

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。

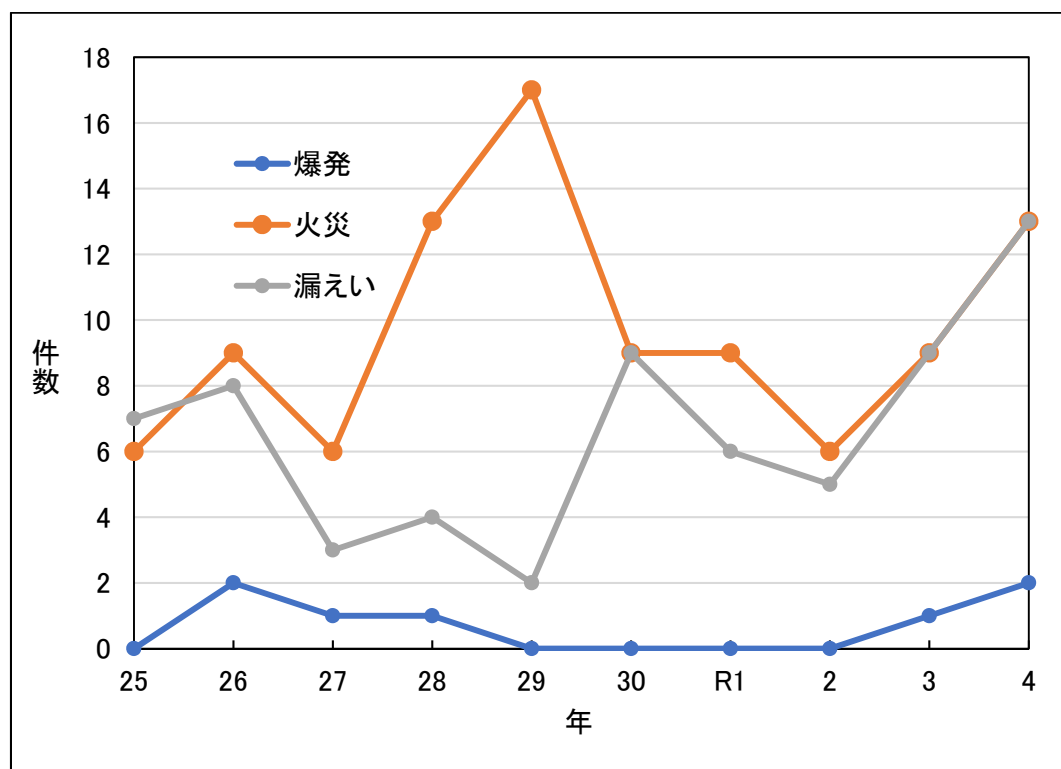
つまり、事故を未然に防止するためには、事業者は「**設計面・施工面・維持管理面**」という**3つの各業務に留意していくことが大切**である。

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。

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

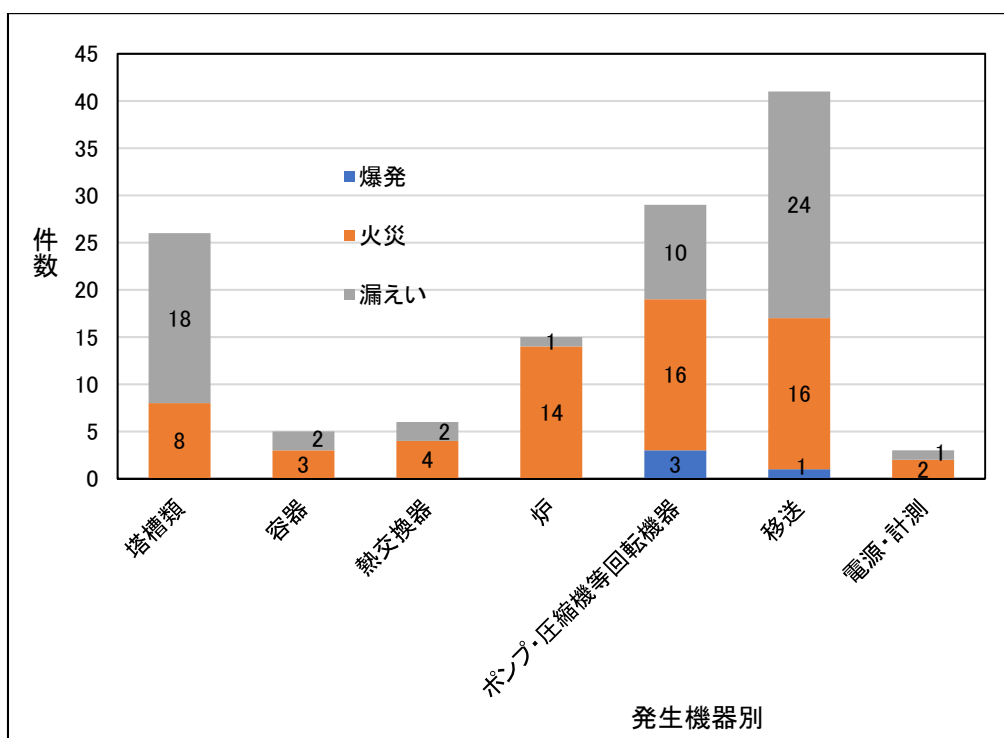
設計面における事故防止対策を考察するにあたり、事故の状況を詳細に分析した。設計不良による事故件数の推移を図 3.1.1 に示す。



【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。

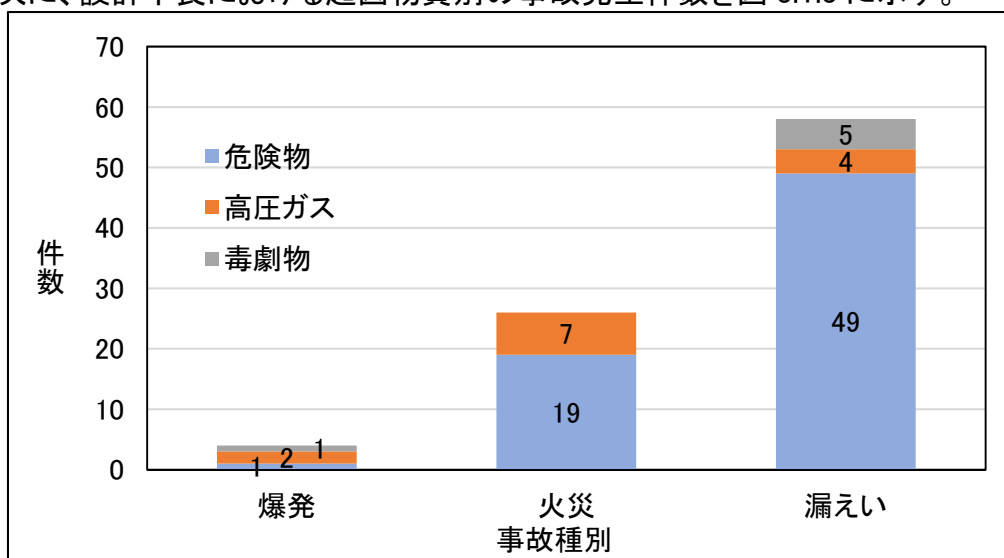
次に、設計不良における発生機器別の事故発生件数を図 3.1.2 に示す。



【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【概要表】(表 3.1.4～表 3.1.10)としてまとめた。

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 3.1.4	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 3.1.5	化学工業
表 3.1.6	鉄鋼業
表 3.1.7	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 3.1.8	石油製品等製造業
表 3.1.9	化学工業
表 3.1.10	電気業

また、設計上の事故事例について、事故の詳細を【詳細表】として別添1にまとめた。なお、概要表に事例番号をつけ、概要表から詳細を見たいものがあつた場合に容易に閲覧できるようにした。

ここに設計面の概要表を挿入

○爆発 1シート

○火災 3シート

○漏えい 3シート

(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

事件事例を踏まえると、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	<p>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。</p> <p>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。</p>
2. 多く発生している箇所	<p>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。</p>
3. 対策事例	<p>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。</p> <p>○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)。</p> <p>○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)</p> <p>○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)</p> <p>○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</p> <p>○爆発放散口などの爆発防護装置の設置による被害低減</p>

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】

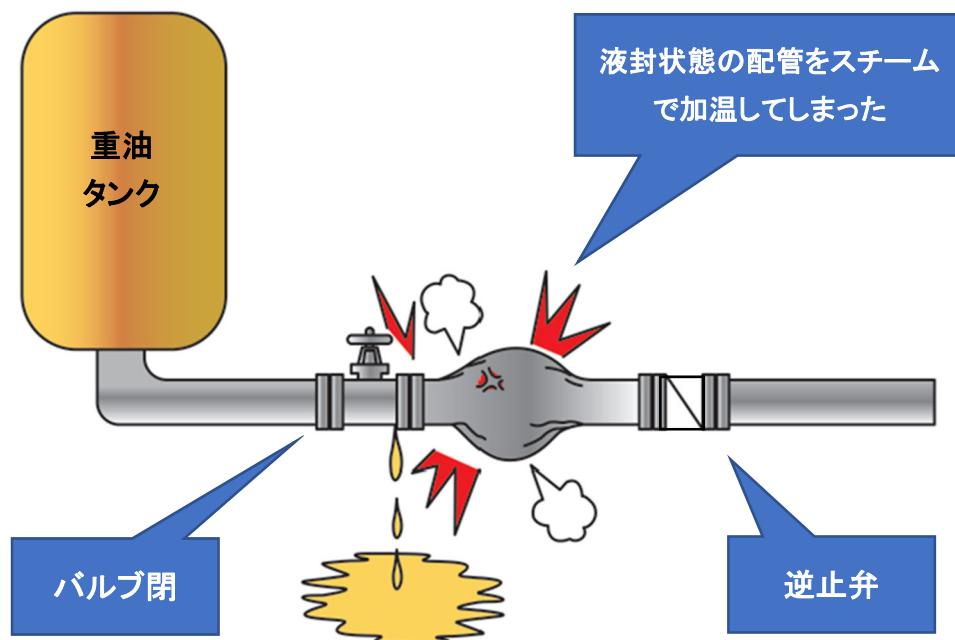
1. 発生原理

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。



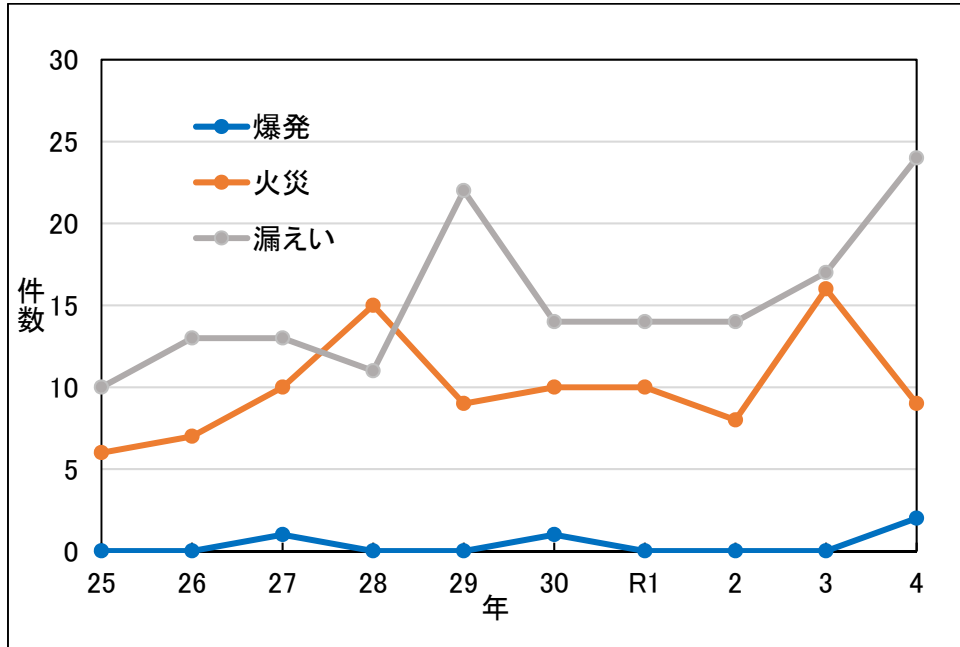
3. 対策事例

- 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

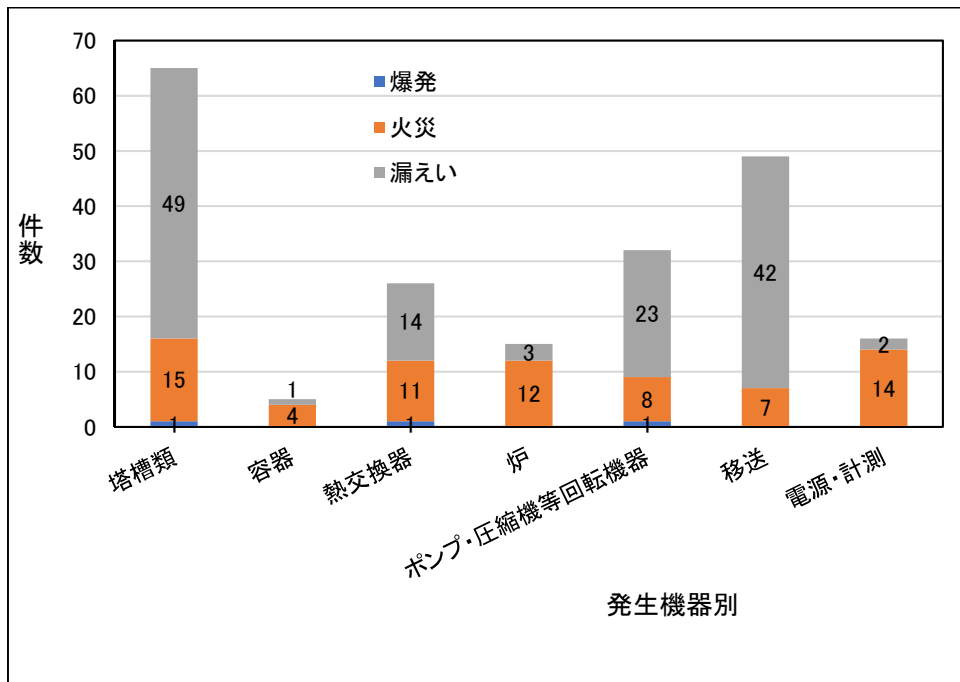
(1) 施工不良による事故の状況

施工面における事故防止対策を考察するにあたり、事故の状況を詳細に分析した。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】

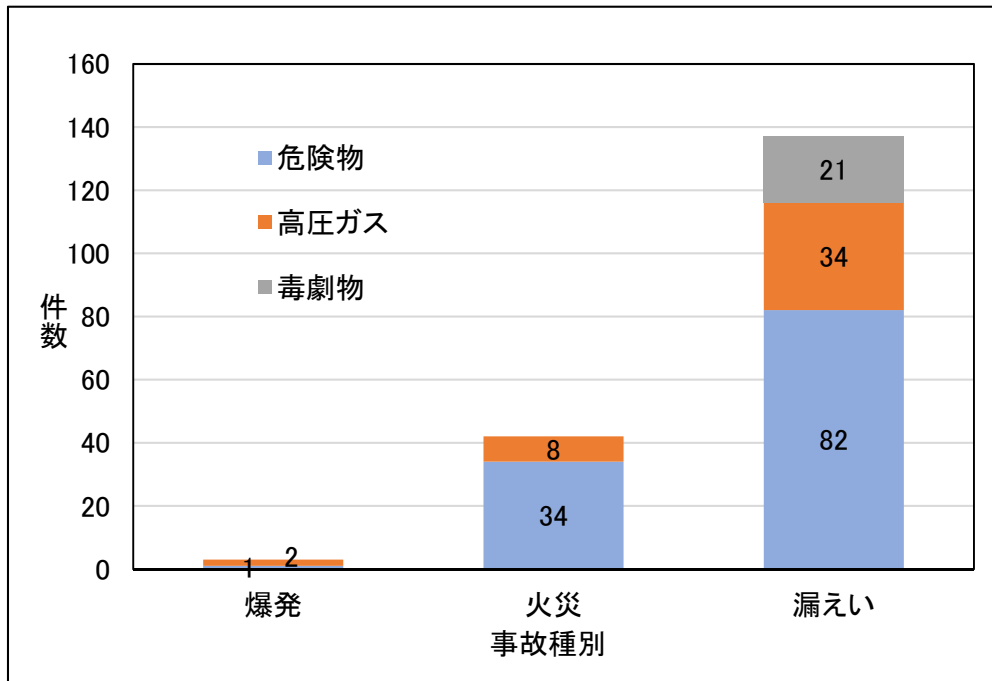
施工不良による事故のうち漏えい事故は、近年増加傾向にあることがわかる。次に、施工不良における発生機器別の事故発生件数を図 3.2.2 に示す。



【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、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【概要表】(表 3.2.4～表 3.2.10)としてまとめた。

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 3.2.4	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 3.2.5	化学工業
表 3.2.6	石油製品等製造業
表 3.2.7	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 3.2.8	石油製品等製造業
表 3.2.9	化学工業
表 3.2.10	電気業

また、施工上の事故事例について、事故の詳細を【詳細表】として別添2にまとめた。
なお、概要表に事例番号をつけ、概要表から詳細を見たいものがあつた場合に容易に
閲覧できるようにした。

ここに施工面の概要表を挿入

○爆発 1シート

○火災 3シート

○漏えい 3シート

(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ことも大きく、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、又は材質の間違いも含まれる。

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、防災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】

事件事例を踏まえ、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	<p>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。</p> <p>○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。</p>
	
【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】	
<p>○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。</p> <p>○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。</p> <p>○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。</p>	

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。

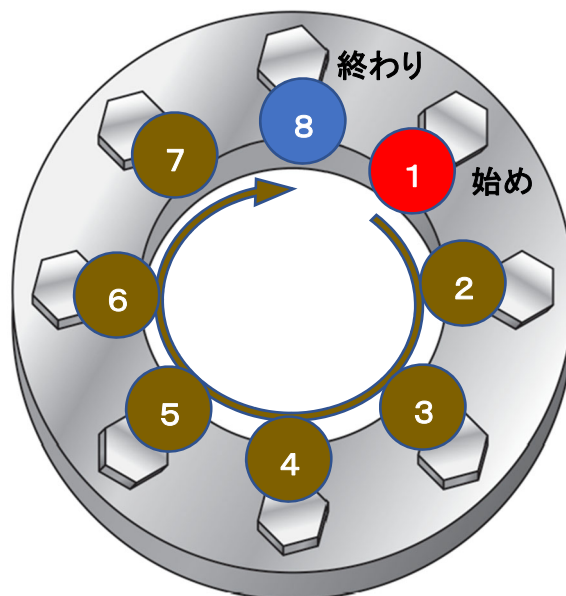
2. 多く発生している箇所

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	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○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。 ○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）。 ○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付けるよう、施工管理を徹底（短絡防止）。 ○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）。 ○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。 ○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。 ○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 ○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） ○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） ○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。 ○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注意すること（短絡） ○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。 ○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。

施工面の事故を防止するため、事業所の効果的な取組を調査し、コラムとして紹介する。

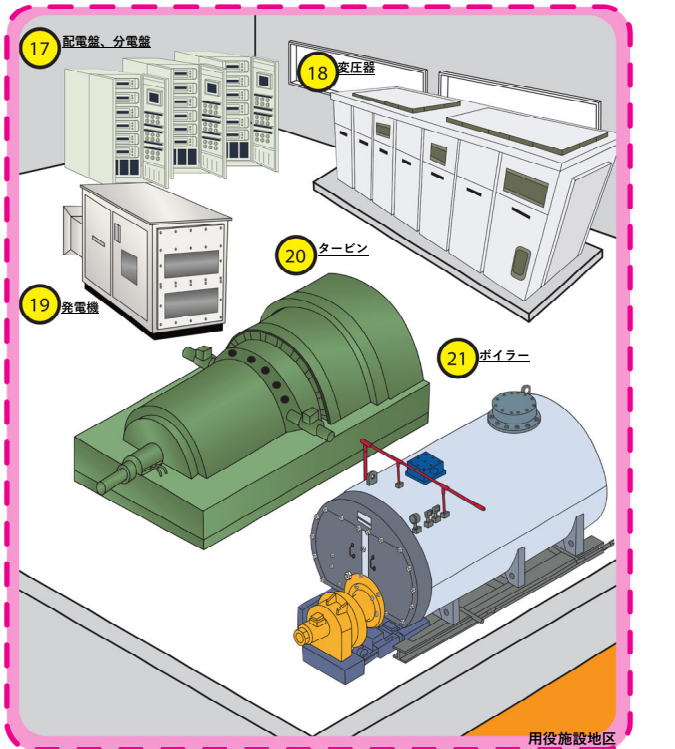
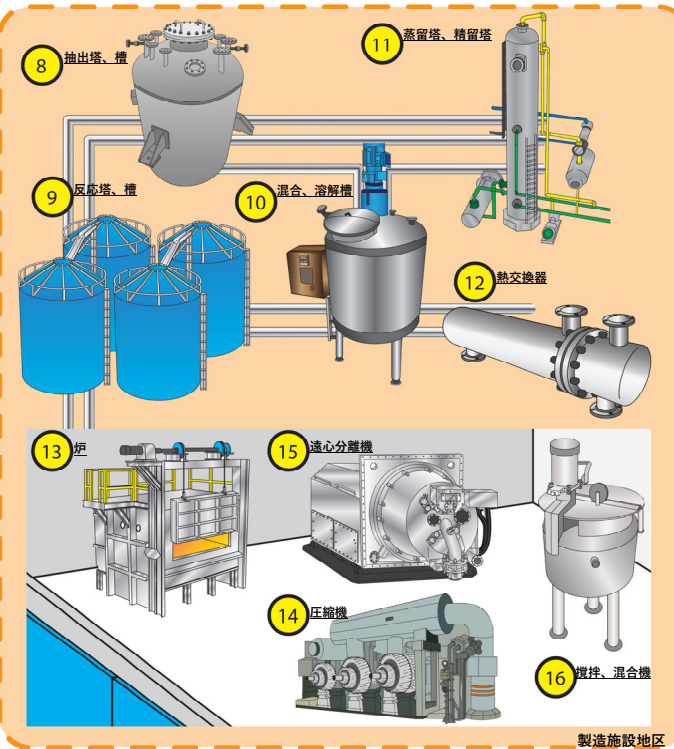
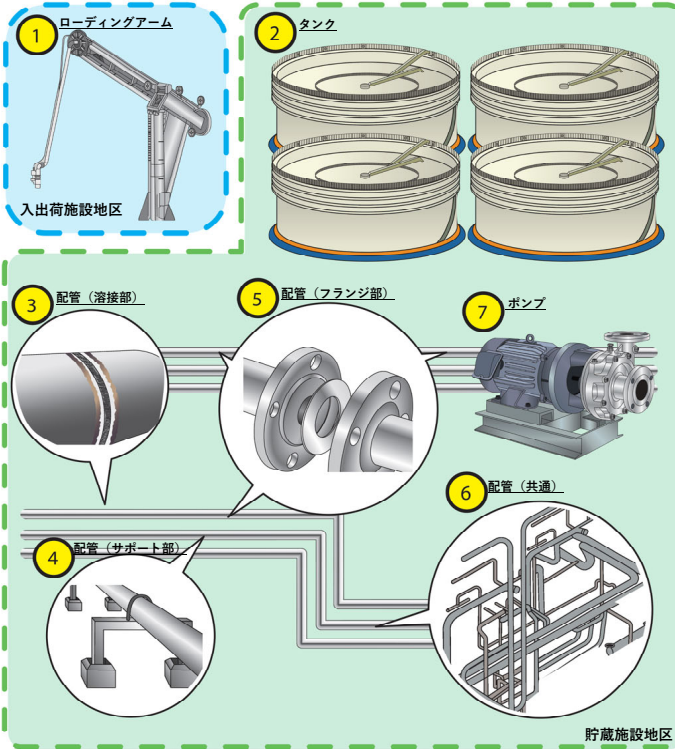
業界9団体を通じて事業所へ調査を実施

(4) 施工面における留意すべきポイント【イラスト】

概要表と併せて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。

イラストは次ページに添付
【A3版折り込み】

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）
2	タンク	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（ホットボルトリングなど、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）
		配管工事の線切りは、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）	不要な場所に断熱材が取り付けられていないか				
3	配管（溶接部）	工事時の措置不良	火気作業時は、溜油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	12	熱交換器	ボルトの締付けの問題	ボルトの締付け不足はないか（不均一な締付けはないか、ホットボルトリングは行ったか）
		溶接不良	溶接時はスラッ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			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）	
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）	13	炉	施工内容の間違い	ガスケットの材質は適切か
		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（過大な応力がかからない形状等であるか）			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	
5	配管（フランジ部）	取付け不良	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	14	圧縮機	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（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）
		施工内容の間違い	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）			ボルトの締付けの問題	ガスケット部の締付け不足はないか
6	配管（共通）	ボルトの締付けの問題	ボルトに過度の締付けはないか	15	遠心分離機	ボルトの締付けの問題	ガスケットの位置は適切か（ガスケットスペーシングを活用して当り面の調整をしているか）
		設置位置の問題	スイングペ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			工事における保温材の厚みは適切か	
7	ポンプ	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）	16	攪拌、混合機	工事時の措置不良	コーキング材の材質は適切か（耐熱温度は十分か）
		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			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）
8	抽出塔、槽	取付け不良	ユニオン部の締付け不足はないか	17	配電盤、分電盤	取付け不良	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
		設置位置の問題	オイルパン設置時は、位置及び形状は適切か			接続する発電機は規定容量を満たしているか	
9	反応塔、槽	取付け不良	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）	18	変圧器	取付け不良	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）
		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（圧力計サポー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）			ボルトの締付けの問題	ボルトの締付け不足はないか（ローター、Vプーリーなど）
10	抽出塔、槽	工事時の措置不良	メカニカルシール部の締付け不足はないか	19	発電機	取付け不良	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）
		施工内容の間違い	フランジ締結時、異物の付着はないか			ケーブルは圧迫された状態で敷設されていないか	
11	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）	20	タービン	取付け不良	ケーブルの端子部分に緩みはないか
		工事時の措置不良	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）			工事時の措置不良	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）
12	反応塔、槽	取付け不良	ボルトの締付け不足、過度の締付けはないか（不均一な締付けはないか）	21	ボイラー	取付け不良	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	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）			ボルトの締付けの問題	BUSバーの接続部は規定トルクで締付けられているか
13	反応塔、槽	取付け不良	分解整備時に不要な機器が取り付けられていないか（荷重防止のため不要な機器は取り外す）	22	配電盤、分電盤	取付け不良	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	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）			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）
14	抽出塔、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）	23	発電機	取付け不良	配管の誤接続はないか（エア配管と潤滑油配管など）
		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）			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
15	抽出塔、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）	24	タービン	取付け不良	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）			ボルトの締付けの問題	

3.3 維持管理面に対する配慮

設計面及び施工面以外の維持管理面について、以下のとおり人的(※1)と物的(※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**

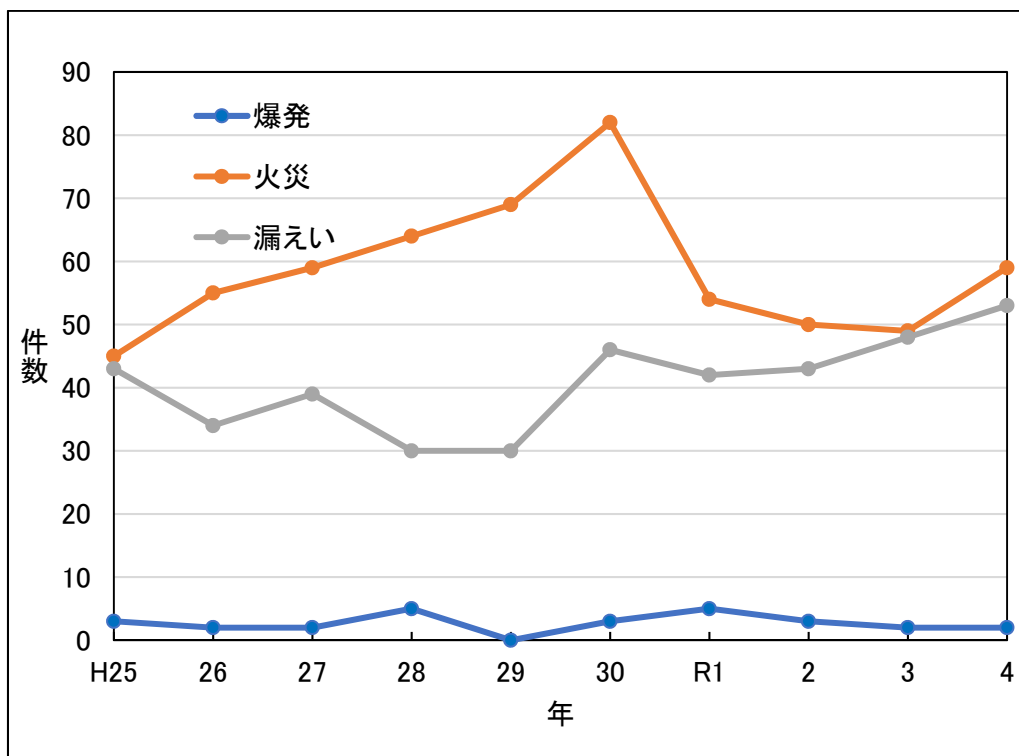
【腐食疲労等劣化、故障、破損】

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、事故の状況を詳細に分析した。

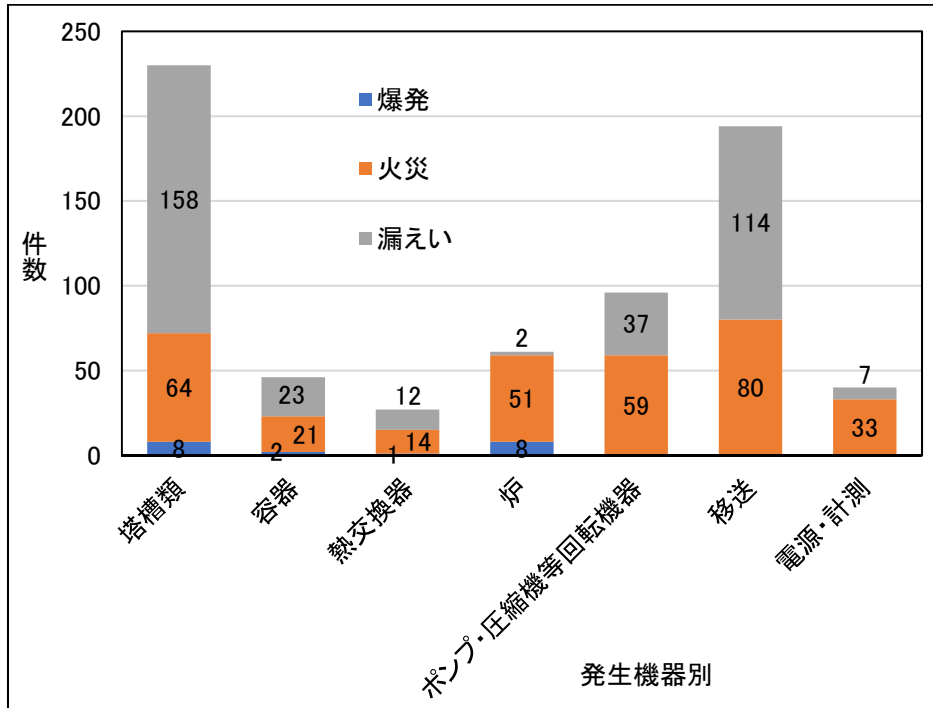
人的な維持管理面による事故件数の推移を図 3.3.1 に示す。



【図 3.3.1 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。

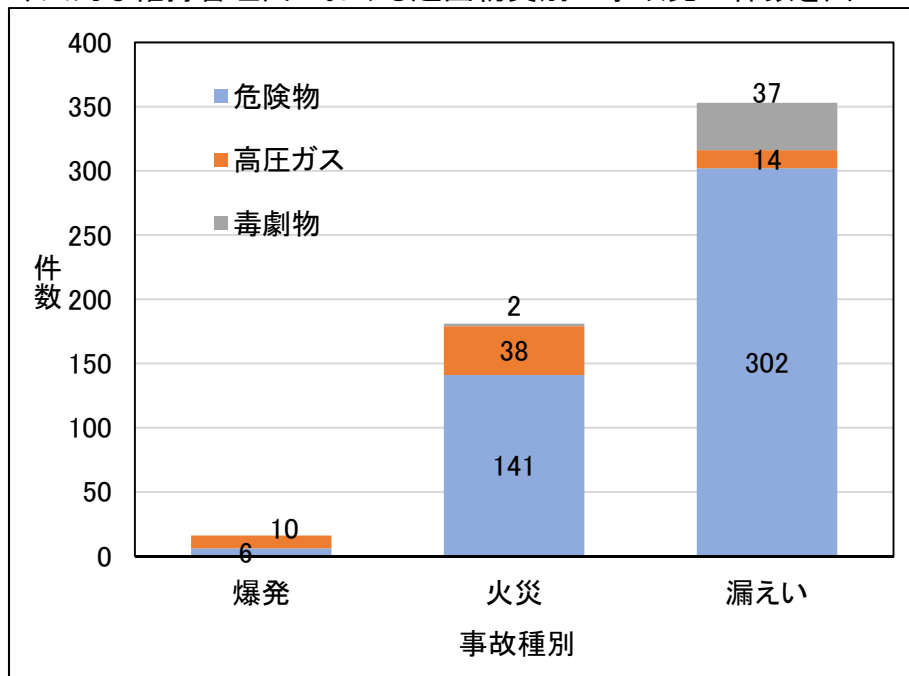
次に、人的な維持管理面における発生機器別の事故発生件数を図 3.3.2 に示す。



【図 3.3.2 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 3.3.3 に示す。



【図 3.3.3 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【概要表】(表 3.3.4～表 3.3.10)としてまとめた。

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 3.3.4	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 3.3.5	鉄鋼業
表 3.3.6	化学工業
表 3.3.7	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 3.3.8	石油製品等製造業
表 3.3.9	化学工業
表 3.3.10	電気業

また、人的な維持管理面の事故事例について、事故の詳細を【詳細表】として別添3にまとめた。なお、概要表に事例番号をつけ、概要表から詳細を見たいものがあつた場合に容易に閲覧できるようにした。

(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、作業時のミスを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ジ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不注意からその場を離れ、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。

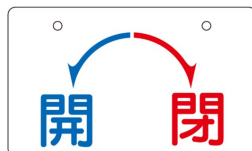
2. 多く発生している箇所

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、勤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、弁に塗色を実施したり、開閉ラベルを設置すること。



○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。

○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。

人的な維持管理面の事故を防止するため、事業所の効果的な取組を調査し、コラムとして紹介する。

業界9団体を通じて事業所へ調査を実施

(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】

【類型別】

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



【火災編】
A4版 4枚



【漏えい編】
A4版 2枚

溶接作業時の火災予防のポイント

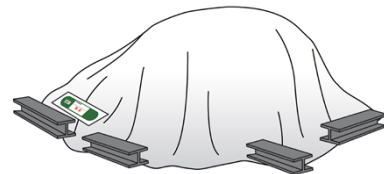
溶接作業にあたっては、以下の対策をとることが重要です。

作成イメージ

【可燃物の除去】

火気作業の火が可燃物に着火しないようを行う
周辺の可燃物を除去します。

どうしても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】

火気作業にあたっては、消火器などを配置し、火災が発生した場合に初期消火がとれ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】

火気作業を行う場合は、火気作業に没頭し、周辺が見えにくくなります。そのため、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。



【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っていくことが重要です。



【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存置される可能性もあり、工事・安全管理部署において、日程や作業範囲の調整を行い、火災発生等の危険を排除することが重要です。

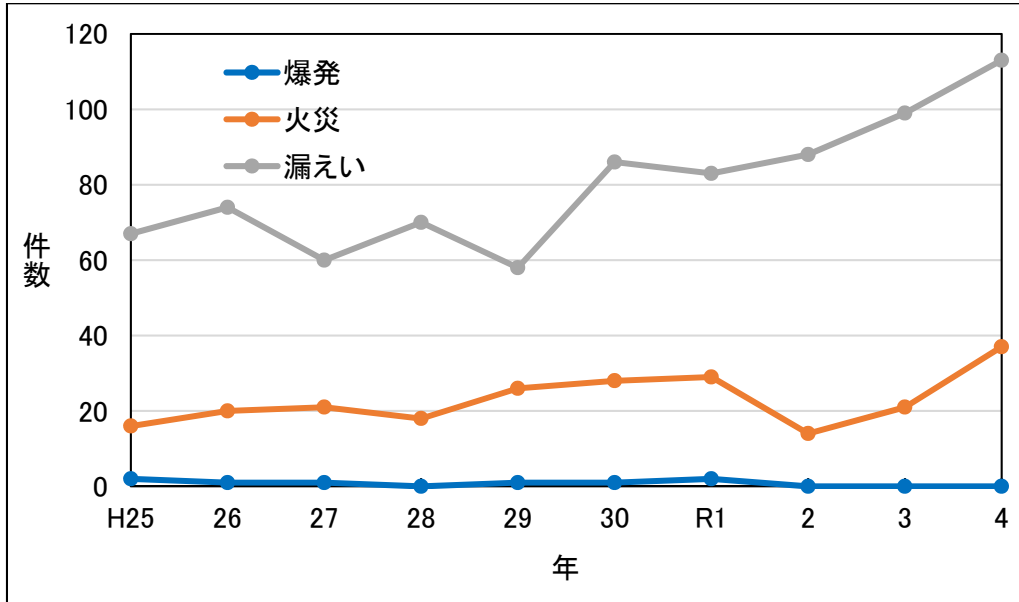


3.3.2 物的な維持管理面における事故事例及び事故事例を踏まえた事故防止のポイント

(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、事故の状況を詳細に分析した。

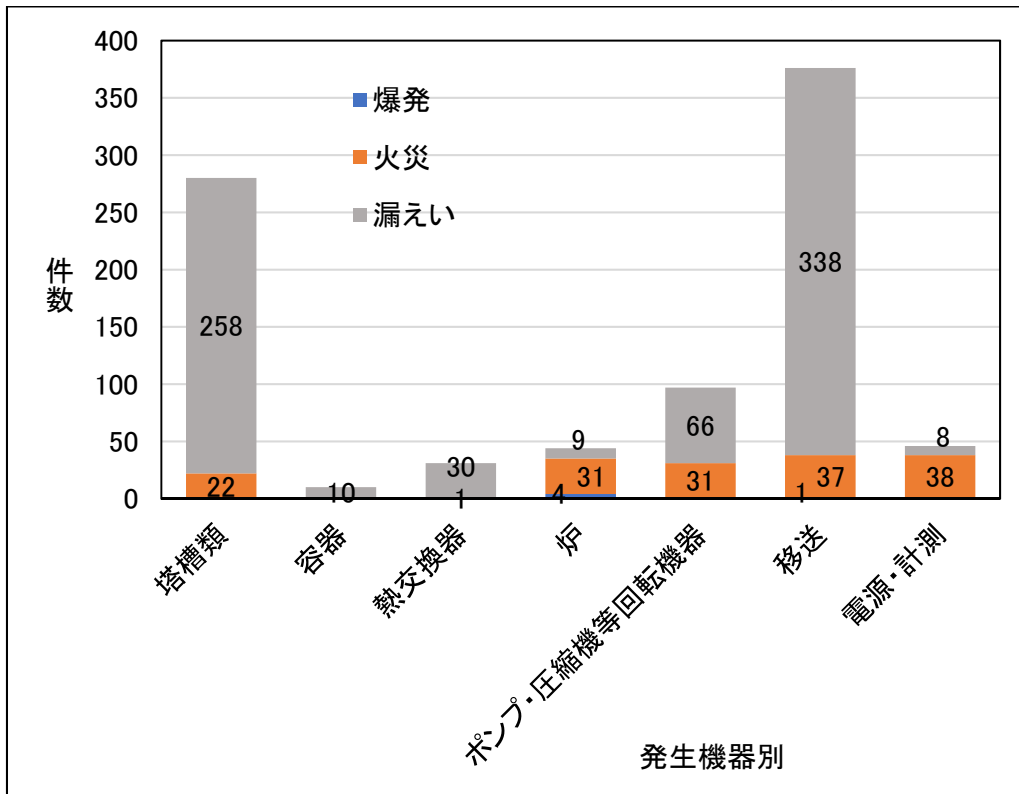
物的な維持管理面による事故件数の推移を図 3.4.1 に示す。



【図 3.4.1 物的な維持管理面による事故件数の推移】

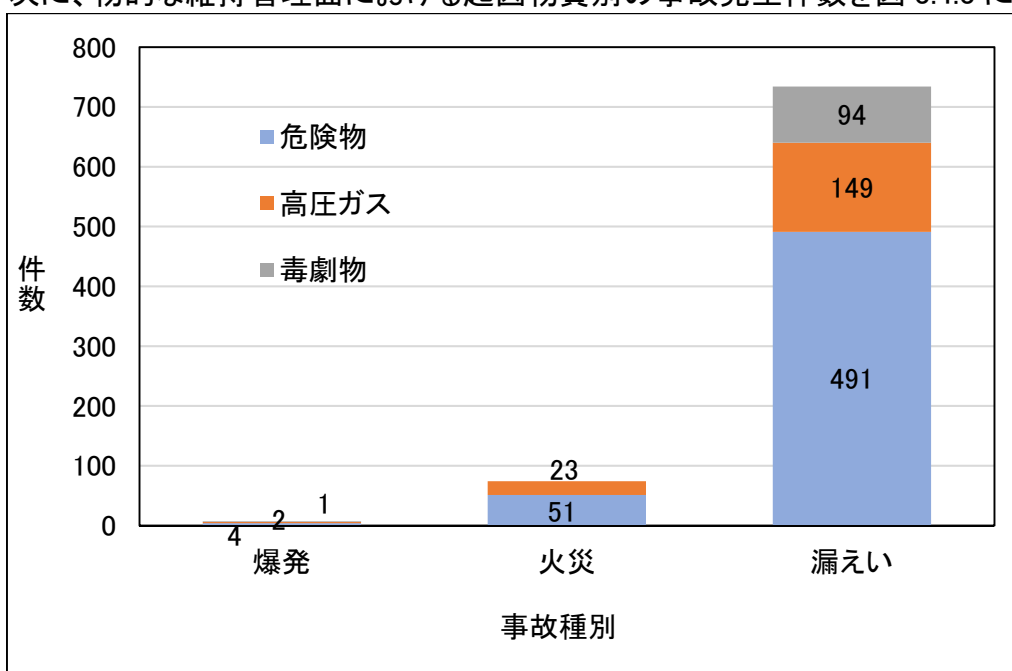
漏えい事故の発生件数が他と比較して増加している。

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 3.4.2 に示す。



【図 3.4.2 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 3.4.3 に示す。



【図 3.4.3 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【概要表】(表 3.4.4～表 3.4.10)としてまとめた。

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 3.4.4	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 3.4.5	鉄鋼業
表 3.4.6	石油製品等製造業
表 3.4.7	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 3.4.8	石油製品等製造業
表 3.4.9	化学工業
表 3.4.10	電気業

また、人的な維持管理面の事故事例について、事故の詳細を【詳細表】として別添4にまとめた。なお、概要表に事例番号をつけ、概要表から詳細を見たいものがあった場合に容易に閲覧できるようにした。

ここに物的な維持管理面の概要表を挿入

○爆発 1シート

○火災 3シート

○漏えい 3シート

(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と設置するなど適切な対策を行うが重要である。【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、ブローア等の回転機器、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、手動弁のグランドパッキン、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行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。

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率され、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、不要な保温は解体し撤去すること。

保温材外面板金の腐食状況の写真を挿入予定

物的な維持管理面の事故を防止するため、事業所の効果的な取組を調査し、コラムとして紹介する。

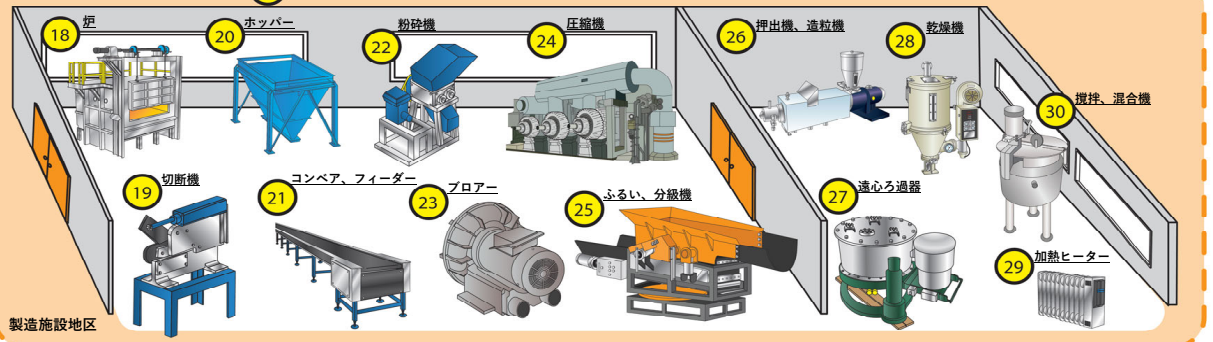
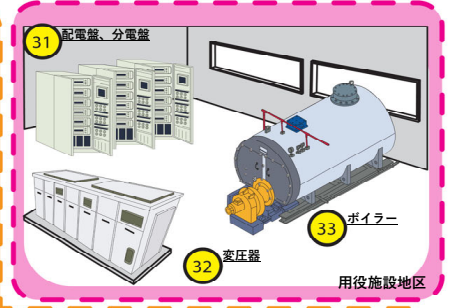
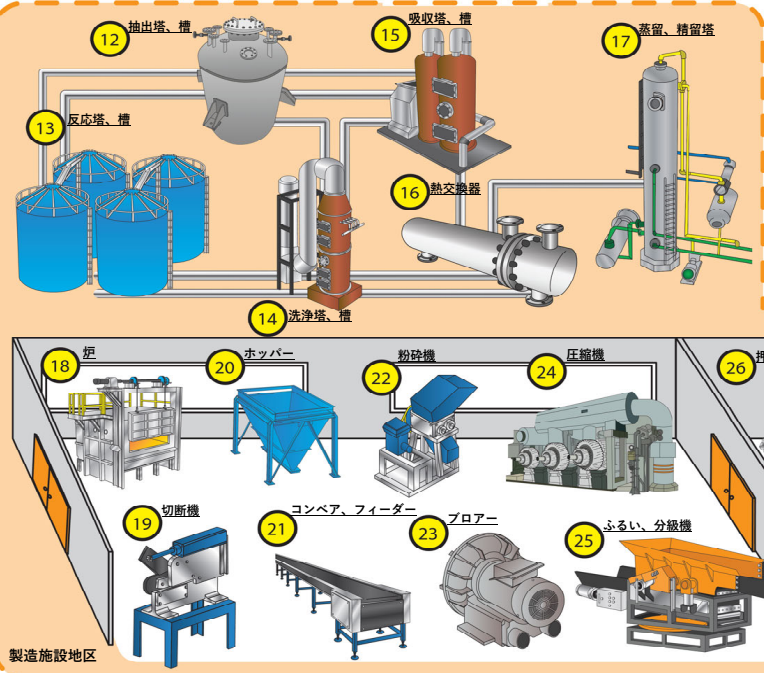
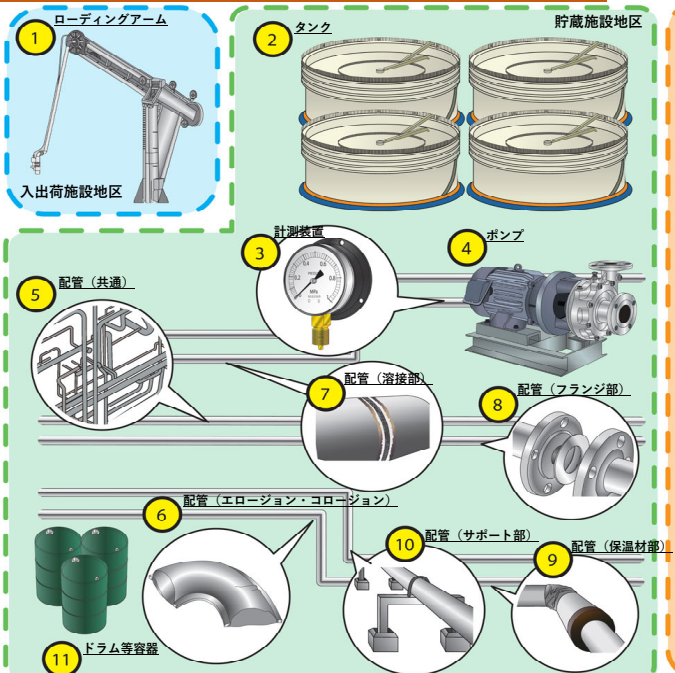
業界9団体を通じて事業所へ調査を実施

(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】

概要表と併せて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。

イラストは次ページに添付
【A3版折り込み】

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 場分の影響 工程の中で腐食環境の生成	室内ページ後は、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存していないか） 海水使用機は場分による腐食が進行していないか 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 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 腐食性液体による弁本体に錆、減肉はないか	11	ドラム等容器	場分の影響 工程の中で腐食環境の生成 物質の落下・ぶつかりによる破損	腐食ドラム缶は、有機溶媒成分と水溶液成分を分離し保管しているか（塩化ナトリウムを含む水系溶液による腐食の影響を受けていないか） 容器と配管等の接続部パッキンに変化はないか ドラム缶キャリア等で運搬する際、車輪が引っかかる恐れのある段差はないか 保温材内部に雨水などが浸入していないか シール材は劣化、剥離していないか	20	ホッパー	長期使用による素材等の劣化 機器の異常動作 機器の機能の停止	ボルト、ガスケットの劣化はしないか（気密性が必要な機器の場合、気密性の低下はないか） 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 スクリーン検出器の異常（電源不良等）はないか
2	タンク	多湿環境 長期使用による素材等の劣化	保温カバー紐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 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	12	抽出塔、槽	高温多湿環境 長期使用による素材等の劣化	ゲートバルブの内部ディスクに摩耗はないか 緊急停止後の措置は適切か（逆流やドレンスルへの腐食成分の滞留等はないか）	21	コンベア、フィーダー	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 定期的な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）
3	計測装置	防食措置が悪いために腐食発生 常に振動する環境下で疲労	吐出配管の内液の吹き払いは十分か ガスケットは経年疲労していないか 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） 焼油処理等で仮設ポンプを使用する際は、圧力計等の根元配管が振動の影響を受けないよう措置されているか	13	反応塔、槽	多湿環境 長期使用による素材等の劣化	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 反応器底部のボス部に腐食はないか バルブ等のシートリングに摩耗はないか	22	粉砕機	長期使用による素材等の劣化	定期的な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）
4	ポンプ	異常圧力上昇等 工程の中で腐食環境の生成 周囲からの異物の作用による機器の動作不良 長期使用による素材等の劣化	定期的なグリスアップされているか 配管内の残渣が固化していないか 内面ライニングは劣化していないか（酸などによりポリスターが発生していないか） ベアリング保持器等に異物の混入はないか メカニカルシールに摩耗はないか	14	洗浄塔、槽	想定内の応力下で疲労	焼結等の処理がされていない配管にアミン系水溶液などの腐食性物質が同伴されていないか	23	プロアー	長期使用による素材等の劣化 多湿環境	スクリー等の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）
5	配管（共通）	異常圧力上昇等 場分の影響 機器の機能の停止 工程の中で腐食環境の生成 高温多湿環境 多湿環境 濃淡電池腐食 防食塗装・被覆剥離	定期的なグリスアップされているか 配管内の残渣が固化していないか 内面ライニングは劣化していないか（酸などによりポリスターが発生していないか） ベアリング保持器等に異物の混入はないか メカニカルシールに摩耗はないか 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 洗浄時の残油が液封状態で加温等されていないか 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 逆流防止弁等は作動不良を起こす恐れがあるため定期的な点検しているか バルブ等は定期的な交換されているか（内面ライニングは経年劣化していないか） 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 高圧ガス低圧配管等、結露が発生しやすい配管は外面腐食していないか 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） 防食テープや外面塗装に劣化、剥離はないか 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 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	15	吸収塔、槽	長期使用による素材等の劣化	バルブのグランドパッキンに劣化はないか	24	圧縮機	長期使用による素材等の劣化 多湿環境	点検時の処置の不備 周囲からの異物の作用による機器の動作不良 常に振動する環境下で疲労
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	想定内の応力下で疲労（応力腐食割れ） 熱応力が増加する箇所などは、非破壊検査により定期的な点検しているか	16	熱交換器	場分の影響 エロージョン・コロージョン	チューブに腐食はないか 塩化物イオンを含む冷却水の場合、耐孔食性の高い材質のチューブを使用しているか 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） 遊休配管等に腐食性物質が堆積していないか 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、定期的な非破壊検査等を実施しているか 保温材は劣化、脱落していないか。雨水が保温板金内部に浸入していないか	25	ふるい、分級機	長期使用による素材等の劣化	スクリー等の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） メカニカルシールに異物の噛み込みはないか
7	配管（溶接部）	想定内の応力下で疲労（応力腐食割れ）	熱応力が増加する箇所などは、非破壊検査により定期的な点検しているか	17	蒸留、精留塔	多湿環境 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 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	26	押出機、造粒機	エロージョン・コロージョン	スクリー等の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） メカニカルシールに異物の噛み込みはないか
8	配管（フランジ部）	長期使用による素材等の劣化	フランジ部のOリングは経年劣化（硬化）していないか	18	炉	長期使用による素材等の劣化	フランジ部のパッキンに劣化、損傷はないか 遮断弁等は定期的な点検しているか 配管に膨れ等の劣化はないか	27	遠心ろ過器	エロージョン・コロージョン	スクリー等の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） メカニカルシールに異物の噛み込みはないか
9	配管（保温材部）	多湿環境	保温材内部に雨水などが浸入していないか	19	切断機	長期使用による素材等の劣化	物質の落下・ぶつかりによる破損 炉内の付着物を定期的除去するなど、管理は適切か	28	乾燥機	機器の機能の停止 周囲からの異物の作用による機器の動作不良 長期使用による素材等の劣化 その他	スクリー等の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） メカニカルシールに異物の噛み込みはないか 軸受部のメカニカルシールに摩耗はないか 電気コードに挟まり等はないか 工程の中で腐食環境の生成 銅材は腐食していないか
10	配管（サポート部）	多湿環境	配管と梁の間隙が湿潤環境になっていないか 配管と防食板等の隙間に雨水が浸入していないか					29	加熱ヒーター	エロージョン・コロージョン	スクリー等の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） メカニカルシールに異物の噛み込みはないか