タンク)
18	容器 【5件】	ドラム等容器	危険物	経験不足／習熟不足	クランプリフトでドラム缶をつかみ加温装置内に押し込んだ際、経験不足からリフトの操作ミスによりドラム缶に傷をつけたため開口し、危険物が流出したものの。	操作ミスが怒らぬように、作業手順を見直すこと	リフト操作ミス	開孔 (接触による破損)
19		ポンペ	高圧ガス	規則・手順の内容が不適切	ポンベからガスを供給中、気温が低かったためスチーム（140度）と工業用水を混合し、40度以下になるよう調整しながら温水をポンペに流しかけていた。別装置の影響からスチーム圧力を上げる操作を実施したため、温水の温度が上昇し、安全弁の作動温度50度を超えたため、安全弁が溶けてガスが漏えいしたものの。	手順書を改善するとともに必要な教育を実施すること	不適切な操作によるポンベの加温	開放 (安全弁の溶解)
20	熱交換器 【4件】	熱交換器	危険物	整備内容が不適切	整備不良により熱交換器内のおつまりが発生し、ポンプの流量が下がっていたため、バイパス弁を開放し流量を回復させる操作を実施したが、この際バイパス弁の開操作を通常より大きく行ったことで、バイパス側へ熱油が多く流れ、同時に熱交換器に急激な温度変化を与えたことにより熱交換器のフランジ部から危険物が漏えいした。	整備不良が原因であるため、整備マニュアルの改訂、周知をすること	熱交換器の整備不良	シール圧低下 (急激な温度変化)
21	その他 【14件】	充てん機	危険物	取り違い	ドラム缶への充填開始時、ドラム製品充填担当者が充填機に対しドラム缶充填口（大栓）を進行方向上流側になるようにドラム缶を設置する作業を取り違い、逆方向に設置した。そのため、充填量が誤計測され満充填になったにもかかわらず充填が継続され、ドラム缶から危険物が漏えいしたものの。	機器の設置位置の取り違いを防止するために、作業マニュアルの掲示、教育等の徹底を実施すること	容器設定位置の取り違い	オーバーフロー (ドラム充填)
22		ろ過機	危険物	緊急時計画がない	大雨のため排水処理槽の予備ポンプを処理槽内部確認不十分のまま起動させたところ、ビット内の油が排水口から出て、運河上に油膜が発生したものの。	適切なリスクアセスメントを実施し、手順書を作成すること	確認不十分のままポンプ起動	流量増加 (危険物)
23		その他 (船槽)	危険物	監視が実施されない／不足	出荷棧橋から船舶の3番タンク及び4番タンクへ順に積込中に、調整のため3番タンク半開のまま4番タンクへの切り替えを実施した。その後、作業員は3番タンクが半開状態であることを失念し油面監視をせずに積み込み作業を継続したため、船舶のハッチマンホールから危険物が甲板上及び海上に漏えいしたものの。	弁開放状態を失念することを防止するために、弁開閉状態の表示方法の変更や異常の有無の確認を徹底すること	弁開放状態の失念	オーバーフロー (タンク)

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表3.1.3.2 維持管理面・人的要因・漏えい事故・化学工業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	人的要因	漏えい要因
1	塔槽類 【36件】	貯槽（タンク）	危険物	不注意	屋外タンク貯蔵所から当該施設の別タンクに原料を受入中に液面計の監視及びポンプ操作を行うべき作業員が他の業務に従事し、監視を怠った間にタンク通気管からオーバーフローしたもの。作業員は別作業に従事しても高液前に停止作業を行えると過信していた。	不注意を防ぐために、監視体制の二重化、遠隔停止機能等の追加を行うこと	他の業務に従事しながらの監視不備	オーバーフロー（通気管）
2			毒劇物	点検していない／不足	排水処理設備内にて点検不足により、毒劇物の結晶が外気吸入管に蓄積し、閉塞したことで弁が作動せず、移送ポンプが停止後もサイフォン効果による移送が継続され、毒劇物を一時貯留するサービスタンクの天板マンホールから防液堤内にオーバーフローしたもの。	点検不足を防ぐため、点検頻度の適正化や作業手順の見直しを行うこと	外気吸入管内点検不足による配管閉塞	オーバーフロー（マンホール）
3			高圧ガス	重要情報が伝達されない	高圧ガス設備タンク配管にて保安検査及び配管更新工事を同時進行していたが、工事養生の連絡確認体制が出来ておらず配管の仕切り状態を確認しないまま、上流側バルブが開状態でフランジを取り外したため、適液状態の配管から危険物が噴出した。	作業員間の情報の伝達ミスを防止するため、事前の打合せを徹底し、また、確認に関する教育を実施すること	連絡確認不備により適液状態でフランジ開放	開放（フランジ）
4		蒸留、精留塔（スチライザー、ストリパー）	危険物	怠慢	作業員が凍結防止のため開放していたドレンバルブを閉め忘れ、そのまま他の作業員が確認を怠ったまま運転を開始したため、危険物製造所に設置されている蒸留塔のボトム水配管のドレン抜きより、危険物が施設周囲側溝まで漏えいしたものの。	複数人のチェックミスが起こらぬように、チェックリストの確認を徹底すること	ドレンバルブの閉め忘れ、運転前の未確認	開放（ドレン）
5		反応塔、槽	毒劇物	必要とされる機能が備わっていない	反応器２基に毒劇物の張り込み作業を実施したところ、習熟不足によりサイフォン現象を想定せず、負圧状態になり、送り出し側の反応器からオーバーフローしたもの。	サイフォン現象に対するチェックリストや手順書を作成すること。また、インターロックを構築すること	サイフォン現象に対する配慮不足	オーバーフロー（反応器）
6		混合、溶解槽	指定可燃物	危険に対する認識がない／不足	指定可燃物製造所内製品製造ラインのシールポット部にて、工程中の窒素バブリング及びミキサーによる攪拌で泡立ちが発生し容積率及び液面レベルが高まり、またバッチ運転時のポンプ循環時間が想定より長い時間となっていたことから指定可燃物が流出したものの。	適切な液面管理レベルを設定するとともに、教育を実施すること	泡立ちによる容積率の増加	オーバーフロー（シールポット部）
7		洗浄塔、槽（ウォッシングタワー、スクラパー）	危険物	安全に対する意識が低い	一般取扱所において、タンクから洗浄槽に洗浄液（危険物）を充填中に、前日に使用していたフレキシブルホースのバルブ閉め忘れにより、ホース先端部分から洗浄液が漏えいしたものの。	バルブの閉め忘れが起こらぬように、チェックリスト項目を追加し、作業前・作業後の確認の徹底すること	バルブの閉め忘れ	開放（ホースバルブ）
8		その他の塔槽類	その他	思い込み	サンプリングタンクの点検清掃を行うための液抜き作業中、ポンプの循環ライン弁の開閉誤認をしたこと、ホースバンドを２箇所使用するとを１箇所しか使用しなかったことが重なり、圧力に耐えられずノズルからシリコンホースが抜けてしまい、内容液が漏えい、作業員が被液したものの。	思い込み作業を防ぐため、開閉表示の明瞭化や手順書の遵守を徹底させること	・弁の開閉状態誤認 ・ホースバンドの規定数以下の使用	脱落（シリコンホース）
9	移送 【23件】	配管（送油、注入管等）	危険物	怠慢	危険物製造所内、製品製造工程の脱気槽の弁から、作業者間の認識の相違により弁の閉鎖を怠り、危険物が漏えいしたものの。	作業員間の確認不備により発生しているため、責任範囲の明確化やチェックリストの作成を行うこと	作業者相互の確認不足による弁の閉塞怠り	開放（脱気槽開閉弁）
10			毒劇物	不注意	移動タンク貯蔵所への毒劇物の払出作業を行っていたが、作業完了後にベントライン開放を失念し移動タンク内部が加圧状態のまま接続ホースを取り外したことにより、毒劇物が噴出したものの。	手順を頭らぬように、安全教育や技量認定の実施をし、バルブ及び配管の表示区別を行うこと	不注意によるベントライン開放未実施	開放（送油管）
11			危険物	配慮不足	危険物製造工程において、サンプリング採取を行う際、本来の作業手順書にない方法で通常とは異なる部分から採取を試みたため、圧力のかかった危険物がフランジから噴出したものの。	マニュアル外の操作により発生していることから、手順書に注意事項を追加し、安全教育を実施すること	マニュアル外の操作	開放（フランジ）
12		その他の移送機器	—（指定可燃物）	整理・清掃されない	合成樹脂の移送先を切替える建屋内で使用しているメタルフレキシホースの接続部が、移送先切替作業工程の省略によりホース同士が重なったことで負荷がかかり破損し、指定可燃物が建屋内に漏えいしたものの。	作業工程の省略をする際も作業員相互の確認を徹底し、機器の異常の発生を防止すること	ホース整理等作業工程の省略	破損（ホース接続部）
13	ポンプ・圧縮機等回転機器 【6件】	ポンプ	毒劇物	規則・手順の内容が不適切	作業員がポンプヤードで、毒劇物の船出荷を行うため船出荷ポンプを起動したところ、手順書が不明確であったためポンプ吐出直近のバルブを誤操作し、圧力により船出荷ポンプ吐出配管が破損し、毒劇物が漏えいしたものの。	バルブの明確化や手順の改定を行うこと	バルブの誤操作	破損（吐出配管）
14		押出機、造粒機	危険物	更新されない	製品押出機の通常運転中、安全弁のセット圧を間違えていたため、押出機のギア減速機及びタイミングギアのケーシング上部のベントから潤滑油が漏えいしたものの。なお、当該施設は定期整備中であり、発災当日の朝から運転再開をしていた。	変更履歴等を管理し、安全弁のセット圧の間違いを防ぐこと	安全弁のセット圧の間違い	安全弁の想定外の作動
15	容器【４件】	ドラム等容器	危険物	知識不足	屋外タンク貯蔵所からの残渣抜き後にドラム缶への危険物の回収作業中、作業指示者の知識不足によりドラム缶内の水と危険物が反応してしまい、ドラム缶から危険物が噴き出し漏えいしたものの。	知識不足を補う教育を実施すること	危険物と水の混合	化学反応（危険物と水の反応）
16	熱交換器【１件】	熱交換器	毒劇物	経験不足／習熟不足	シャットダウンメンテナンスのため、毒劇物を冷媒とする冷凍機を停止した際、ポンプを停止しなければならなかったところ、知識不足でポンプを稼働させたままであった。そのため残液していた毒劇物が過熱され、安全弁が作動、正常な処理がなされず、毒劇物が大気へ漏えいしたものの。	手順書及び指し書を改定するほか、必要な教育を実施すること	ポンプの不停止	開放（安全弁の作動）
17	その他 【10件】	フィルター	危険物	伝達方法が不適切	屋外タンク貯蔵所から移送取り扱所を経由して、船出荷用棧橋から危険物の出荷作業時に作業員間の連絡不足により、出荷フィルター内に圧力が掛かった状態となり、出荷フィルターのフランジ部分から危険物が漏えいし、さらに囲いのひび割れ部分から囲い外に漏えいしたものの。	連絡の徹底、複数人チェックを実施すること	出荷フィルターの過圧	内圧上昇（出荷フィルター）
18		ろ過機	その他	モニタ・計器類の視認性が悪い	製品製造中、ろ過された物質の抜出し作業をしようとした際、圧力計の視認不良が起因し、加圧状態のままハンドホール開放のためのクランプを外そうとしてクランプの止めねじを緩めた際に、内圧により急激にハンドホールが開き、ろ過された物質が漏えいしたものの。	圧力計の設置位置の検討、手順書及びリスク評価の見直しを行うこと	圧力計の視認不良による加圧状態の維持	開放（ハンドホール）
19		加熱ヒーター	危険物	点検していない／不足	施設スタートアップのため、熱媒である危険物をスチームで加熱し、ライン内の循環を始めたところ、スチームトラップの動作不良により、液封状態となり圧力上昇のヒートアップのヒューティングコイルの一部が開孔し、ボイラー内に危険物が流出したものの。	運転手順書にスチームトラップの作動確認を追加すること	スチームトラップの点検不足	内圧上昇（ヒューティングコイル）
20		充てん機	高圧ガス	思い込み	液化ガスを移液する非定常作業後、本来、定常作業では自動で閉止する遮断弁を手動で閉止した。その後、制御盤設定を定常作業のものに戻す際、手動で閉止した自動遮断弁が開かないものと思い込み、定常作業に戻す操作を行ったため自動遮断弁が開放し、充填口から液化ガスが漏えいしたものの。	遮断弁動作の誤認を防ぐため、操作盤による自動遮断弁確認機能を追加すること	遮断弁動作の誤認	開放（充填口）
21		蒸発機、サイクロン	危険物	危険に対する認識がない／不足	危険物回収工程において、蒸発器Ａ、ＢのうちＢを停止しＡのみで稼働していたが、Ａで気化した危険物が共通管を通じてＢに流れ込み、凝縮しＢ内に滞留した。液量が増加したことで、作業員が攪拌のための熱水と思い込み、熱水タンクへ移送したことで、危険物が漏えいしたものの。	安全教育を実施すること。また、異常早期検知のため、ガス検知器をタンク周辺に設置すること	意図しない場所への危険物の移送	移送（熱水タンクへの移送）
22		冷凍機	毒劇物	過信	定期自主検査後、検査済みの圧力計及び安全弁の取付けを行い、圧力計の元バルブの開操作を実施したところ開け始めが固く、工具にて開操作を継続したところ、当該バルブのバックン押さえ部がバルブから外れ、潤滑油混じりのアンモニアガスが噴出したものの。なお、手順書がなく適正工具を使用しなかった。	バルブ構造と適正工具の教育及び作業手順書の見直しを行うこと	適正工具を使用せず誤ったバルブ開閉操作を継続	バルブの外れ

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和４年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表3. 1. 3. 3 維持管理面・人的要因・漏えい事故・電気業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	人的要因	漏えい要因
1	塔槽類 【5件】	貯槽（タンク）	危険物	思い込み	燃料タンクに危険物を受け入れた際にレベル計の動作不良に気づかずタンク容量を超える給油を行ったため、オーバーフロー配管から脱油受槽及び防油堤内の溜槽内に危険物が漏えいしたもの。	タンクへの受入れ時は、レベル計のみではなく、目視等にて受入量の確認を実施すること	レベル計の作動不良に気付かず	オーバーフロー（配管）
2				規則・手順がない／文書化されない	長期停止後、揚油バースからタンクへの揚油受入作業を開始していたところ、危険物の加温時間が短かったため、一時的なエアセパレータフロート弁の動作不良及びベントタンクレベル計・レベルスイッチ取出し配管の詰まりが解消されず、ベントタンクから危険物が漏えいしたもの。	配管等の長期停止後の作業開始前は、詰まり解消のため、十分な加温を行うこと	配管加温時間が明確化されていない	オーバーフロー（ベントタンク）
3				過信	機器内蔵油をタンクへ移送する際、機器内の油量はタンクの空き容量で収まると思い込み移送した結果、タンクの容量不足であったため通気管からオーバーフローしたもの。	タンクへの受入れ時は、レベル計及び目視等にて受入量の確認を実施すること。また、レベル計に上限値を明確に表記すること	タンクの容量以上の移送	オーバーフロー（通気管）
4				点検内容が不適切	台風襲来に備え、非常用発電機を始動したところ、点検項目外の潤滑油給油口蓋が震動により外れ、エンジン内圧の上昇により潤滑油給油口蓋から潤滑油が漏えいしたもの。	起動前点検の項目を見直し、頻繁に使用することがない機器への綿密な起動前点検を実施すること	点検項目外であったため蓋の外れを認識できず	内圧上昇（潤滑油給油口）
5				必要とされる機能が備わっていない	移送船へ払い出し中、配管系統毎の弁の開閉状況の確認不足により、系統外へ油が流出する恐れのあるエアセパレータ排気弁手動弁を閉止していなかったため、ベントタンク上部から危険物が漏えいしたもの。	払い出し作業の実施前は、弁開放状態の確認を確実に行うこと。また、払い出し作業における監視体制を強化すること	弁開放状況の確認不足	オーバーフロー（ベントタンク）
6	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【4件】	ポンプ	危険物	規則・手順の内容が不適切	消火ポンプディーゼルエンジンの点検に伴い、遠心クラッチを取り外し後、試運転をした際、減速機部分のバランスが崩れ、大きな振動が発生し、危険物配管のクラック及びフランジの変形が生じ、その後の運転により破損部から危険物が漏えいした。減速機は、エンジンとモーターによる運転が可能であるが、エンジンの遠心クラッチを撤去した状態でモーターによる試運転をしたため不具合が発生したものの。	非定常状態を行う場合のリスク抽出及び管理を徹底すること	遠心クラッチを撤去した状態での試運転	破損（配管等）
7		圧縮機	危険物	点検していない／不足	ガス圧縮機給油装置の潤滑油循環系統において、フロートトラップの清掃不十分により内部に汚れが堆積し、油面が上昇して警報が発報したが、従業員が警報を解除する際、手順書にないバイパス弁の開放操作を行ったため、潤滑油がベント配管に流入し、大気開放弁から漏えいしたものの。	常時からトラップ等の清掃し、異常発生時は慌てて手順書にない動作を実施しないように教育を徹底すること	フロートトラップの点検、清掃不足	オーバーフロー（バイパス弁）
8		攪拌、混合機（ニーダー）	危険物	規則・手順の内容が不適切	危険物タンク攪拌機の点検整備において、工事依頼側と請負側で作業内容の確認が不十分であったことから、作業員がねじの増し締め作業をするところ、誤って外してはいけない球面ユニットのグランドパッキンを取外したことから当該パッキン部から重油が噴出したものの。	作業内容の確認を徹底し、パッキン等の付け忘れがないように監視体制を強化すること	パッキンの不要な取外し	開放（パッキン）
9		その他の回転（往復）機器	危険物	規則・手順の内容が不適切	油圧ユニットの圧力計継手部の僅かな緩みを起点とし、装置作動時の油圧の脈動により、徐々に緩みが大きくなり、圧力計接続部から作動油が漏えいしたものの。日常点検において、圧力計の漏れの確認は明記されていたが、合いマークの位置確認や緩みの確認は明記されていなかった。	日常点検では計器の漏れ確認のみではなく、ナット等の緩み確認も行うこと	圧力計継手部の緩み	シール圧低下（圧力計継手部）
10	移送 【2件】	配管（送油、注入管等）	危険物	監視が実施されない／不足	タンク付属配管内の危険物を抜き取る作業中、タンクから配管への遮断実施後に配管の末端の閉止板を取り外す手順となっていたが、遮断が未完了のまま配管の閉止板を取り外したことで、配管から危険物が漏えいしたものの。	抜き取り作業時は、作業手順を確認し、配管への遮断を確実に実施した後に行うこと	タンクと配管との遮断未実施	開放（閉止板）
11				整備内容が不適切	タンク内の危険物を別タンクへ移送するために、配管系統の切り替え作業を行った際、パッキンの収縮により閉止した開閉弁から危険物が漏えいしたものの。当該パッキンはPTFE製（テフロン系）であり、PTFEは気温により膨張・収縮するが、夏季に増し締めを実施後、冬季の気温低下により、パッキンが収縮していた。	冬季にはパッキン等の収縮等が懸念される箇所については、当該部分における増し締め等の点検及び維持管理を徹底すること	パッキンの気温低下による収縮を考慮せず	シール圧の低下（パッキンの収縮）
12	電源計測 【2件】	発電機	危険物	規則・手順がない／文書化されない	発電設備の定期整備に伴い、ガスタービン発電機を停止し、潤滑油配管の取り外し作業を行ったところ、他の担当部署がそれと並行してガスタービン煙道内の残留ガスのバージに伴うガスタービンの起動操作を実施したため、潤滑油を送液するポンプが自動起動し、配管取り外し部から潤滑油が施設内に漏えいしたものの。	他部署との同系列の場所での同時作業時は、連携を強化すること	取外し作業と起動操作の連携不足	開放（潤滑油配管）
13				配慮不足	タービンの潤滑油フラッシング中にブロー弁の閉止操作を行っていなかったため、タービン主油タンク内に設置されているクノーフィルタのフローラインから潤滑油が構内及び排水系統に漏えいしたものの。	作業実施前は、弁等の閉鎖確認を確実に行之い、監視体制を強化すること	ブロー弁閉止操作の未実施	開放（ブローライン）
14	炉 【1件】	ボイラー	危険物	思い込み	ボイラーの押込通風機の試運転中に不具合箇所があったため、軸受給油配管を取り外して作業していたところ、他の作業員が油配管の系統を勘違いし、誤って油ポンプを起動させてしまい、取り外していた配管部分から潤滑油が漏えいしたものの。	作業工程の確認を確実に実施し、作業員同士の連携を強化すること	取外し作業と起動操作の連携不足	開放（潤滑油配管）
15	その他 【2件】	固定給油（注油）設備	危険物	知識不足	再熱蒸気タービン給油装置より主タービンへ送油する危険物の清浄化クノーフィルター部フランジパッキン取替後、作動確認のため補助油ポンプを起動したところ、耐圧不足のパッキン（既設シートパッキン耐圧3.0Mpaに対しゴムパッキン耐圧1Mpaを使用）を使用したため、パッキンが破損し、危険物が漏えいしたものの。	施工時におけるパッキンの選定については、チェックシート等を活用し、適切な部品の選定を行うこと	耐圧不足のパッキンの使用	シール圧低下（シートパッキン）
16		フィルター	危険物	点検していない／不足	船舶からLNGを受け入れ中、コンプレッサー内に設けられたタンクから軸受けに潤滑油を供給するラインのストレーナー空気抜き用配管に設けられているバルブ部分において、点検不足により当該バルブが緩んでいたことから、開放していたバルブから潤滑油が防油堤内に漏えいしたものの。	日常点検及び作業前点検において、バルブ部等の緩みがないかの確認を徹底すること	バルブの緩み	開放（空気抜き用配管）

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関連した物質を記載した。

【 表3. 2. 1. 1 維持管理面・物的要因・爆発事故・全業態 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	物的要因	着火要因
1	移送 【3件】	配管 （送油、注入管等）	毒劇物	機器の機能の停止	事業所内の製造所で使用する危険物（ジクロロプロペン）が逆止弁の作動不良により、塩素ガス配管に逆流したため、化学反応が起こり爆発したもの。	逆止弁の作動不良を防止するため、逆止弁の点検頻度を明確化すること	逆止弁の作動不良	化学反応
2		ホッパー	危険物	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	重合後の粉体樹脂を中間タンクに一時貯留するため、2基ある中間タンクを切替ながら運転していたところ、当該中間タンクは窒素パージされていたものの陰圧管理であったことと、本体と天板を固定するボルト及びガスケットが劣化しており、気密性が低下していたことから空気が流入し、切替操作により弁が開き、粉体樹脂が投入された際に静電気が発生、粉体樹脂と共に存在する可燃性ガスに着火し、粉体樹脂の粉じん爆発が発生したもの。	空気流入防止対策として中間タンクを陽圧管理にするとともに、ガスケットの劣化対策として本体と天板をボルト接続から溶接構造にすること	・粉塵の発生 ・ボルト及びガスケットの劣化による空気の流入	火花 （静電気）
3	炉 【3件】	乾燥炉	危険物	機器の機能の停止	硝子の表面加工工場の乾燥炉において、硝子を搬送しているフローコーターの異常が発生し、速度が低下したことにより、塗料が大量に散布され、乾燥炉からの熱を通常より多く受ける状況になり、発生した可燃性ガスが爆発下限値を超え、乾燥炉内のヒーターに触れ爆発したもの。	フローコーターの速度が低下しないよう点検管理を強化するとともに、万が一、異常が発生した場合には、そのまま乾燥炉へ進入させないシステムとすること	フローコーターの異常な速度低下に伴う塗料の大量散布	高温体 （乾燥炉）
4	塔槽類 【1件】	反応塔、槽	危険物	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	反応釜の自動洗浄作業中、二硫化炭素注入バルブのシートリングが摩耗していたことにより二硫化炭素が釜内に漏れ、さらに攪拌羽根のベアリングの劣化により、回転軸にずれが生じたことにより、反応釜内側側壁と攪拌羽根が接触して、金属火花が発生し、反応釜内の二硫化炭素に着火し、爆発したもの。	反応釜への注入バルブの交換頻度を3年から1年に短縮するとともに、攪拌羽根の軸ずれを早期に把握するため適切な点検を実施すること	・シートリングの摩耗に伴う二硫化炭素の漏れ ・攪拌羽根のベアリングの劣化	火花 （金属同士の接触）
5	その他 【1件】	その他 （コークス炉関係機器）	可燃性ガス	機器の異常動作	工場の一部停電に伴い、コークス炉ガスの吸引ブロワが停止したため、コークス炉ガスを炉上燃焼放散していたところ、コークス炉炭化室で発生したコークス炉ガスが廃熱弁の隙間から漏れ、煙道内に流入しコークス粉等の高温物と接触、煙道内で爆発したもの。	コークス炉ガスが煙道内に流入しないよう廃熱弁の調整を実施するとともに、適切な点検を実施すること	コークス炉ガスの煙道内への流入	高温体 （煙道内のコークス粉等）

- ・【 】内の数値は、平成25年～令和4年の事故件数を示す。事故はすべての業態から抽出。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表3.2.2.1 維持管理面・物的要因・火災事故・鉄鋼業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	物的要因	着火要因
1	移送 【12件】	コンベア、フィーダー	その他	機器の異常動作	鉄鉱石を搬送するベルトコンベヤにおいて、搬送ベルトのスリップ防止のために取付けている軸受け架台が変形していたため、当該軸受け架台が摩擦により高温になり、移動停止した際に架台と搬送ベルトが接触し搬送ベルトから出火したものの。	日常点検を徹底し、不良箇所が発見された際は早期に修繕を行うこと	スリップ防止用軸受け架台の変形	摩擦熱 (搬送ベルト)
2			その他	長期使用による素材等の劣化 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化)	ベルトコンベアのリターンローラー部に負担がかかり、劣化していた軸受部が破損したことにより、管体と軸間に摩擦熱が生じて、ローラーのゴムリングが発煙し、出火したものの。	ゴム製のローラーから鋼製のローラーに変更し、ローラー部への負担を軽減すること	劣化による軸受部の破損	摩擦熱 (ゴムリング)
3			－ (その他)	機器の機能の停止	石炭が片寄りにしたことによりベルトがスリップしたが、スリップ検出器の電源不良により停止できず、回り続けたブーリーとベルトが摩擦熱により出火したものの。	検出器等に不具合がないように、スリップ検出器健全性確認の基準化を行うこと	スリップ検出器の電源不良	摩擦熱 (ブーリー)
4		運搬車	その他	その他	運搬車の走行中、一旦停止後、アクセルを踏んだことにより走行用油圧ホース内の圧力が上昇し内圧により破損したため、油圧ホースから霧状になって噴出した作動油が高温となった排気管に触れ、出火したものの。	油圧ホース管理基準等の見直しを行い、被害拡大防止のためホースカバーを取付けること	油圧ホース内圧の上昇	高温体 (排気管)
5		その他 (台車)	その他	必要とされる機能が備わっていない	台車の回転用給電ケーブルが被覆摩耗により地絡したため、台車下部保護用ゴム板に着火したものの。	給電ケーブルの固定方法の見直を実施すること	ケーブルの被覆摩耗	地絡 (給電ケーブル)
6	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【5件】	ポンプ	その他	周囲からの異物の作用による機器の動作不良	モーター内に設置されたベアリングの保持器が何らかの異物が入り込んだことにより外れ、正常な回転が出来ず、モーターの過負荷となり、過電流が発生しステータコイルが着火したものの。	異物等の混入防止及び混入の早期発見のため、定期点検時の点検内容を細分化すること	ベアリング保持器の破損	過電流 (モーターの過負荷)
7		ブローア	その他	長期使用による素材等の劣化 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化)	熱風炉にあるガス遮断弁ケーシングの一部が減肉し、開口したため、熱風がもれ、保温材を焼損したものの。	ケーシングの劣化による減肉管理強化及び温度の管理強化を実施すること	劣化によるケーシングの減肉	高温体 (熱風)
8		その他の回転（往復）機器	その他	長期使用による素材等の劣化 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化)	交流電源配線の断線補修部分の劣化等により、素線が減少し、スパークが発生したことによって、付近の電気配線被覆及びケーブル保護用ゴムシートに着火したものの。	断線補修時被覆方法の標準化を行い、ケーブル保護用ゴムシートを難燃化すること	交流電源配線の劣化	電気 (配線のスパーク)
9	炉 【5件】	熔融炉（高炉）	その他	物質の落下・ぶつかりによる破損	高炉内壁に付着していた鉄鉱石等が落下し、羽口（空気送入口）に当たり損傷したことにより、炎が噴出し、作業袋及び建屋に着火したものの。	炉内付着物状況の管理を実施すること	鉄鉱石等の落下による羽口の破損	高温体 (高炉)
10		分解炉	可燃性ガス	長期使用による素材等の劣化 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化)	アンモニアガス配管フランジ部にリーク箇所がある状態で遮断弁を閉止したことで炉内背圧により高温燃焼ガスが配管を逆流し、パッキンが損傷、アンモニアペーパーと高温燃焼ガスが混合し、発火したものの。	パッキン耐熱性の強化及び遮断弁の設備管理強化を実施すること	フランジ部のシール不良	高温体 (高温燃焼ガス)
11		ボイラー	可燃性ガス	機器の異常動作	空気をダクトを介してバーナーに送るファンにトラブルが発生し、バーナーへの送気量が低下、バーナーが不完全燃焼し、排ガス中に未燃ガスが混入したため、バーナーの炎により着火したものの。	バーナーにおける空気供給量の監視及び排ガス中酸素濃度の監視を実施すること	空気ファンの送気量低下	高温体 (バーナー)
12		その他の炉	－ (その他)	機器の異常動作	装置内接点の故障により溶鋼の入った鋼の上昇が止まらず、本来溶鋼が接触しない部分に溶鋼が接触し、冷却水配管を破損して溶鋼内に大量の水が混入して突沸が発生し、溶鋼が周囲へ飛散し、付近の運転制御室へ一部浸入したことにより、出火したものの。	操作指令及び実機動作の不整合を検出機能を付加し、異常を検知した際は非常停止すること	装置内接点の故障	高温体 (溶鋼)
13	電源計測 【4件】	配電盤、分電盤	その他	長期使用による素材等の劣化 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化)	長期使用によりドライブ装置盤のコンデンサが絶縁破壊し、短絡電流が流れたため、コンデンサより発火したものの。	コンデンサの定期的な交換を実施すること	コンデンサの絶縁破壊	電気 (コンデンサの短絡)
14			－ (その他)	その他	ロール温調装置の冷凍機2台のうち1台が故障し、電源盤に過大な電流が流れ、配電盤内の電磁接触器が絶縁破壊され短絡したため、配電盤内の配線被覆に着火したものの。	過負荷を避けるため、漏電警報にて電源遮断となるように変更すること	過負荷による電磁接触器の絶縁破壊	電気 (電磁接触機の短絡)
15		変圧器	その他	長期使用による素材等の劣化 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化)	降圧変圧器のダウントランス内にあるコイルが経年劣化により短絡し、被覆に着火したものの。	点検項目を追加し、部品更新時期の見直しを実施すること	コイルの経年劣化	電気 (変圧器内コイルの短絡)
16	塔槽類【2件】	その他の塔槽類	その他	物質の落下・ぶつかりによる破損	タンディッシュ内の溶鋼に浸かっているストッパーが折損したため、ストッパー冷却用のエアアが吹き出したことにより、溶鋼が漏れ、近くの油圧ホースを損傷させ、漏れた油に溶鋼が接触して出火したものの。	トラブル時は速やかにエアアの供給を停止し、耐熱性のパイロットジャケットを使用すること	ストッパーの折損	高温体 (溶鋼)
17	その他 【14件】	切断機	－ (その他)	長期使用による素材等の劣化 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化)	ゴム製酸素供給用ホースの外装ＳＵＳブレードが疲労により損傷しているところへ、高温の切断かすが飛散し、接触したことにより発火したものの。	切断かすの飛散防止対策を強化し、ホース保護用不燃材の適切な維持管理を実施すること	ゴム製ホースの外装ブレードの疲労による損傷	高温体 (切断かす)
18		加熱ヒーター	－ (その他)	正規の取り扱いを行わなかったことが原因で機器が正常な機能を保てず	赤外線オイルヒーターの熱風出口の前面カバーの一部が破損して穴が開いていたが、修理せずそのまま使用していたことから熱気が噴出し、従業員の作業用ズボンに着火したものの。	日常点検を強化し、部品に劣化や損傷が確認できる場合は、すぐに交換又は補修を実施すること	オイルヒーターカバーの破損	高温体 (熱風)
19		その他	可燃性ガス	多湿環境 (保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇)	ピット内に敷設されてる水素ガス配管が外面腐食により一部開孔し、その開孔部から漏れ出た水素に、工事中のグラインダーの火花が着火し、火災となったもの。なお、水素ガス配管は塗装されていたが、ピット内は降雨時に水没することもあり、雨水が長時間留まりやすい配管下面から腐食が進行した。	火気等使用前の安全確認の強化を実施すること	外面腐食による配管の開孔	高温体 (グラインダーの火花)

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表3. 2. 2. 2 維持管理面・物的要因・火災事故・石油製品等製造業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	物的要因	着火要因
1	電源計測【9件】	配電盤、分電盤	－ （その他）	工程の中で腐食環境の生成 （塩素イオン、水素イオン、酸、硫化物等）	低圧コントロールセンターの低圧銅板が、別施設から発生した硫化水素ガスに曝されたことで、銅材が腐食し、接続不良にて過電流となり、接続端子及び接続部が発熱し、短絡したことにより出火したもの。	銅板等の腐食を早期に発見するため、硫化水素ガス影響の点検閾値を決定すること	銅板の腐食による抵抗の増加	電氣 （短絡）
2			その他	その他	地下埋設部の制御ケーブルにつながるハンドホールに微量の油分が浸入したことにより、ケーブル被覆が劣化して絶縁不良が起こり、異常回路が生成され、電氣室にある配電盤内でアーク放電が発生し、配線等に着火したもの。	ハンドホールを撤去し、ケーブル埋設部のポリエチレン管に油分が侵入しないよう保護を実施すること	油分の浸入によるケーブルの絶縁不良	電氣 （アーク放電）
3		変圧器	その他	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	ヒューズエレメントの経年劣化により少電流域での溶断が発生し、アーク持続したことに加え、変圧器の励磁突入電流により断路器主接点表面の荒れ・溶融による断路器開放不能状態が一時的に継続したことで、ヒューズ内アーク持続が助長され、ヒューズが異常加熱し、出火したものの。	設備更新計画を作成し、定期点検時はヒューズの交換を行うこと	・ヒューズの溶断（経年劣化） ・断路器開放不能の継続	電氣 （アーク放電）
4				機器の機能の停止	電動基盤制御回路のタイマーリレー動作不良のため、手動で遮断器「入」操作を実施したが、適切な操作方法を確立することが出来ないまま操作を実施した結果、短絡回路が形成され始動変圧器に過大な電流が流れ、出火したものの。	タイマーリレーの補修を行い、手動での起動操作を禁止すること	タイマーリレーの動作不良	短絡 （過電流）
5		その他の電源、計測機器	－ （その他）	必要とされる機能が備わっていない	大型クレーン車が仮設電源ケーブルを乗り越す際に、ケーブルプロテクター上でタイヤを方向転換したため、ケーブルプロテクターにひねりの力が加わり破損、電源ケーブルが短絡して、出火したものの。	仮設電源ケーブルは構内道路の曲がり角に設置しないこと	仮設電源ケーブルの設置位置不良	電氣 （短絡）
6	移送【8件】	配管（送油、注入管等）	危険物	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	油圧配管フランジのＯリングが経年劣化による硬化によって弾性を失い、間隙が発生し作動油が漏えい、配管及び架台を伝わり、配管及び架台の表面温度が作動油の発火点以上であったため、出火したものの。	日常点検を強化し、床下作動油配管は床上に変更すること	フランジ部のＯリング硬化による間隙 （経年劣化）	高温体 （配管）
7			可燃性ガス	想定内の応力下で疲労（応力腐食割れ）	リアクター出口配管の溶接部に熱応力が繰り返し加わり、溶接部に熱疲労割れが起こったことで、発生したクラック部より高温の可燃性ガスが保温内部に漏出し、発火点以上の温度のガスが空気と接触したことにより自然発火したものの。	定期的な非破壊検査を実施すること	配管溶接部の熱疲労割れ	自然発火 （発火点以上のガスと空気の混合）
8		その他の移送機器	危険物	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	仮設フレキシブルホースにより回収ビットへ抜出していたところ、フレキシブルホースが経年により電氣的な抵抗を持つ非接地状態となっており、また静電気除去対策を怠ったため、静電気放電が発生し、ホース先端より出火したものの。	アースクリップを取付け、回収配管の固定化を実施すること	・経年劣化による非接地状態 ・静電気除去対策の未実施	火花 （静電気）
9	炉【7件】	加熱炉	危険物	その他	チューブ保護のプロテクターが繰り返し運転の中で移動し、適切にチューブを保護できておらず、高温酸化腐食によって、チューブが開孔し、開孔部から漏えいした原油が加熱炉内のバーナーによって着火したものの。	火災付近のチューブの取替えを行い、チューブ温度管理を強化すること	腐食によるチューブの開孔	高温体 （バーナー）
10		分解炉	高圧ガス	エロージョン・コロージョン	炭素分が配管エルボ部にエロージョンを起こし、配管の局所的な摩耗が進行したため、配管が開孔し、漏えいしたガスにより出火したものの。	エロージョンやコロージョンの発生が考えられる箇所については、定期に肉厚測定を行うこと	エロージョンによる配管の開孔	高温体 （炉）
11			危険物	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	分解炉内に設置された連絡管の浸炭が進行し、浸炭層の組織構成要素の変化により、配管に膨れが発生したことで、クリープ破壊となり、デコーキングによる温度変化に耐えられず、配管が貫通したことからナフサが漏えいし、火災となったものの。	耐火断熱材施工を実施し、検査方法及び技術に対する指導も実施すること	連絡管の浸炭の進行による開口	高温体 （炉）
12	ポンプ・圧縮機等 回転機器【4件】	ふるい、分級機	指定可燃物	周囲からの異物の作用による機器の動作不良	コークス炉から押し出された赤熱コークスを消火塔へ運び湿式消火を実施していたが、消火循環水に含まれるコークス粉の沈降分離が不十分であり、散水ノズルが詰まり冷却が不十分な状態でふるい分け設備へ運ばれたため、ふるい分け設備のラバー製の網上で着火したものの。	コークス粉回収クレーン架構の更新を行い、赤外線監視装置を導入すること	コークス粉による散水ノズルの詰まり	高温体 （コークス）
13	塔槽類【4件】	その他の塔槽類	その他	工程の中で腐食環境の生成 （塩素イオン、水素イオン、酸、硫化物等）	硫黄回収ビットサルファーシール部点検口からの微量な硫黄蒸気により、ビット天板上に硫黄が析出するとともに、点検口上部の炭素鋼製の保温カバー内部を硫化させ経年的に硫化鉄が生成されていたところ、保温カバー取り外し時の衝撃で硫化鉄が剥がれ落下し、空気と接触することにより赤熱し、ビット天板上の硫黄が燃焼したものの。	硫黄の定期的な除去、及び材質の変更を実施すること	硫化による硫化鉄の生成	高温体 （硫化鉄の自然発火）
14	その他【3件】	その他	その他	機器の異常動作	休憩所内でメーカー純正品の充電器を使用せず汎用品にて充電していたところ、充電中のバッテリーが何らかの原因により内部短絡したことによって発熱したため、バッテリーが破裂して出火したものの。	充電器はメーカー純正品を使用すること	メーカー純正品の未使用	電氣 （短絡）
15		その他	高圧ガス	塩分の影響	震災による浸水によりチューブ表面に海水由来の低融点アルカリ塩が付着しており、高温運転中に溶融塩腐食が発生したことから、健全部の肉厚が減少し、内圧または熱応力による割れが発生し、チューブから水素を含む高温の可燃性ガスが漏えいし発火したものの。	チューブ表面を水洗し、保温の全更新を行うこと	チューブの溶融塩腐食	自然発火 （発火点以上のガスと空気の混合）
16		その他	－ （その他）	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	インバーターユニット端子部の表面に施工されている銀メッキが、長期間の使用により溶融・進展を繰り返し、端子部分を短絡させたことで放電現象が発生し、その熱影響により出火したものの。	経年劣化による部品の交換時期について検討を行い、水平展開すること	長期使用による端子部の絶縁劣化	電氣 （短絡）

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和４年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表3. 2. 2. 3 維持管理面・物的要因・火災事故・化学工業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	物的要因	着火要因
1	移送 【9件】	配管（送油、注入管等）	危険物	多湿環境 （保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇）	塩素系蒸留塔の上部製品取出配管のポンプ吸込側配管（保温材あり）において、保温材内部に雨水が浸入したことにより外面腐食が進行したことから、危険物が漏えいし、空気に触れ自然発火したものの。	配管外面腐食が考えられる箇所は、日常点検を強化し、腐食の早期発見を行うこと	雨水による配管の外面腐食	自然発火 （発火点以上の危険物と空気の混合）
2		配管（送油、注入管等）	高圧ガス	エロージョン・コロージョン	反応器の反応停止後、器内に残る金属ケイ素を低減させるため、反応器と拔出しドラムの差圧を利用し抜出す配管がエロージョンにより開孔し、漏えいした水素が、発生した静電気の放電により引火したものの。	エロージョンやコロージョンの発生が考えられる箇所については、定期に肉厚測定を行うこと	エロージョンによる配管の開孔	火花 （静電気）
3		運搬車	その他	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	フォークリフトのセルモーターが経年劣化し、なかなかエンジン起動しないため、起動動作を繰り返した際に、セルモータとバッテリー間を流れる電流で配線が発熱し、配線が徐々に樹脂被膜を溶かし、発火したものの。	不良箇所が発見された際は、早期に修理又は交換を行うなど、適切な処置を実施すること	セルモーターの経年劣化	電気 （過電流による短絡）
4		コンベア、フィーダー	指定可燃物	その他	ベルトコンベアキャリアローラーの破損により、軸とローラーが接触している状態となり、摩擦熱により周囲の可燃物が発火したものの。	機器の破損時は、早期に補修等を行うこと	ローラー軸の破損	摩擦熱 （機器の接触）
5	塔槽類 【4件】	反応塔、槽	高圧ガス	必要とされる機能が備わっていない	反応器底部のテールラインに設けられたボス部が内面腐食し、系内で発生した酢酸と水分（開放時又は原料由来）により、プラグの知らせ穴から可燃性ガスが噴出して、静電気により着火したものの。	接合部の内面腐食を早期発見するためにも、定期的な肉厚測定等にて適切な肉厚管理を行うこと	ボス部の内面腐食	火花 （静電気）
6		その他の塔槽類	指定可燃物	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	近接するホットオイルラインによる経年の熱影響により、フレキシブルホース内部のゴムが熱劣化しフレキシブルホースが破損、作動油が漏えいし、ホットオイルラインに接触したことにより、発火したものの。	経年の熱影響が考えられる箇所について、部品の交換時期について検討を行い、日常点検を強化すること	熱影響によるホースの破損	高温体 （高温熱媒）
7	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【4件】	ポンプ	その他	その他	長期未整備状態で運転を継続及び給脂不足により軸受けが異常発熱し、ベアリング及び保持器が損傷、軸受カバーと接触し、その状態で運転が継続されたため、軸の過熱及び火花が発生し、グリスに着火したものの。	軸受け部の摩擦熱防止のため、定期的なグリスアップ及び整備を行うこと	ベアリング及び保持器の破損	摩擦熱 （機器の接触）
8		圧縮機	その他	点検時の処置の不備	冷却工程のフロン圧縮機において、内部の潤滑油が基準値よりも少ないことで、抵抗が増えベアリング等の可動部が破損し、電動機シャフトに軸ブレが発生し周囲に接触、発生した金属火花が潤滑油のペーパーに着火したものの。	機器内部の潤滑油量の管理を徹底し、潤滑油不足によるベアリング等の破損を未然に防止すること	ベアリングの破損	火花 （機器の接触）
9		攪拌、混合機（ニーダー）	－ （その他）	その他	ドラフト内でウォーターバスに入った水を攪拌するためにマグネチックスターラーを使用していたところ、電気コードがラボジャッキの伸縮部分に挟まった状態であったため、半断線となり発熱し、短絡を起こしてケーブル被覆に着火したものの。	作業前には、電気ケーブル等に挟まりがないかなど、整理整頓及び点検を行うこと	電気コードの挟まり	電気 （短絡）
10		粉碎機（ミル、ペルペライザー、アトマイザー）	その他	－ （長期使用による素材等の劣化）	湿式粉碎機において、グリスの劣化によりベアリングの潤滑が損なわれ、ベアリングが異常摩耗により破損し、高温となったため、グリスから発火したものの。	グリス劣化によるベアリング破損防止のため、点検時はグリスの劣化や量を確認すること	グリスの劣化によるベアリングの破損	摩擦熱 （機器の接触）
11	電源計測 【4件】	配電盤、分電盤	その他	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	変電所の配電盤内において、ケーブルの外皮が収縮したことにより、遮蔽層が引っ張られ隙間ができ、遮蔽層が破断したことにより非接地となったため、トラッキングが発生し、出火したものの。	日常点検にて配電盤内のケーブル外皮確認を追加し、遮断層破断を早期発見すること	ケーブル外皮の収縮による遮断層の破断	電気 （トラッキング）
12	その他 【8件】	乾燥機	その他	正規の取り扱いを行わなかったことが原因で機器が正常な機能を保てず	ホッパードライヤーのブレーカーが落ちており、ブレーカーを再投入したが電源が入らなかったため、当該操作を繰り返していたところ、接点が溶着したため、ヒーターが通電状態となり昇温し、出火したものの。	機器の適切な取扱いを行うこと。また、機器の異常時は、早期に確認及び補修を行うこと	ブレーカー接点の溶着	電気 （接点溶着）
13		その他	その他	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	オゾン発生装置に付属する電気ケーブル端末部の絶縁部が吸湿及び汚損したことにより絶縁が低下し、炭化導電路が形成され、異常加熱したことによりケーブルが溶融、発火したものの。	装置の汚損等を未然に防ぐため、装置の点検及び清掃を徹底して行うこと	ケーブル端末部の吸湿及び汚損	電気 （トラッキング）

- ・【 】内の数値は、平成30年～令和４年の事故件数を示す。
- ・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。
- ・統計データに記載がなかった項目は「－」とし、事務局としてふさわしいと考えるものを括弧書きで記載した。

【 表3.2.3.1 維持管理面・物的要因・漏えい事故・石油製品等製造業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	物的要因	漏えい要因
1	移送 【119件】	配管（送油、注入管等）	危険物	多湿環境 （保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇）	保温材外側の板金劣化部位から雨水が浸入し保温材が吸湿したことで湿潤環境となり、配管が外面腐食により開孔し、危険物が漏えいしたものの。点検は目視での保温材外側板金の劣化状況を確認するものであり、保温を解体しての点検は順番に実施していた。	保温材外側の板金に劣化が見られた場合は、すみやかに保温材内部の状況を確認する2次検査に移行すること	多湿環境 （保温材への雨水の浸入）	開孔 （外面腐食）
2			危険物	デポジット腐食 （堆積物下腐食、付着物下腐食）	製造所から屋外タンクに向かう配管が内部開放検査に伴う補修工事の関係により、長期にわたり配管内の危険物の流れが停滞していたことから、この間に腐食性物質が堆積した箇所において局部的に腐食が進行し、配管が開口、保温材経ぎ目から危険物が漏えいしたものの。	遊休配管は危険物が残留、停滞しないよう可能な限り油抜きを実施するとともに、再使用時の気密検査を実施すること	遊休配管における腐食性物質の堆積	開孔 （デポジット腐食）
3			可燃性ガス	塩分の影響	オフサイトの燃料ガス配管の近傍に海水クリーン側溝が平行して流れていたことから、海水の飛沫を受け配管の腐食が進行し、燃料ガス配管から可燃性ガスが漏えいしたものの。	塩分の影響を受ける海水クリーン側溝近傍に設置された配管については外面腐食点検を計画的に実施すること	塩分の影響 （海水の流れる側溝と近接）	開孔 （外面腐食）
4			高圧ガス	高温多湿環境 （温泉の湯気の影響、周囲が高温多湿環境）	ガス回収装置の配管において、保温板金内に施工しているスチームトーレスが開口し、蒸気による配管外面腐食が進行した結果、配管が開孔し、LPGの漏えいに至ったものの。	保温材下腐食（CUI）を早期に発見するため、放射線透過試験や赤外線カメラを活用した定期点検を行い外面腐食とトーレス漏れの有無を確認すること	スチームトーレスの開口	開孔 （外面腐食）
5			危険物	必要とされる機能が備わっていない	屋外タンクから装置へ抽出する配管の防油堤貫通箇所において、劣化した防食テープの剥離箇所から雨水が浸入したことで、配管外面の腐食を進行させ、防油堤外側に施工されている防食テープ下の配管を開孔させ、当該開孔部より危険物が漏えいしたものの。	防油堤貫通箇所など経年的な劣化により防食テープが剥離しやすい端部については外面腐食の詳細検査を実施すること	防食テープ端部の剥離による雨水の浸入	開孔 （外面腐食）
6			危険物	エロージョン・コロージョン	内管に硫黄、外管に高温スチームが流れる二重配管において、内管エルボ部がエロージョンにより減肉開孔し、開孔箇所から外管に硫黄が漏れたことからスチームのドレントラップから硫黄が漏えいしたものの。	内管に硫黄、外管に高温スチームが流れる二重配管については、内管エルボ部におけるエロージョンによる減肉を考慮した詳細点検を実施すること	エルボ部における内部流体によるエロージョン	開孔 （エルボ部におけるエロージョン）
7		ローディングアーム	危険物	機器の異常動作	硫黄出荷設備にて、溶融硫黄をローリーに充填中、コリオリ式流量計にガスが入り、誤計測したためオーバーフローしたもの。事故前日、計画停電のため配管内の窒素バージを実施しており、事故当日、ガス抜きせずに出荷を行ったことにより、コリオリ式流量計にガスが残存していた。	配管を窒素バージした際は、コリオリ式流量計にガスが残存しないよう、ガス抜きを実施するようマニュアルに明記すること	窒素バージに伴うコリオリ式流量計の誤計測	オーバーフロー （誤計測）
8	塔槽類 【72件】	貯槽（タンク）	危険物	多湿環境 （保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇）	棧橋付近の荷揚げ配管において、配管立ち上がりエルボ部分に巻かれた保温カバー継ぎ目部分に塗布されたシール材が、紫外線により劣化し消失していたことから、雨水が保温板金内部に浸入し滞留、滞留した雨水により湿潤環境が形成され配管の外面腐食が進行し、開孔部から危険物が漏えいしたものの。	保温カバー継ぎ目部分に塗布されているシール材の紫外線による劣化を点検時に見落とさないよう注意すること	保温板金内部への雨水の浸入と滞留	開孔 （外面腐食）
9			指定可燃物	工程の中で腐食環境の生成 （塩素イオン、水素イオン、酸、硫化物等）	製造所の定期修繕に伴い、タンクへ指定可燃物の受入れを行っていたところ、当該受入れ配管は年に数回の定期修繕時のみ使用される配管であったため、常設されていた蒸気トーレスに接触してる箇所において配管内の残液が蒸発・凝縮を繰返し、腐食成分が濃縮、内面の腐食が進行し、漏えいしたものの。	定期修繕時のみ使用される配管については、残液液による腐食成分が濃縮し腐食が進行する場合があるので、類似配管の点検及び調査を実施するとともに、配管材質の検討（ステンレス化）を行うこと	配管内で腐食成分が濃縮	開孔 （腐食成分による腐食）
10			毒劇物	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	ローリー車から毒劇物タンクに水酸化ナトリウムを受入れ中、タンクの液面計（フロート式）表示部（アクリル）が劣化により風ずんでおり、視認性が悪い状態で受入作業を行っていたため、正しい液面を認識できないまま満液となり、通気管から水酸化ナトリウムがオーバーフローしたもの。	液面計の劣化により視認性が悪いものを確認した場合、早急に清掃又は交換を行うこと	タンク液面計表示部（アクリル）の劣化	オーバーフロー （液面計の劣化）
11		蒸留、精留塔 （スチビライザー、ストリッパ）	危険物	多湿環境 （保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇）	配管に巻かれている保温材が劣化により一部が外れており、内部には雨水等が浸入しやすい状況となっていた。本来内部流体が高温であれば浸入した雨水も蒸発するが、溜滞は40℃程度のため蒸発せずに湿潤環境を形成、外面腐食が進行し開孔部から危険物が漏えいしたものの。	保温材下腐食（CUI）を防止するため、不要な保温は解体し撤去すること	保温板金内部への雨水の浸入と滞留	開孔 （外面腐食）
12			危険物	デポジット腐食 （堆積物下腐食、付着物下腐食）	常圧蒸留装置の蒸留塔上部配管において、2系統あるラインの片方を休止したことにより、合流部で流れの少ない休止配管内部に酸性スケールが堆積し、スケール下部で腐食が進展したため強度低下による割れが発生、機器の軽微な振動により割れを助長して貫通し、配管から危険物が漏えいしたものの。	2系統あるラインの片方を休止して運転を行った場合は、遊休ラインにおけるスケールの堆積に注意すること	・遊休配管における腐食性物質の堆積 ・振動	開孔 （デポジット腐食）
13		洗浄塔、槽 （ウォッシングタワー、スクラバー）	可燃性ガス	想定内の応力下で疲労 （応力腐食割れ）	洗浄塔に取付けられた温度計の溶接部において、焼鈍していない配管にモノエタノールアミンが同伴されたことで、溶接線近傍でアミン応力腐食割れが発生し、配管から可燃性ガスが霧状に漏えいしたものの。	焼鈍していない配管にモノエタノールアミンが同伴されるとアミン応力腐食割れが発生することを共有し運転手順書に明記すること	焼鈍していない配管にモノエタノールアミンが同伴	割れ （応力腐食割れ）
14		抽出塔、槽	危険物	高温多湿環境 （温泉の湯気の影響、周囲が高温多湿環境）	塔出口配管のスライドシュ一部分の保温板金を切り取っていたため、切り欠き部には雨水浸入防止のためシール材を施工していたが、紫外線や熱影響でシール材が次第に劣化し剥離、当該剥離部分から雨水が浸入し、保温材内部に高温湿潤環境を形成、配管が腐食し開孔漏えいしたものの。	保温板金シール部は紫外線や熱影響でシール材が次第に劣化するため、見回り時は注意して詳細に点検を行うこと	多湿環境 （シール劣化による保温材への雨水の浸入）	開孔 （外面腐食）
15		反応塔、槽	高圧ガス	工程の中で腐食環境の生成 （塩素イオン、水素イオン、酸、硫化物等）	通常の運転停止作業では原料配管側の圧力を保った状態で反応槽入口バルブを閉止するため、配管内に原料以外は存在しないが、前回のトラブル時に緊急停止をした際、原料を止めてから反応槽入口バルブを閉止したため、反応槽内の硫酸が逆流し原料配管ドレンノズルに滞留、溶接部が腐食開孔し、高圧ガスが漏えいしたものの。	緊急停止に伴い配管内に腐食成分が流入・滞留しないよう、緊急停止時の作業手順を見直すこと	配管内に腐食成分が流入し滞留	開孔 （腐食成分による腐食）
16	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【12件】	ポンプ	毒劇物	工程の中で腐食環境の生成 （塩素イオン、水素イオン、酸、硫化物等）	塩酸ポンプの安全弁において、内面の天然ゴムライニングが長期間塩酸にさらされたことにより、プリスター（ふくれ現象）が発生し、その裂け目より浸入した塩酸に、安全弁本体の錆蝕がさらされ減肉、開孔し、塩酸が漏えいしたものの。	塩酸ポンプの安全弁において、内面の天然ゴムライニングが長期間塩酸にさらされるとプリスター（ふくれ現象）が発生するため、使用期限を適切に設定すること	内面ライニングのプリスターによる劣化	開孔 （腐食成分による腐食）
17		攪拌、混合機 （ニーダー）	危険物	長期使用による素材等の摩耗 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の摩耗）	屋外タンク貯蔵所のミキサー内の軸受部において、メカニカルシールが摩耗減肉した結果、シール性が損なわれ、当該シール部から危険物が漏えいしたものの。	ミキサーの起動前後にはメカニカルシールのドレン弁を開放しドレンの有無を確認すること	メカニカルシールの摩耗減肉	シール圧低下 （経年劣化による素材の摩耗）
18		圧縮機	危険物	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	プロピレンコンプレッサー出口自動弁に若干の隙間があり、そこからプロピレンが漏えいし潤滑油系統に流入している状態でコンプレッサーを起動させたため、機械的摩擦に伴う温度上昇により急激な気化を起こし、一時的に系内が加圧された結果、経年劣化したサイトグラスが破損し、潤滑油が漏えいしたものの。	出口自動弁を定期点検の対象とするとともに、圧縮機に設置するサイトグラスは、経年劣化と温度上昇による一時的な加圧状態に対応するため、強化ガラスへの変更を考慮すること	・サイトグラスの経年劣化 ・温度上昇による一時的な加圧状態	割れ （サイトグラスの劣化）
19	熱交換器 【10件】	熱交換器	高圧ガス	エロージョン・コロージョン	熱交換器内部及び出口配管内では、ブテンと硫酸の二層流が形成されている。比重の重い微量の硫酸が水平配管底部を流れ、配管エルボの下部側に接触しエロージョン・コロージョンによる腐食が進行し、開孔部から液化ブテンが噴出したものの。	点検要領に項目を追加し、放射線検査もしくは多点、面探傷の超音波肉厚測定を実施すること	エルボ部における内部流体によるエロージョン	開孔 （エルボ部におけるエロージョン）
20	炉 【6件】	燃烧、焼却炉	可燃性ガス	多湿環境 （保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇）	フレアスタック配管の使用を一定期間停止していたため、ガスの流れがなく、バーナー開口部から雨水が浸入する環境となっていた。また、当該配管水平部には硫酸鉄スケールが堆積しており、雨水と反応して希硫酸が形成され、腐食が進行し配管が開孔、可燃性ガスが漏えいしたものの。	フレアスタック配管を一定期間停止する際は、配管内への窒素投入するとともにバーナー開口部への雨水浸入防止を行うこと	多湿環境 （フレアスタックバーナー開口部内への雨水の浸入）	開孔 （腐食成分による腐食）
21		ボイラー	高圧ガス	長期使用による素材等の劣化 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化）	ラック上に設置された液化アンモニア配管のフランジ部において、長期間の使用に伴いフランジ部シール材質が劣化・硬化し、シール性が低下、フランジ部からアンモニアが漏えいしたものの。	液化アンモニア配管のフランジ部シール材質について計画的な更新を実施すること	フランジ部シール材の経年劣化	シール圧低下 （経年劣化による素材の硬化）
22	容器 【1件】	ドラム等容器	危険物	物質の落下・ぶつかりによる破損	ドラム缶キャリアーを用いてドラム缶を搬送中、ドラム缶キャリアーの車輪が引っかかり等で前方に傾いたことにより、ドラム缶が地面（バンチングメタル）と接触し穿孔したものの。	ドラム缶が落下したとしても損傷を防止するため、バンチングメタル上にゴムマットを敷くこと	・ドラム缶の落下 ・ドラム缶キャリアーの車輪引っかかり	破損 （ドラム缶の落下）
23	電源計測 【1件】	計測装置	危険物	常に振動する環境下で疲労（想定内の振動であるが、材料が継続した疲労により損傷等）	残油を移送中、仮設ポンプの振動により圧力計の根元配管が折損し、折損箇所より危険物が漏えいしたものの。	振動による圧力計の根元配管への損傷を防止するため、本管から圧力計までの距離を短くして荷重軽減を図ること	仮設ポンプの振動による圧力計配管の折損	破損 （振動による疲労）

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表3.2.3.2 維持管理面・物的要因・漏えい事故・化学工業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	物的要因	漏えい要因
1	塔槽類 【54件】	貯槽 (タンク)	危険物	工程の中で腐食環境の生成 (塩素イオン、水素イオン、酸、硫化物等)	当該配管内には飽和水分と硫化水素を含んだ流体が流れており、ガスの流れがないところではガス温度が低下し水分が凝縮、配管内面全体に付着した水分に硫化水素が溶け込み腐食環境となり、配管を腐食開孔させ危険物が漏えいしたものの。	配管内のガス温度低下による水分の凝縮と硫化水素成分から腐食環境が生成されることから、肉厚測定を計画的に実施し適切に配管の取替を実施すること	配管内のガス温度低下による水分の凝縮	開孔 (内面腐食)
2			指定可燃物	長期使用による素材等の劣化 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化)	ポンプ吐出側配管の内液の吹き払いが不十分であったため、配管内に溜まり固結した状態の指定可燃物がスチームトレースの熱により溶解して液封状態が繰り返され、ガasketに疲労がかかり続けたことで、ポンプ吐出圧力に耐えきれなくなったガasketが破断し、フランジ部から指定可燃物が漏えいしたものの。	ガasketを使用する配管の圧力や温度を適切に評価し、経年疲労による破断を防止するため計画的な交換を実施すること	ガasketの経年疲労	シール圧低下 (経年劣化によるガasketの破断)
3		反応塔、槽	危険物	常に振動する環境下で疲労 (想定内の振動であるが、材料が継続した疲労により損傷等)	ポリマー樹脂の重合層を可搬式エア駆動ポンプ及び金属フレキシブルホースを用いて危険物により洗浄作業中、金属フレキシブルホースのノズル部に可搬式エア駆動ポンプから発生する振動や圧力変動による振動負荷が長時間作用したため、金属疲労によりフレキシブルホースが破断し、危険物が漏えいしたものの。	金属フレキシブルホースの金属疲労に伴う破断を防止するため、使用環境に応じてフレキシブルホースの更新周期を見直すこと	可搬式エア駆動ポンプの振動	破損 (振動による金属疲労)
4		蒸留、精留塔 (スプリンガー、ストリッパ)	危険物	工程の中で腐食環境の生成 (塩素イオン、水素イオン、酸、硫化物等)	蒸留塔ボトム循環液に中和の目的で添加した水酸化ナトリウムが溶接部等に残る残留応力に作用する事で、アルカリによる応力腐食割れが発生、割れの一部が蒸留塔母材内部へ進展し、外面にまで達したことで、割れ部から危険物が漏えいしたものの。	溶接部の残留応力に中和目的で添加した水酸化ナトリウムが作用し、アルカリ応力腐食割れが生じることから補修履歴を確認し詳細に点検を実施すること	・水酸化ナトリウムの添加 ・溶接部の残留応力	割れ (応力腐食割れ)
5		ドラム等容器	危険物	必要とされる機能が備わっていない	屋内貯蔵所内において廃液ドラム缶を貯蔵中、廃液の内容物はヘキサンを主成分とする有機廃液と塩化ナトリウムを多く含む水系廃液の混合物が入っていたものであり、水系廃液が溶接部に浸入したことで腐食が進行してピンホールが発生、危険物である廃液が漏えいしたものの。	廃液ドラム缶を貯蔵する際は、塩化ナトリウムを含む水溶液成分は極力別々に保管すること	塩化ナトリウムを多く含む水系廃液	開孔 (腐食成分による腐食)
6		吸収塔、槽	可燃性ガス	長期使用による素材等の劣化 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の劣化)	反応器の払い出し配管に設置された手動弁において、グランドパッキン（アスベスト製）の経年的な硬化劣化に伴うシール性低下により、当該弁から可燃性ガスが漏えいしたものの。	グランドパッキン（アスベスト製）の経年的な硬化劣化を防止するため、適切な点検周期を設定し、取替を実施していくこと	手動弁のグランドパッキンの経年劣化	シール圧低下 (経年劣化によるパッキンの硬化)
7		抽出塔、槽	高压ガス	長期使用による素材等の摩耗 (腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の摩耗)	経年的な使用により、配管ブロー弁バルブ(ゲート式)の内部ディスクに摩耗及び傷が発生していたため、バルブハンドルを増し締めをした際、内部ディスクが下がり過ぎ、ディスク上部に隙間が生じたことでバルブ部から高压ガスが漏えいしたものの。	経年使用による配管ブロー弁バルブ(ゲート式)の内部ディスクの摩耗を防止するため、メンテナンス周期を見直すこと	ゲートバルブの内部ディスクの摩耗	シール圧低下 (経年劣化による素材の摩耗)
8		配管 (送油、注入管等)	危険物	多湿環境 (保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇)	屋外タンク貯蔵所に接続されているベントガス回収配管部分において配管と梁の隙間が湿潤環境であったため、配管母材部が外面腐食により開孔し、危険物がつらら状に析出したものの。	配管と梁の隙間は湿潤環境になりやすく、外面腐食を進行させるため、見回り時に重点的に点検を実施すること	多湿環境 (配管と梁の隙間が湿潤環境)	開孔 (外面腐食)
9	移送 【41件】	配管（送油、注入管等）	毒劇物	多湿環境 (保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇)	製造施設内の配管において、サポート接触部の防食対策として防食テープ及び防食板を施工していたが、防食板と配管の間に雨水が浸入し、滞留したことで外面腐食から開孔に至り、毒劇物が漏えいしたものの。	サポート接触部の防食対策として施工されている防食テープが短い箇所は、雨水が浸入しやすいため防食テープ・防食板の巻き直しを実施すること	配管サポート部の防食板と配管の間に雨水が浸入	開孔 (外面腐食)
10			高压ガス	防食塗装・被覆剥離 (経年による剥離)	製造施設内の配管において、外面塗装の劣化により塗装が一部剥離し、金属表面が露出した状況が長い期間放置されたため、当該表面に雨水、潮風及び海水の影響による外面腐食が進行し、開孔に至り、高压ガスが漏えいしたものの。	外面塗装の劣化により塗装が一部剥離している箇所は放置することなく早速に塗装の再施工を行うこと	外面塗装の剥離	開孔 (外面腐食)
11			危険物	異常圧力上昇等	仮設ポンプの吐出側に仮設ホースをねじれた状態で接続したことにより、ホースの耐圧性能が低下し、更に、ポンプの脈動がホースへ伝わり、周期的な揺動が発生したことで繰り返し応力が作用し、ホースに亀裂が生じ、破断、危険物が漏えいしたものの。	ホースを敷設する際は、ねじれ状態とならないよう敷設し使用することを手順書等に明記し徹底すること	ホースのねじれ状態による圧力上昇	破損 (振動によるホースの亀裂)
12			毒劇物	高温多湿環境 (温泉の湯気の影響、周囲が高温多湿環境)	排水処理設備の苛性中和槽へ48%水酸化ナトリウム水溶液を間欠的に送液していたところ、運転停止中に蒸気トレースにより液温が上昇し、内部腐食が進行したことにより開孔、漏えいしたものの。配管材質はSUS304製であるが、高温条件下の48%水酸化ナトリウム中では腐食速度が上昇することへの知見がなかったため配管内面の腐食進行に気づけなかった。	配管材質がSUS304製であっても、高温条件下におけるアルカリ溶液では腐食速度が上昇することを認識し、適切な点検を実施すること	・トレースによる高温条件 ・アルカリ溶液	開孔 (高温下における腐食)
13			危険物	濃淡電池腐食 (通気差電池腐食、すき間腐食等)	反応釜の運転中、還流配管に分岐接続された配管から危険物が霧状に噴出した。分岐配管は下流側に長期にわたりバルブにより閉止されており、還流配管を流れる危険物が滞留したことで酸性残渣が配管内に堆積、当該配管内面の腐食が進行して開孔したものの。	還流配管に分岐接続された長期にわたりバルブ閉止された場合など内部流体が滞留する箇所は、点検及び検査を強化すること	配管内の滞留部における残渣の堆積	開孔 (内面腐食)
14	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【16件】	ポンプ	指定可燃物	異常圧力上昇等	ローリーからタンクヘローリーポンプを用いて荷卸し作業を実施中、ローリー底部から指定可燃物が漏えいした。前回荷下ろし時の残渣が固化してポンプ吐出側で閉塞した状態のままポンプを作動したため、配管内の内圧上昇によりフランジ部のパッキンが破損したものの。	前回荷下ろし時の残渣が固化閉塞した状態でローリーポンプを作動しないよう、積込み時に蒸気を利用して残渣の液抜き作業を実施すること	配管内残渣の固化	内圧上昇 (閉塞)
15		押出機、造粒機	危険物	常に振動する環境下で疲労 (想定内の振動であるが、材料が継続した疲労により損傷等)	押出機の油圧ユニット（少量危険物施設）の圧力計に接続される導圧配管（ステンレスチューブ：直径10ミリメートル）において、油圧作動時の振動が繰り返し作用し、接続スリーブのくい込み部に亀裂が生じ、内圧により破断に至り、危険物が漏えいしたものの。	油圧作動時の振動が繰り返し作用する部位に設置された小径配管は、点検周期を強化し適切な交換を実施すること	小径配管への繰り返しの振動	破損 (振動による疲労)
16		圧縮機	危険物	多湿環境 (保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇)	燃料ガス圧縮機の油圧ユニット配管において、配管保温材へ雨水が浸入して滞留したことから当該部分が腐食環境となり、外面腐食により減肉し開孔、危険物が漏えいしたものの。	油圧ユニット配管の保温材下腐食を防止するため、適切なメンテナンス周期を設定し必要な交換を行うこと	配管保温材へ雨水が浸入し滞留	開孔 (外面腐食)
17		遠心ろ過機	危険物	エロージョン・コロージョン	遠心式脱水機の熱交換器内の冷却チューブが破孔し、作動油がチューブ内の冷却水に混入した。作動油は、冷却水配管を通じて屋外の排水ビツトから漏えい。熱交換器は設置から23年経過するも点検未実施で、チューブ内に鉄さび等が発生、局所的なエロージョンにより腐食が進行したものの。	熱交換器の冷却チューブ内に鉄さび等が発生したことによる局所的なエロージョンを防止するため、機器の交換周期を設定するとともに、冷却水ラインに鉄錆除去フィルターを設置すること	点検未実施による冷却水内の鉄さびの存在	開孔 (鉄さびによるエロージョン)
18		攪拌、混合機（ニーダー）	危険物	機器の機能の停止	合成繊維の原料を混合する混合器内において、通常は樹脂粉の供給停止後に混合液で器内を洗浄するところ、今回は短期運転を繰り返したことから、洗浄を行っておらず、樹脂粉がスクリュウ表面等に付着し、成長した固形物が剥がれて内部閉塞を起こし、混合器上部の点検口から混合液が漏えいしたものの。	混合器内の洗浄を行わない状態で短期運転を継続しないよう作業手順書に明記すること	・短期運転による器内未洗浄 ・樹脂粉の付着	オーバーフロー (混合器内の閉塞)
19	熱交換器 【11件】	熱交換器	高压ガス	塩分の影響	熱交換器のチューブが腐食開孔しプロセスガスがシェル側（冷却水側）へ漏えいしたものの。当該熱交換器は、縦型でありシェル側の上部に気相部が発生する。また、同機器の冷却水は塩化物イオンを含む河川水であり、乾湿の繰り返しにより塩化物イオンが濃縮し、チューブ外面の腐食が進行した。	熱交換器のシェル側（冷却水側）に塩化物イオンを含む場合はチューブの外面腐食を進行させることから、チューブを耐孔食性の高い材質に変更することを考慮すること	塩化物イオンを含む河川水	開孔 (塩化物イオンによる腐食)
20	電源計測 【1件】	変圧器	危険物	強風・台風	工場屋上に設置された変圧設備において、配管跨ぎ用の鋼板製ステップ（重量約50キログラム）が台風による強風で飛ばされ、変圧器のフィン部にぶつかり、破損させたことによりフィン内部の絶縁油が漏えいしたものの。	工場屋上に設置された鋼板製ステップ等は台風等の強風時に飛散しないよう確実に固定すること	・台風による強風 ・鋼製ステップの未固定	破損 (強風による接触)

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高压ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。

【 表3.2.3.3 維持管理面・物的要因・漏えい事故・電気工業 】

No.	発生機器別	機器等名称	起因物質	発生要因	事故概要	事業所の対処を踏まえた配慮事項	物的要因	漏えい要因
1	移送 【16件】	配管 （送油、注入管等）	危険物	多湿環境 （保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇）	屋外タンク戻り配管のサポート部において、配管外面の保護目的で配管に巻き付けてあるステンレス板と配管外面との隙間に雨水が浸入し、ステンレス板と配管の間が多湿環境となり配管外面を腐食・減肉させ、開孔に至り、危険物が漏えいしたものの。	配管のサポート部において配管外面の保護目的でステンレス板を配管外面に巻き付ける際は、ステンレス板と配管の間隙に水分が浸入しないようにすること	配管に巻き付けたステンレス板の隙間に雨水が浸入	開孔 （外面腐食）
2			高圧ガス	多湿環境 （保温材に雨が浸入、水はけの悪い土壌、地下水位の上昇）	高圧ガス低温配管において、高圧ガス移送中の配管が結露と乾燥を繰り返していたため、長期間の使用により経年劣化による外面腐食が進行して、配管が開孔、高圧ガスが漏えいしたものの。	配管が結露と乾燥を繰り返される高圧ガス低温配管は、適切な配管防食塗装を計画的に実施すること	高圧ガス低温配管の結露による湿潤状態	開孔 （外面腐食）
3			危険物	異常圧力上昇等	タンク内の原油を洗浄する目的でA重油を通すことにより原油を押し出した後、配管内にA重油が残油している状態で、かつ自動で配管弁が閉められた状態で、配管の加温を行ったことから、A重油が配管内で圧力上昇を引き起こし配管を破損させたものの。	配管洗浄作業後の配管内に残油がある状態で配管を加温する必要がある場合は、ラインが液封状態となっていないか再確認すること	洗浄目的の残油が液封状態で残存	破損 （液封による内圧上昇）
4			危険物	防食塗装・被覆剥離 （経年による剥離）	配管腐食を防止するために設置されたテープ養生の端部から雨水が浸入し、経年に伴い配管外面の腐食が進行し、開孔箇所から危険物が漏えいしたものの。	配管腐食防止用テープを使用している箇所は点検を詳細に行うとともに、必要に応じて腐食しにくいSUS製配管による更新を検討すること	配管腐食防止用テープの端部から雨水が浸入	開孔 （外面腐食）
5			毒劇物	必要とされる機能が備わっていない	毒劇物移送ポンプの入口弁において、弁体を保護するためのゴムライニング材が経年劣化により弁体（ボディ）から剥がれ、浮き上がったことでライニング材に応力が掛かり、亀裂が生じて弁体母材へ毒劇物が浸透し、腐食開孔に至り、当該弁から毒劇物が漏えいしたものの。	毒劇物移送ポンプのゴムライニング材は経年劣化による剥離が進行するため、計画的な更新を実施すること	内面ライニングの経年劣化による破損	開孔 （腐食成分による腐食）
6	塔槽類 【8件】	貯槽 （タンク）	危険物	塩分の影響	少量危険物貯蔵取扱所である海水消火ポンプの燃料槽を塗装するため、錆取り作業で電動タガネを使用中にタンク底部に穴が開きタンク底部より危険物が漏えいした。海水取水設備のため、腐食が進行しやすい環境下で経年による腐食が進行していたもの。	海水取水設備は塩分による腐食の進行を考慮し、適切な防食塗装を行うこと	海水使用機器による塩分の影響	開孔 （塩分による腐食）
7			危険物	防食措置が悪いために腐食発生	タンクから装置へ危険物を供給する移送配管は一部埋設されており、埋設部の腐食防止のために電気防食（犠牲陽極）が設置されていたが、配線が断線し機能しておらず、その結果、埋設配管の腐食が進行し、開孔に至り、危険物が漏えいしたものの。	設置されている電気防食の配線が断線していないことを再確認するとともに、必要に応じて配管の地上化を検討すること	電気防食の断線による機能不良	開孔 （埋設部の外面腐食）
8			毒劇物	工程の中で腐食環境の生成 （塩素イオン、水素イオン、酸、硫化物等）	毒劇物を扱う原液層の出口弁（鋳鉄製）において、2年に1回のペースで実施される自主点検により錆が発生し、それが剥離するという酸化反応と還元反応が49年間にわたり繰り返されたため、弁本体が減肉し、開孔し漏えいに至ったものの。	毒劇物を扱う原液層の出口弁（鋳鉄製）においては、腐食性液体による酸化還元反応による腐食に注意し、素材変更等を検討すること	弁への腐食性液体による酸化還元反応	開孔 （酸化還元反応）
9	ポンプ・圧縮機等 回転機器 【3件】	ポンプ	危険物	長期使用による素材等の摩耗 （腐食の発生や疲労環境下にはないが、長期間の使用による素材等の摩耗）	タンクから装置への循環送油（危険物の固化を防ぐために、約60度に加温し24時間屋外タンク及び配管を循環させる）するためのポンプにおいて、メカニカルシール固定環が経年による摩耗のため隙間が発生し、当該箇所から危険物が漏えいしたものの。	ポンプのメカニカルシールは異常がなくても定期的に取替えを実施すること	ポンプメカニカルシールの摩耗	シール圧低下 （経年劣化による素材の摩耗）
10		攪拌、混合機 （ニーダー）	危険物	周囲からの異物の作用による機器の動作不良	屋外タンクのタンクミキサー軸貫通部において、メカニカルシール面にスラッジ等のやわらかい異物がシール面に噛み込み、隙間が出来たことで危険物が軸部分から漏えいしたものの。	タンクミキサー軸貫通部のメカニカルシールの異常を早期に発見するため適切な点検を行うとともに、必要に応じて早期の交換を実施すること	メカニカルシール部における異物の噛み込み	シール圧低下 （異物の噛み込みによる隙間）
11	容器 【1件】	ドラム等容器	高圧ガス	工程の中で腐食環境の生成 （塩素イオン、水素イオン、酸、硫化物等）	塩素ガス容器と配管の接続部に設置されていたパッキンの腐食により、当該箇所から塩素ガスが漏えいしたものの。調査の結果、塩素ガスに対し耐腐食性のないナイロン製のパッキンが使用されていた。	塩素ガス容器と配管の接続部に設置されていたパッキンの材質が腐食性ガスに適応しているか再確認すること	・接続部におけるパッキンの劣化 ・耐腐食性のない素材の使用	シール圧低下 （パッキンの腐食）
12	炉 【1件】	燃烧、烧却炉	可燃性ガス	エロージョン・コロージョン	燃烧炉の高圧ガス配管において、ガスに含まれる固形粒子等が配管の曲がり部の管壁に衝突しエロージョンが発生、この状態が設備設置から36年間継続たため配管が破損し、可燃性ガスが漏えいしたものの。	燃烧炉の高圧ガス配管において、ガスに含まれる固形粒子等によるエロージョンが発生することから、点検頻度を見直し配管の健全性を確認すること	ガスに固形粒子等が存在	開孔 （固形粒子等によるエロージョン）
13	熱交換器 【1件】	熱交換器	危険物	常に高圧力下で疲労 （想定内の圧力であるが、材料が継続した疲労により損傷等）	油冷却器の空気抜き配管ユニオン接続部において、ねじ山の潰れによりユニオン部が適正に締付けられなかったことで、Oリングが適正につぶされず、補助油ポンプの起動停止による内圧の変動により、シール性が低下し、当該接続部から危険物が漏えいしたものの。	潤滑油系統のユニオン接続部について、ねじ山の潰れによる接続不良がないか目視点検を実施すること	ねじ山の潰れによりユニオン部の接続不良	シール圧低下 （ユニオン部の締付け不良）

・【 】内の数値は、平成30年～令和4年の事故件数を示す。
・起因物質は、危険物、高圧ガス、毒劇物、可燃性ガス、指定可燃物及びその他から発生に関与した物質を記載した。