資料３－１

危険物施設の長期使用に係る検討の進捗状況と当面の取組について
(中間まとめ・素案)

危険物施設の長期使用に係る調査検討会

平成 31 年３月

－　目　　次　－

趣旨・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

第１　危険物施設の長期使用に伴う事故を踏まえた点検・維持管理の徹底方策
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2

第２　屋外貯蔵タンクの浮き屋根における漏えい事故を踏まえた安全対策・7

第３　新技術の活用による効果的な点検・維持管理・・・・・・・・・・・・10

中長期的な方向性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13

検討会名簿・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・14

＜資料編＞
資料１－１　危険物施設の事故の概要
資料１－２　危険物施設の事故に関する調査の概要
資料１－３　危険物施設の事故統計
資料１－４　危険物施設における定期点検に関する調査の概要
資料１－５　事業所で作成している日常点検や定期点検等に係る目視点検の要領等
資料１－６　点検表を補足する実施要領案
資料２－１　浮き屋根に関するアンケート
資料２－２　浮き屋根に係る規制及び規格の比較表
資料２－３　浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の漏えい調査結果
資料２－４　浮き屋根の漏えい事故事例調査結果の概要
資料２－５　浮き屋根の安全対策について
資料３－１　モニタリング技術・診断技術に関する調査の概要
資料３－２　平成 29 年度モニタリング技術・診断技術に関する調査の詳細
資料３－３　平成 30 年度モニタリング技術・診断技術に対する調査結果表

参考資料１　危険物施設以外のインフラ施設の事故事例

参考資料２　海外の危険物施設等の事故事例

参考資料３　スマート保安先行事例集　（平成 29 年４月　経済産業省保安課）

参考資料４　危険物施設の点検や点検技術に関するアンケート調査票

参考資料５　危険物施設等における維持管理の取組等に関するアンケート調査票

参考資料６　石油精製業及び石油化学工業における保温材下配管外面腐食（CUI）に関する維持管理ガイドライン(平成 24 年２月 一般財団法人エンジニアリング協会)

参考資料７　最近の保全技術情報調査報告書（2017 年３月　日本メンテナンス工業会）

趣旨

我が国の危険物施設は高経年化が進んでおり、近年、腐食疲労等劣化を原因とする事故件数は増加傾向にある。また、危険物の大量流出や屋外タンク貯蔵所の浮き屋根の沈降等を伴う事故も発生している。

このような状況を踏まえ、危険物施設の長期使用に伴う事故の発生防止や被害軽減を推進するための方策を検討することを目的として、平成 29 年８月から「危険物施設の長期使用に係る調査検討会」を開催し、危険物施設の事故や点検・維持管理に関する実態、最新技術を用いたモニタリング・診断手法の開発状況を調査しながら、幅広く検討を行っているところである。

今般、これまでの本検討会における検討の進捗状況と、これを踏まえた当面の取組みについて整理した。

調査・検討の成果として危険物保安上有用な知見が得られた事項については、導入・実用化に向けた取組みを進めることが適当である。

また、課題として抽出された事項については、本検討会において引き続き調査・検討を行っていくこととする。

第１　危険物施設の長期使用に伴う事故を踏まえた点検・維持管理の徹底方策

１　検討の進捗状況

危険物施設における事故件数は、危険物施設数が年々減少しているにもかかわらず、平成 19 年をピークに依然として高い水準で推移している。腐食疲労等劣化を原因とする事故の増加が主な要因の一つとなっており（資料１－1、参考資料１及び２を参照。）、その背景として、危険物施設の高経年化があると考えられるところである。

本検討会では、危険物施設における腐食疲労等劣化を原因とする事故の発生状況について調査分析を行うとともに、危険物施設の点検・維持管理の実態等について調査を行った。また、これらの結果を踏まえ、効果的な点検方法について検討を行い、定期点検の際に用いる点検表の見直し案等を作成した。

（１）危険物施設における腐食疲労等劣化を原因とする事故の発生状況

平成 29 年度の本検討会における事故分析の結果、腐食疲労等劣化を原因とする事故は、全体の約８割が配管及び塔槽類において発生したものであり、主な事故の形態は以下のとおりである（詳細は資料 1－2 及び 1－3 を参照。）。

・配管においては、配管本体からの事故のほか、配管継手部（フランジ等）のパッキングからも事故が発生している。また、保温材下の配管や架台・サポート付近の配管でも事故が発生している。

・塔槽類においては、化学反応や蒸留等を行う塔・槽の本体からの事故件数が最も多く、次いで塔・槽に付属する配管からの事故が多い。

（２）危険物施設における定期点検の実態等

消防法令においては、危険物施設の所有者等に対し、技術上の基準に適合するように維持管理するとともに（消防法第 12 条）、定期に点検することを義務づけている（同法第 14 条の３の２）。これらの規定を踏まえ、「製造所等の定期点検に関する指導指針の整備について」（平成３年５月 29 日付け消防危第 48 号。以下「48 号通知」という。）により、施設区分別の点検表が示されているが、当該点検表の「点検方法」の欄においては、主に「目視」等により点検することとされており、部位ごとの点検実施要領や点検結果の判定方法について詳細は示されていない。

平成 30 年度に実施した事業所における定期点検の実態調査（資料１－4、参考資料４を参照。）からは、多くの事業所において、48 号通知の点検表を活用するとともに、公益社団法人石油学会（JPI）の規格等を参考に、部位に応じた点検方法を具体化し、事業所の設備構成等に応じた点検表や点検要領、マニュアル等が作成されていることがわかった（資料１－5 を参照。）。事業所の自主的な取組みにおける追加の点検項目の例としては、配管について、保温材下は外面腐食のおそれが高いという知見に基づき、48 号通知の点検表の「点検項目」の欄に記載のない保温材（カバー等を含む。）の損傷状況についても実施されていること等が挙げられる。

今回の調査の中で、事業者から、自主的に項目を追加等した点検表による記録を、消防法令に基づく定期点検の記録として認めてほしいという意見もあった。

（３）効果的な点検・維持管理方法の検討

上記（１）及び（２）の調査結果から、次に示すとおり、効果的な点検・維持管理方法について検討を行った。

ア　事業所の設備構成や自主的な点検項目等に応じた点検表の活用

事業所における定期点検の実態や事業者からのニーズを踏まえ、48 号通知を基に、事業所の設備構成や自主的な点検項目等に応じて加工された点検表を消防法令上の点検記録として活用することも可能とする。

この場合において、事業所で作成された点検表が適切な記載内容となっていることについて、管轄消防本部と十分な協議を行っておくことが必要である。

イ　48 号通知の点検表に関する見直し案等

48 号通知の点検表において、配管の「点検方法」の欄に保温材に係る点検方法を追加するとともに、腐食疲労等劣化による事故の多い配管及び塔槽類について、点検表を補足する実施要領案を資料 1－6 のとおり作成した。本案において、第３に後述する事業所におけるモニタリング技術・診断技術の導入状況や他の分野の活用事例等を踏まえ、点検表の「点検内容」に応じて適用可能な新技術の例も追記した。

２　当面の取組み

危険物施設が長期間使用される現状において、腐食疲労等劣化を原因とする事故を防止するためには、危険物施設における事故発生状況や事業者における定期点検の実態等を踏まえ、点検の実効性を向上させることが必要であり、当面の取組みとして次に示す方策を推進していくことが適当と考えられる。

（１）点検表の見直し案等の運用

これまでの調査・検討の成果である点検表の見直し案等（上記１（３））について、事業者における活用を図ることが必要である。また、その前提となっている事故分析の結果を併せて、危険物取扱者の保安講習に反映することが事業者における取組みの実効性確保の上で必要である。

これらと並行して、消防機関における立入検査や是正指導を効果的に実施する観点から、立入検査マニュアル等に反映させることが重要である。

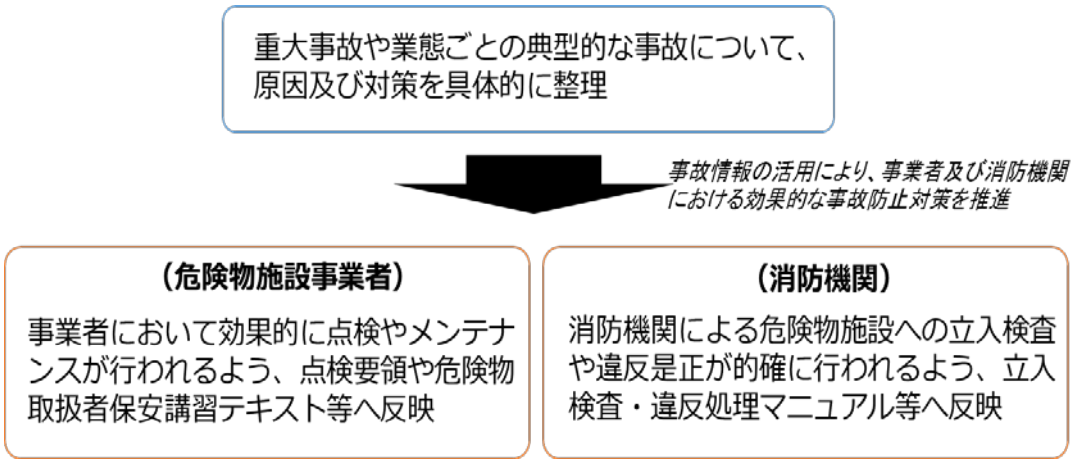


図１　事故情報や点検表の見直し案等の運用イメージ

（２）危険物施設の点検における優良な取組事例等の水平展開

事業者は、自主保安の考え方に基づき、各事業所の稼働状況や事故事例等を踏まえて、それぞれ独自に点検項目や点検方法等をマニュアル化して点検・維持管理に取り組んでいる。これら各事業所の取組事例は、他の事業所における点検・維持管理の参考となるものである。また、事業者からのニーズとしても、他の事業者の取組事例を共有してほしいという意見もあった。これらのことから、危険物施設の点検・維持管理における優良な取組事例を

各事業者に水平展開することが効果的であると考えられ、本検討会を活用して、各事業所の取組状況やマニュアルの収集等、必要な調査を行い、後述の第３、２に示す新技術の導入に向けたガイドラインとともに、事業者の優良な取組事例を広報し、啓発していくことが重要である。

第２　屋外貯蔵タンクの浮き屋根における漏えい事故を踏まえた安全対策

１　検討の進捗状況

浮き屋根の浮き室内部に危険物が漏えいしている事故等が散見されることから、平成 29 年 11 月、消防機関を通じ、全国の浮き屋根式タンク（2281 基）を対象として、直近の点検記録における浮き室内部の異状に関する調査を実施した。その結果、48 基のタンクで、浮き室内部への油の漏えいを確認した。

今年度、本検討会に「屋外貯蔵タンクの浮き屋根の安全対策に関するＷＧ」を置き、追加調査を実施するとともに、漏えいの原因究明や点検・維持管理等のあり方について検討に着手した。

（１）浮き屋根に関する調査

①　浮き屋根の維持管理に関する調査

「屋外タンク貯蔵所の浮き屋根の維持管理に関する調査への御協力について（依頼）」（平成 30 年 12 月 7 日付き消防危 224 号）において、全国の浮き屋根タンクの所有者等に対し、浮き屋根の点検方法や漏えいに関する調査を実施した（資料 2－1 を参照。）。

②　浮き屋根に関する基準、規格等の調査

国内外における浮き屋根の関連基準・規格等について調査し、比較整理した（資料 2－2 を参照。）。

（２）浮き屋根の安全対策に関する検討

上記の調査結果や過去の漏えい事案等（資料 2－3 を参照。）を踏まえ、有

効と考えられる浮き屋根の安全対策について危険物保安技術協会から提案がなされたところである（資料２－４及び２－５を参照。）。

２　当面の取組み

引き続き、ＷＧにおいて、次の項目等について検討する。

（１）点検方法の検討

調査結果等を元に、漏えい事故の防止に対し効果的な点検時期や点検方法等について、浮き屋根の部位ごとに検討する。

①　時期

・タンク供用中（日常点検、定期点検、地震・大雨・暴風時等）

・タンク開放点検中

②　部位

・ポンツーン（母材部、溶接部、構造）

・デッキ（母材部、溶接部）

・浮き屋根付属品　等

（２）補修方法の検討

漏えいを発見した際の適切な応急措置や恒久補修の方法等について、漏えいの発生部位や程度、原因ごとに検討する。

①　部位

・ポンツーン（母材部、溶接部、構造）

・デッキ（母材部、溶接部）

・浮き屋根付属品　等

② 程度

・にじみ

・滞油　等

③ 原因

・疲労

・腐食　等

（３）応急措置の妥当性の確認

現在活用されている応急措置の方法や新しい方法等について、シミュレーションや疲労試験等によって、妥当性を確認し、応急措置の活用可能な範囲について検討する。

（４）ガイドラインの作成

上記の項目で検討した内容についてガイドラインを作成し、具体的な事故事例や補修方法を併せて示す。

第３　新技術の活用による効果的な点検・維持管理

１　検討の進捗状況

危険物施設の高経年化や運転・保守管理の実務を担ってきたベテラン作業員の減少等により、設備・機器等の状態を的確に把握し、維持管理を行うため、モニタリング技術や診断技術等の新技術の活用が有用と考えられる。

本検討会では、国内外のモニタリング技術・診断技術の動向等について調査し、危険物施設における導入状況等について調査を行った。また、今回把握した内容の中で、配管や塔槽類の点検に適用可能なものについて、第１に示したとおり、点検表を補足する実施要領案に反映した。

（１）国内外のモニタリング技術・診断技術の動向に関する調査

平成 29 年度は、非破壊検査を実施する事業者を対象として調査を行い、腐食疲労等劣化による事故が多い配管や塔槽類（第１参照。）に適用可能と考えられるモニタリング技術等を整理した（資料 3－1 及び 3－2 を参照。）。また、文献調査において、高圧ガス施設、原子力施設など他の分野で利用されている技術についても同様に整理した。

このほか、総合科学技術・イノベーション会議が推進する戦略的イノベーション創造プログラム（ＳＩＰ）の中に「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」において研究開発が行われている最新のモニタリング・診断技術について情報収集するとともに、海外の技術動向として国土交通省「社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会」において報告されている技術等も情報収集した。

（２）危険物施設に導入等されているモニタリング技術等に関する調査

平成 30 年度は、危険物施設を保有する事業所の現地調査を行い、既に導入され、又は導入が検討されている技術について情報収集した。また、危険物施設の維持管理技術に関する事業者団体（一般社団法人日本非破壊検査工業会、一般財団法人エンジニアリング協会及び日本メンテナンス工業会）を通じ、加盟する企業へのアンケート調査を行った（資料 3－1、3－3 及び参考資料５を参照。）。

その結果、石油精製、化学工業等の事業者において、モニタリング技術・診断技術等の導入が進んできていることがわかった。また、一般財団法人エンジニアリング協会において、腐食状況を確認しづらい保温材下の配管について、民間の自主的な管理指針として「石油精製業及び石油化学工業における保温材下配管外面腐食（ＣＵＩ）に関する維持管理ガイドライン」（参考資料６を参照。）が作成されている。日本メンテナンス工業会においては、設備トラブル要因の早期発見等に関する最新技術の調査研究を基に、「最近の保全技術情報調査報告書」（参考資料７を参照。）がとりまとめられていることがわかった。

（３）配管・塔槽類の点検を補足する実施要領案への反映

上記（１）及び（２）の調査結果を踏まえ、腐食疲労等劣化による事故が多い配管・塔槽類に適用された例のあるモニタリング技術等について、点検表を補足する実施要領案（第１、１（３）及び資料 1－6 参照。）に反映した。

２　当面の取組み

本検討会において調査したモニタリング技術・診断技術について、危険物施設で発生している事故原因と関連づけて整理しつつ、危険物施設への新技術導入を推進していくことが重要である。具体的には、資料１－６の例のように、48 号通知の点検表における「点検内容」とそれに適用可能なモニタリング技術等を紐付けるとともに、当該技術の適用範囲、点検時における留意点、適用事例等をまとめ、点検・維持管理における新技術導入のためのガイドラインを作成し、事業者における積極的な対応を促進していくこと等が考えられる。これに当たり、新技術の概要や利点等をわかりやすく整理し、広報周知していくことが重要である。

なお、本検討会と並行して、「屋外貯蔵タンクの検査技術の高度化に係る調査検討会」において、シミュレーションや新たな非破壊検査手法を用いた屋外貯蔵タンクの検査に関する検討が行われているところである。その成果についても、技術的な課題をクリアした上で、速やかに導入を図ることが適当である。

中長期的な方向性

本検討会において、危険物施設の長期使用に伴う事故対策として、腐食疲労等劣化を主眼に検討を行ってきたところである。

今後における全般的な進め方としては、人的要因など他の形態の事故についても順次対象を拡げ、図２に示すとおり、事故の発生状況等から課題を抽出、この課題への解決策の検討や具体的な対応を実施するとともに、関係機関へ周知する等、ＰＤＣＡの考え方に基づき各課題の検討を進める仕組みとして機能していくことが期待される。

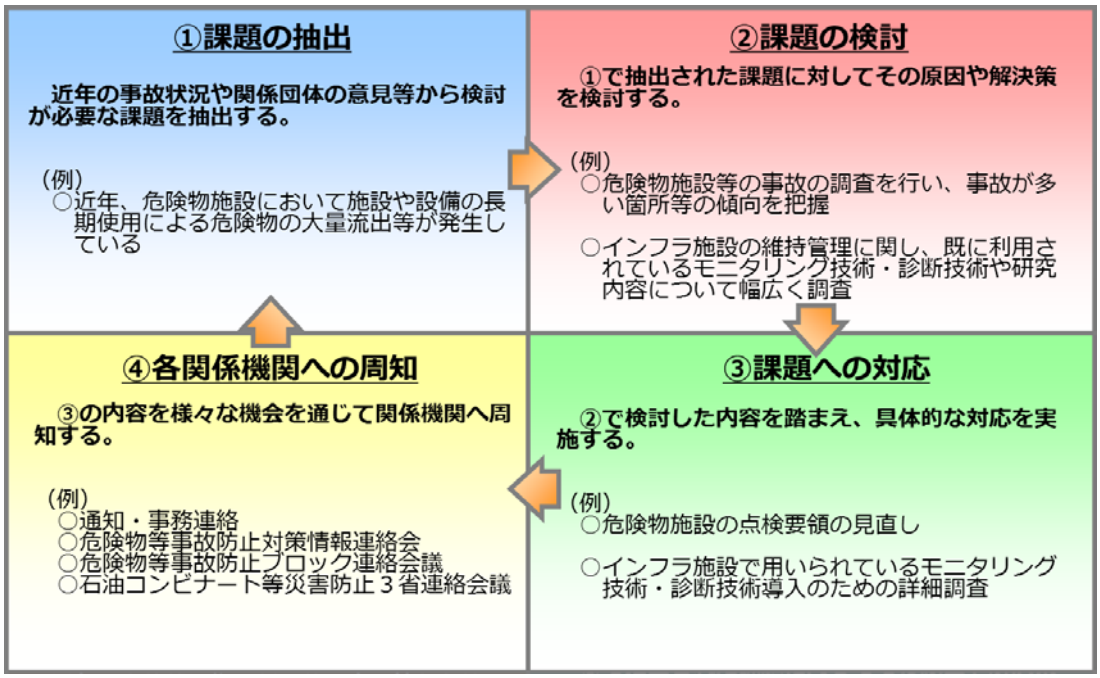


図２　ＰＤＣＡの考え方に基づく本検討会の進め方のイメージ

検討会名簿

危険物施設の長期使用に係る調査検討会委員等（敬称略）

座　長	山田　　實	元 横浜国立大学 リスク共生社会創造センター 客員教授
（以下、五十音順）		
委　員	相澤　武彦 （穂坂　真吾※1） （小松　正宏※2）	一般社団法人　日本化学工業協会
委　員	岡崎　慎司	横浜国立大学大学院工学研究院　機能の創生部門 教授
委　員	岡田　一将 （髙橋　典之※1）	東京消防庁　予防部　危険物課長
委　員	小川　晶 （菅野　浩一※1）	川崎市消防局　予防部　危険物課長
委　員	亀井　浅道	元横浜国立大学　安心・安全の科学研究教育センター 特任教授
委　員	川越　耕司 （田邉　弘彦※1）	石油化学工業協会　消防防災専門委員会　委員長
委　員	佐々木　敏弥	石油連盟　環境安全委員会　設備管理専門委員会　委員
委　員	辻　裕一	東京電機大学　教授
委　員	土橋　律	東京大学大学院工学系研究科　教授
委　員	中村　英之	一般社団法人　日本非破壊検査工業会
委　員	中本　敦也 （寒川　慎也※1）	危険物保安技術協会　タンク審査部長
委　員	西　晴樹	消防庁消防研究センター　火災災害調査部長
委　員	橋本　直也	一般社団法人　日本産業機械工業会
委　員	古河　大直	一般財団法人　全国危険物安全協会　業務部長
委　員	松村　浩行 （奥村　研一※1）	堺市消防局　予防部　危険物保安課長
委　員	宮崎　昌之	全国石油商業組合連合会　環境・安全対策グループ長
委　員	若倉　正英	特定非営利活動法人保安力向上センター　センター長

事務局	渡辺　剛英 （秋葉　洋※1）	消防庁危険物保安室長
事務局	内藤　浩由 （岡澤　尚美※1）	消防庁危険物保安室　課長補佐
事務局	竹本　吉利	消防庁危険物保安室　課長補佐
事務局	池町　彰文	消防庁危険物保安室　危険物施設係長
事務局	清野　昇亨	消防庁危険物保安室　パイプライン係長
事務局	門前　祐児 （佐々木 隆行※1）	消防庁危険物保安室　パイプライン係　事務官
事務局	河野　裕充 （羽田野 龍一※1）	消防庁危険物保安室　危険物施設係　事務官
事務局	大津　正義	消防庁危険物保安室　危険物施設係　事務官
事務局	平尾　亮	消防庁危険物保安室　危険物施設係　事務官

※1　平成 29 年度第 1 回から平成 29 年度第 3 回まで　※2　平成 30 年度第 1 回のみ

資料１－１

危険物施設における事故の概要

危険物施設における火災、流出件数の推移（地震によるものを除く）

事故件数 （平成6年）
287件

277件増加（約2倍に）

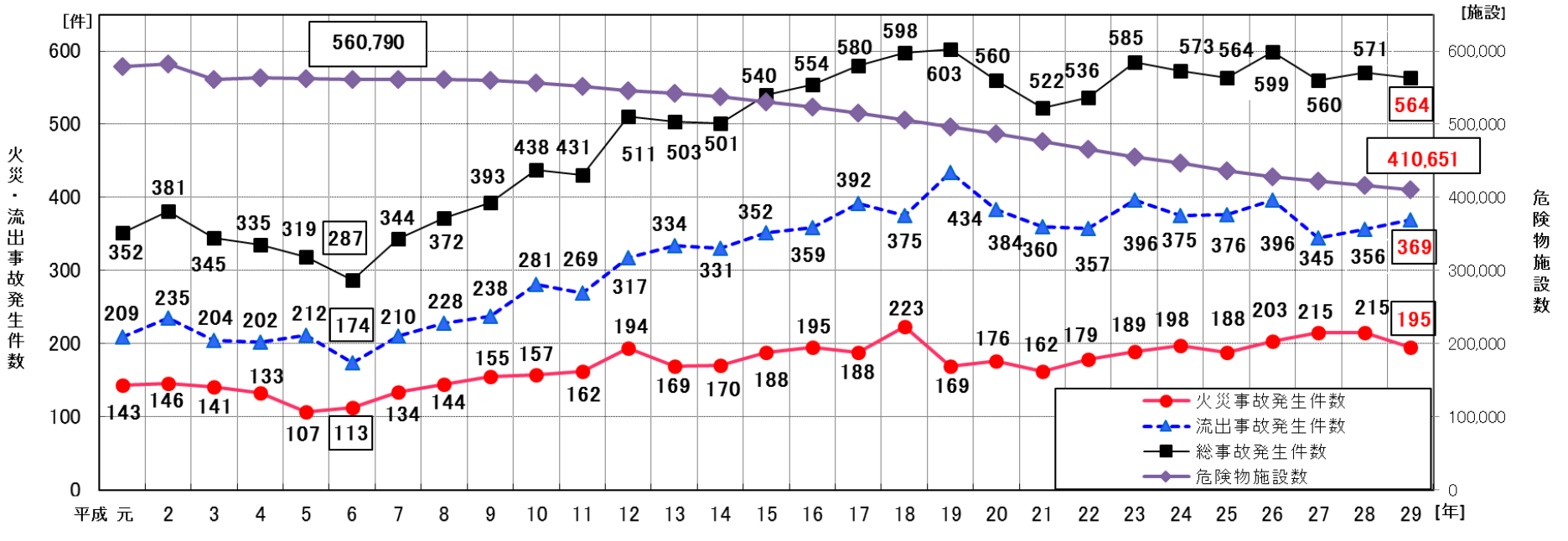
事故件数 （平成29年）
564件

危険物施設数（平成6年）
560，790件

約15万施設（約3／4に減少）

危険物施設数（平成29年）
410，651件

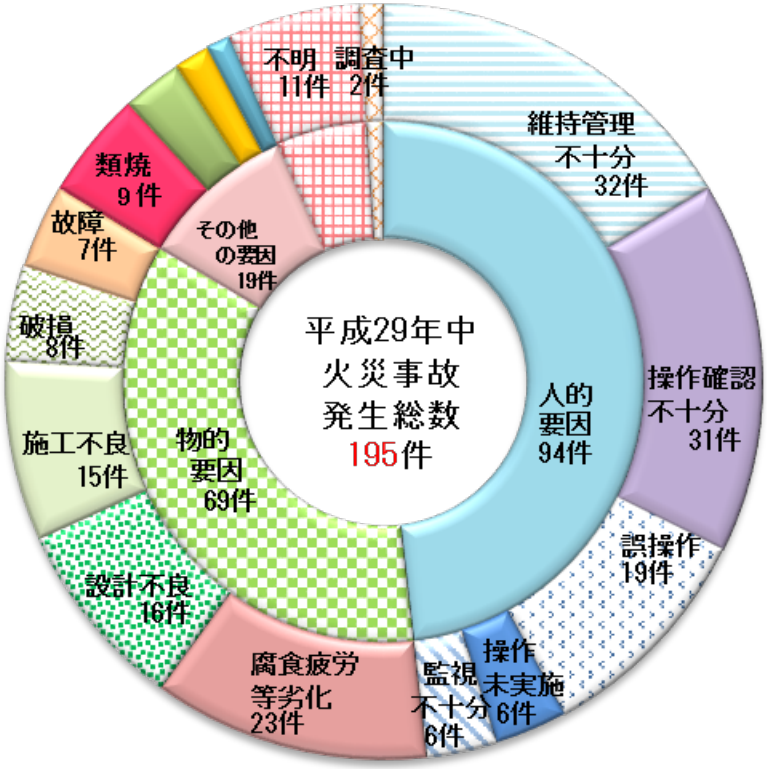
※ 危険物施設数は、許可件数としている。



（注）事故発生件数の年別の傾向を把握するために、東日本大震災その他震度６弱以上（平成８年９月以前は震度６以上）の地震により発生した件数を除いています。

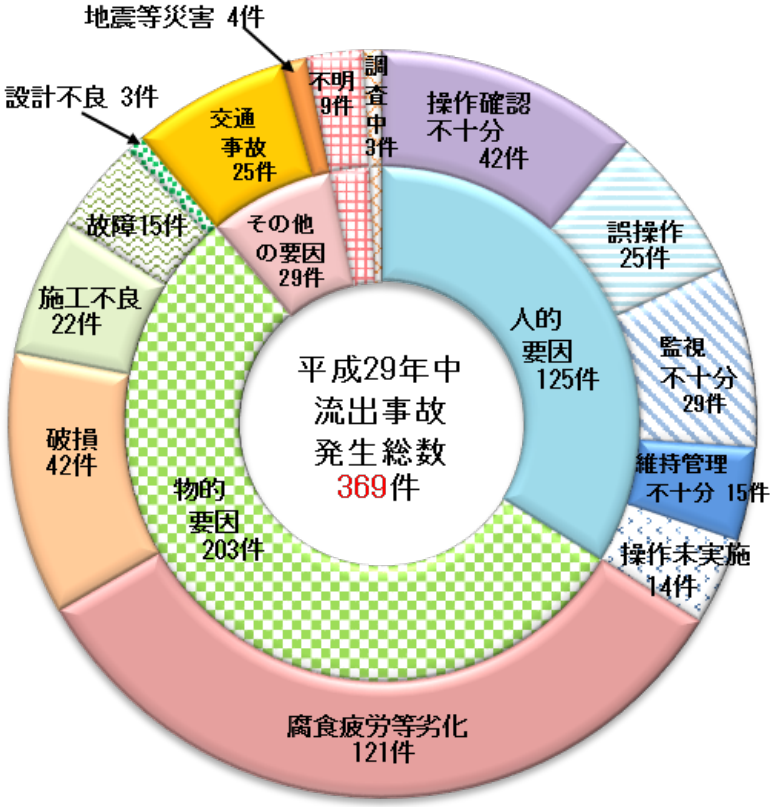
危険物施設の火災・流出事故の発生要因

火災



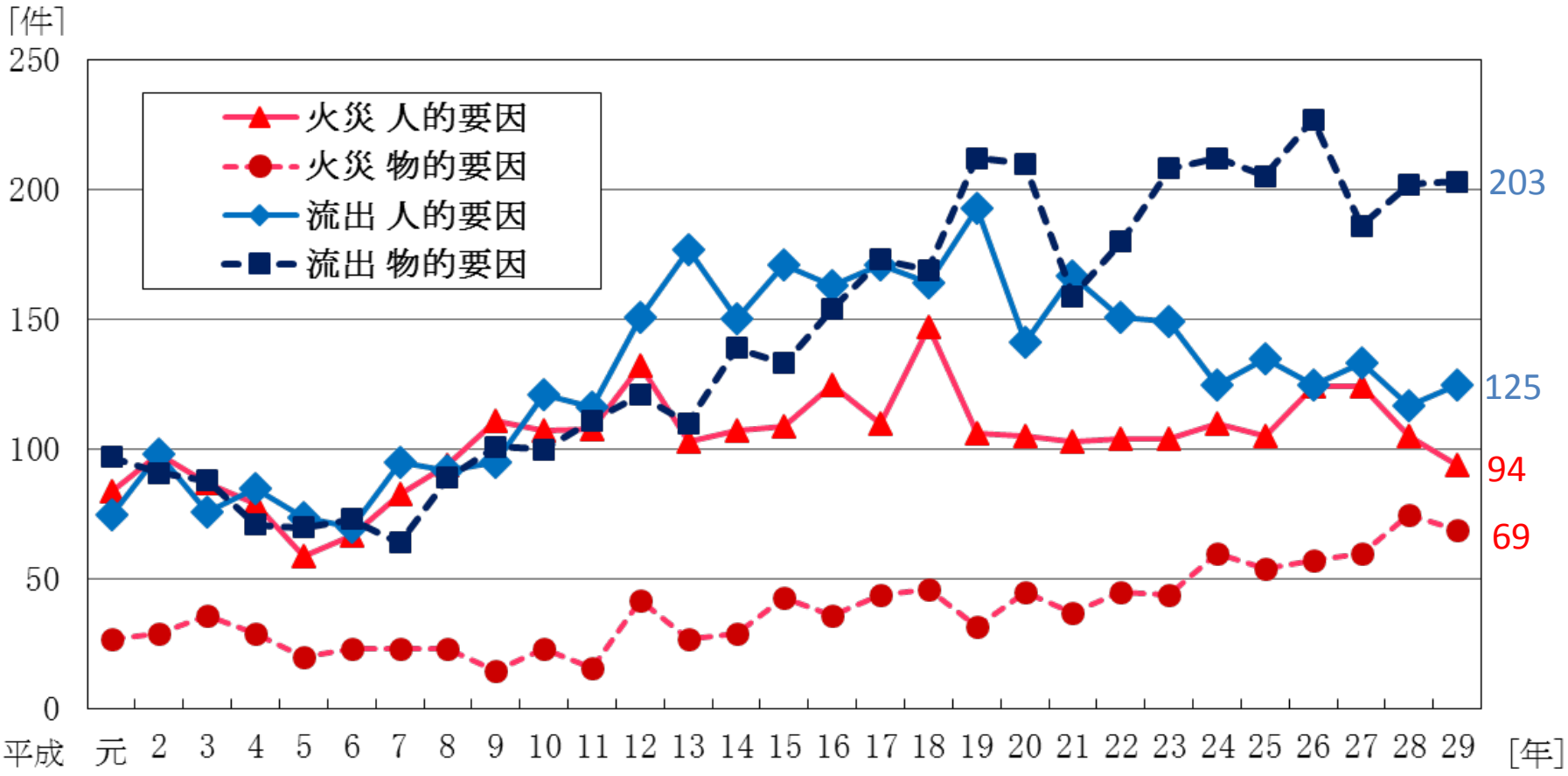
人的要因（維持管理不十分、操作確認不十分など）が多い。

流出事故



物的要因（腐食疲労等劣化など）が多い。

危険物施設の火災・流出事故の原因の推移



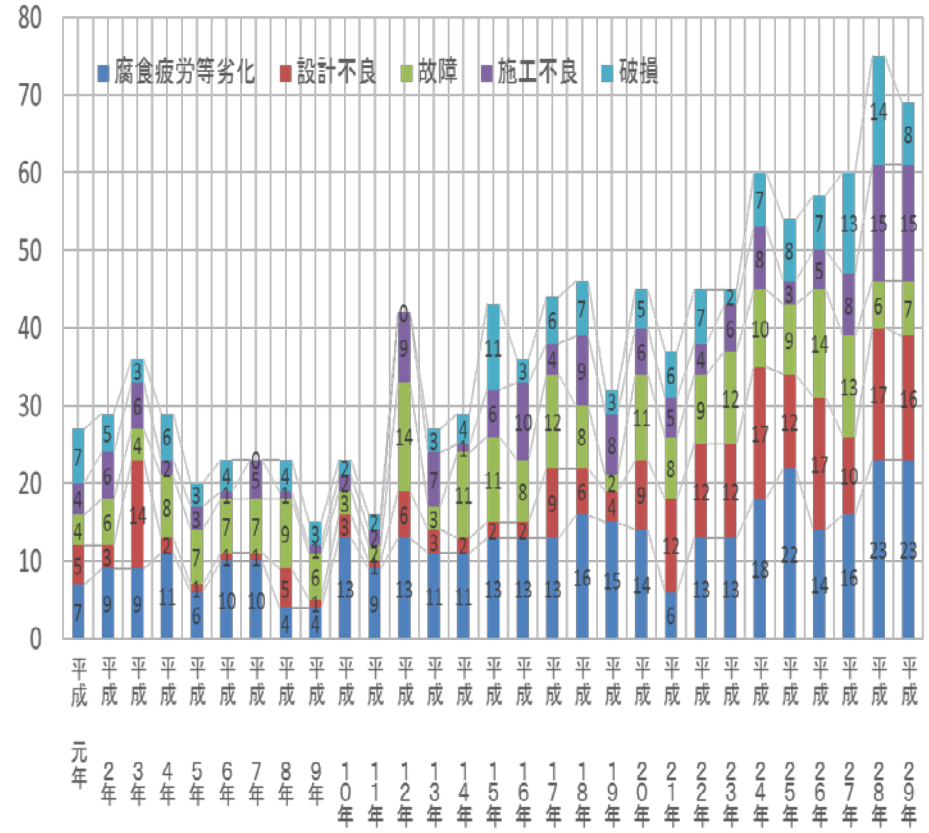
（注） 震度6弱以上（平成8年以前は震度6以上）の地震により発生した件数を除いています。

【特徴】

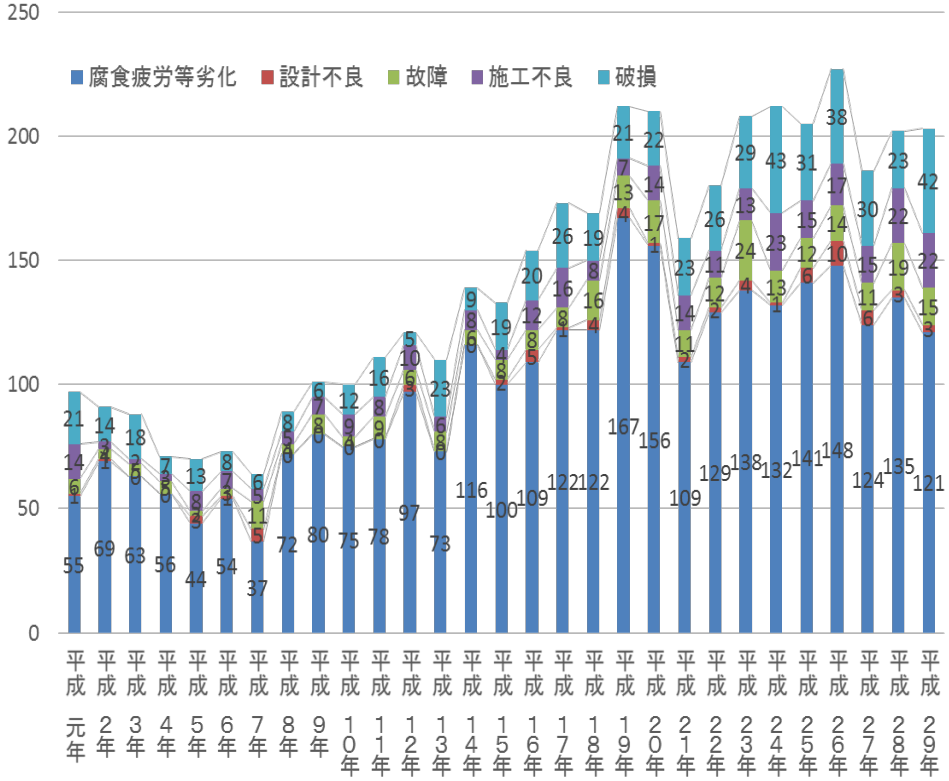
- 火災の発生要因については、維持管理や操作に当たっての不手際など人的要因によるもの（▲94件）が多くを占めているが、物的要因によるもの（●69件）も増加の傾向にある。
- 流出事故の発生要因については、物的要因によるもの（■203件）のうち、特に腐食疲労等劣化（121件）等の経年劣化によるものが増加の傾向にある。

危険物施設の火災・流出事故の物的要因の推移

火災



流出事故



資料１－２

危険物施設等の事故に関する調査の概要

平成元年から平成 29 年までの危険物施設における火災・流出事故のうち、重大事故を調査分析した（表１）。

なお、重大事故は、「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）に基づき、平成元年から平成 29 年までの事故を分類した（平成 27 年以前の重大事故件数には、事故概要等から推測により重大事故としたものを含む。）。

表１　平成元年から平成 29 年までの重大事故件数

	全件数	火災	流出
平成元年から平成29年までの事故件数	14,021	4,951	9,070
うち、重大事故件数	3,438	350	3,088
主原因を「経年劣化」とする事故	3,281	359	2,922
うち、重大事故件数	894	23	871

１　火災事故の分析

平成元年から平成 29 年までの危険物施設の火災事故のうち、主原因を経年劣化とする火災事故は、359 件であった。施設区分の内訳としては、一般取扱所が 233 件（65%）と最も多く、続いて製造所 80 件（23%）、給油取扱所 32 件（９％）となっている（図１）。

主原因を経年劣化とする火災事故のうち、重大事故に該当するものは 23 件発生しており、同じく一般取扱所、製造所、給油取扱所が全体の 90%以上を占めている（図２）。

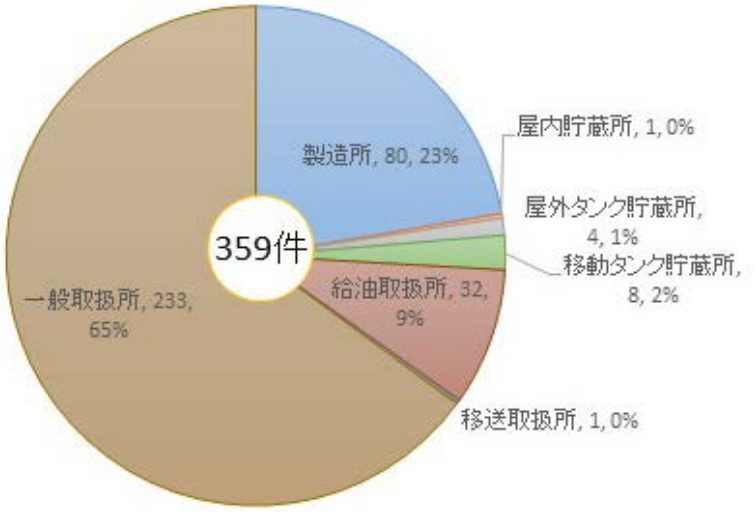


図１　主原因を経年劣化とする火災事故の施設区分別割合

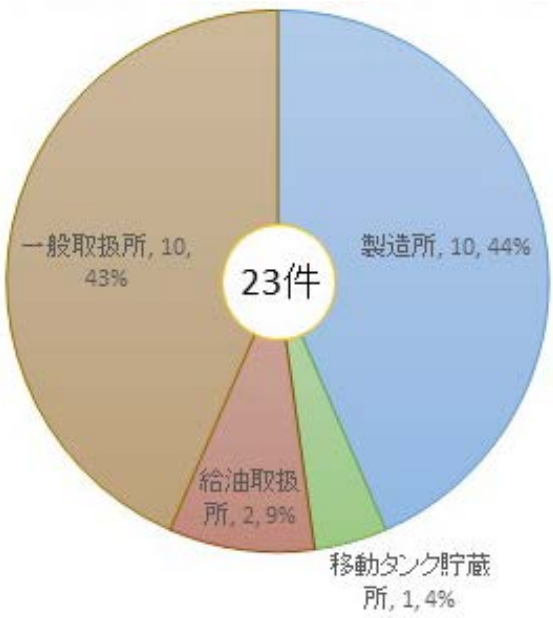


図２　重大事故に係る施設区分割合（火災事故）

また、主原因を経年劣化とする火災事故に関連する機器や設備の内訳は、炉が 62 件（17%）と最も多く、続いて電源・計測機器 56 件（16%）、塔槽類 47 件（13%）となっている（図３）。

更に重大事故に絞ると、炉と塔槽類がそれぞれ４件（18%）となっており、全体の 36%を占めている（図４）。

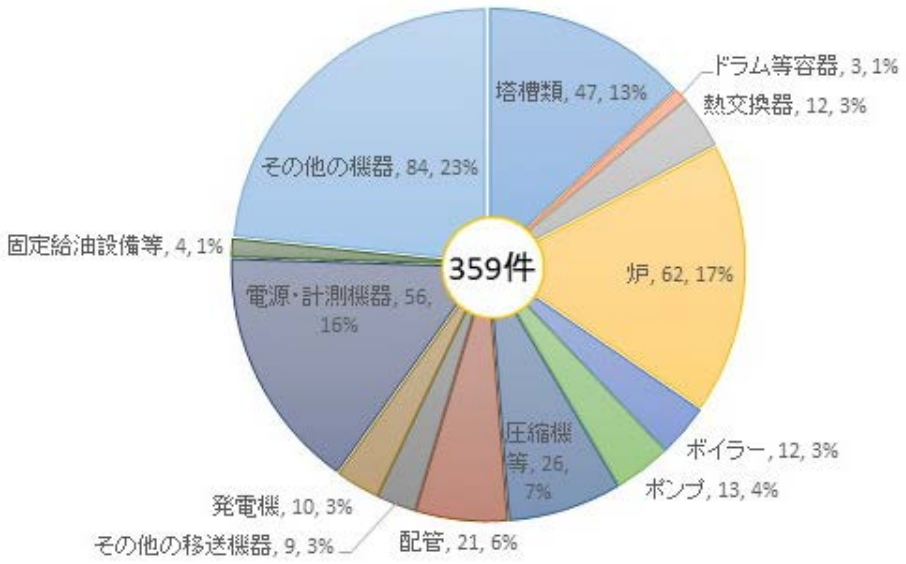


図３　主原因を経年劣化とする火災事故の機器分別割合

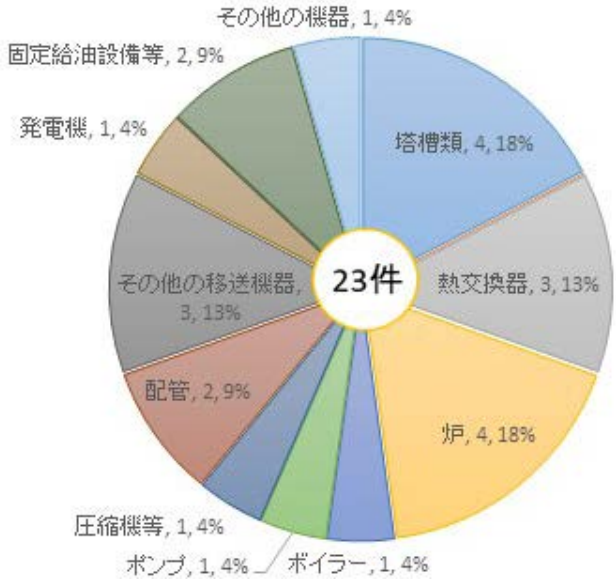


図４　重大事故に係る機器別割合（火災事故）

２　流出事故の分析

平成元年から平成 29 年までの危険物施設の流出事故のうち、主原因を経年劣化とする流出事故は、2,922 件であった。施設区分の内訳としては、地下タンク貯蔵所が 806 件（28%）と最も多く、続いて、屋外タンク貯蔵所 677 件（23%）、給油取扱所 545 件（19%）、一般取扱所 531 件（18%）となっている（図５）。

主原因を経年劣化とする流出事故のうち、重大事故に該当するものは 871 件発生しており、同じく地下タンク貯蔵所、屋外タンク貯蔵所、一般取扱所、給油取扱所が全体の約 90%を占めている（図６）。

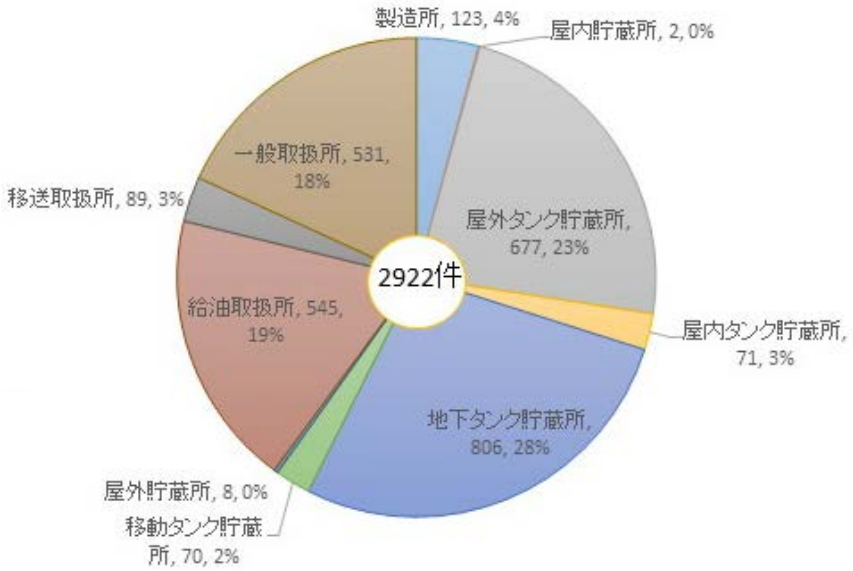


図５　主原因を経年劣化とする流出事故の施設区分別割合

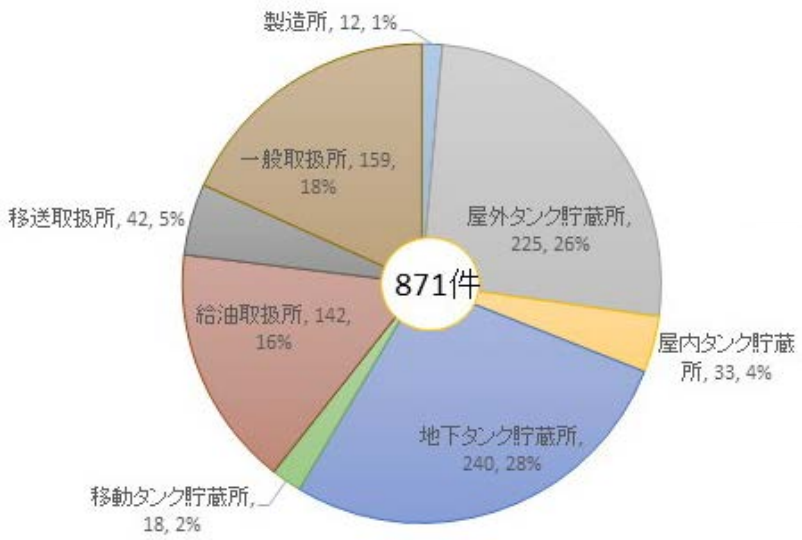


図６　重大事故に係る施設区分割合（流出事故）

また、主原因を経年劣化とする流出事故に関連する機器や設備の内訳は、配管が 1,754 件と全体の 60%を占め、続いて塔槽類が 643 件（22%）となっている（図７）。

重大事故も同様に、配管と塔槽類で全体の 80%以上を占めている（図８）。

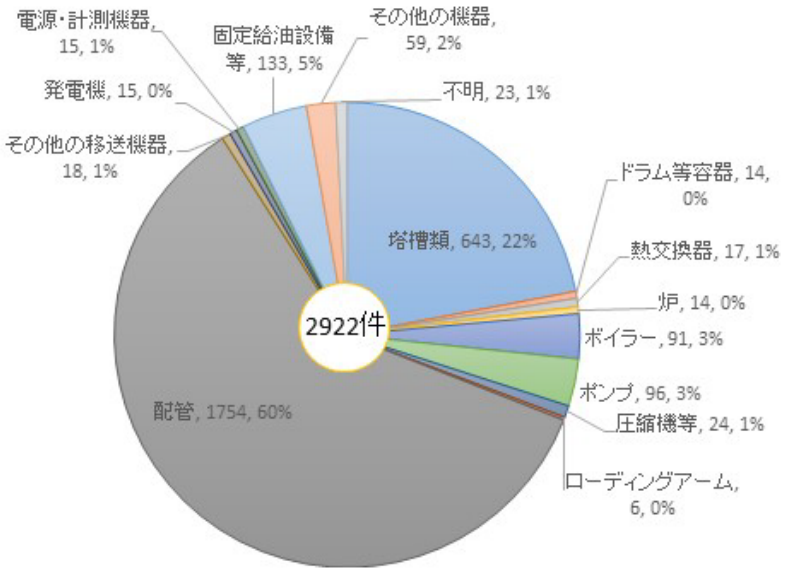


図７　主原因を経年劣化とする流出事故の機器分別割合

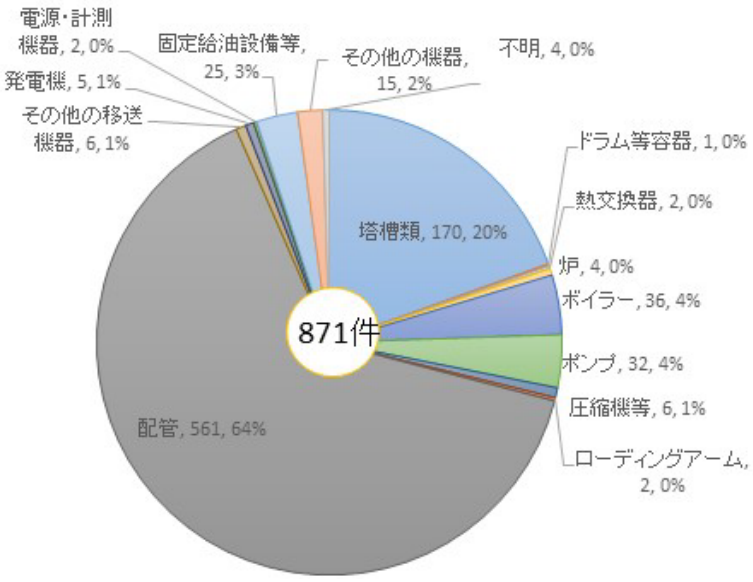


図８　重大事故に係る機器別割合（流出事故）

資料１－３

危険物施設の事故統計

危険物施設の事故統計

【調査内容】

平成元年から平成29年までの危険物施設における火災・流出事故のうち、主原因を「経年劣化」とするものを抽出し、そのうち重大事故に該当するものの分析を行った。

※重大事故は、「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）に基づき、平成元年から平成29年までの事故を分類した（平成27年以前の重大事故件数には、事故概要等から推測により重大事故としたものを含む）。重大事故の定義等は別紙参照。

【分析内容】

１　重大事故に係る分析（火災事故）
- 施設区分の内訳
- 機器等の内訳
- 機器等の使用年数

２　重大事故に係る分析（流出事故）
- 施設区分の内訳
- 機器等の内訳
- 機器等の使用年数

※機器等の名称は別紙2「機器等名称コード表」のとおり

【データ数】

	全件数	火災	流出
平成元年から平成29年までの事故件数	14,021	4,951	9,070
うち、重大事故件数	3,438	350	3,088
主原因を「腐食疲労等劣化」とする事故	3,281	359	2,922
うち、重大事故件数	894	23	871
事故に係る機器等の使用年数が確認できたもの	2,218	115	2,103
うち、重大事故件数	647	10	637

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」

別紙1

火災事故の深刻度評価指標

【事故の定義】
重大事故：1つ以上の評価指標で、深刻度レベルが1となる事故
軽微な事故：全ての評価指標で、深刻度レベルが4となる事故

＜人的被害指標＞

深刻度レベル	内容
1	死者が発生
2	重症者または中等症者が発生
3	軽症者が発生
4	軽症者なし

＜影響範囲指標＞※1

深刻度レベル	内容
1	事業所外に物的被害が発生
2	事業所内の隣接施設に物的被害が発生
3	施設装置建屋内のみに物的被害が発生
4	設備機器内のみに物的被害が発生

＜収束時間指標＞※2

深刻度レベル	内容
1	4時間以上
2	2時間～4時間未満
3	30分～2時間未満
4	30分未満

※1　移動タンク貯蔵所が荷卸し先等の事業所内に在る場合、「事業所」を「当該移動タンク貯蔵所が在る事業所」と読み替える。
※2　収束時間は「事故発生」から「鎮圧」までの時間とする。事故発生日時が不明の場合は、「事故発見」から「鎮圧」までとする。
なお、「鎮圧」とは、火勢が消防隊の制御下に入り、拡大の危険がなくなったと現場の最高指揮者が認定したことをいう。

流出事故の深刻度評価指標

【事故の定義】
重大事故：1つ以上の評価指標で、深刻度レベルが1となる事故
軽微な事故：全ての評価指標で、深刻度レベルが4となる事故

＜人的被害指標＞※1

深刻度レベル	内容
1	死者が発生
2	重症者または中等症者が発生
3	軽症者が発生
4	軽症者なし

＜流出範囲指標＞※2

深刻度レベル	内容
1	河川や海域に危険物が流出する等、事業所外へ広範囲に流出
2	事業所周辺のみ流出※3
3	事業所内の隣接施設へ流出
4	施設装置建屋内のみで流出

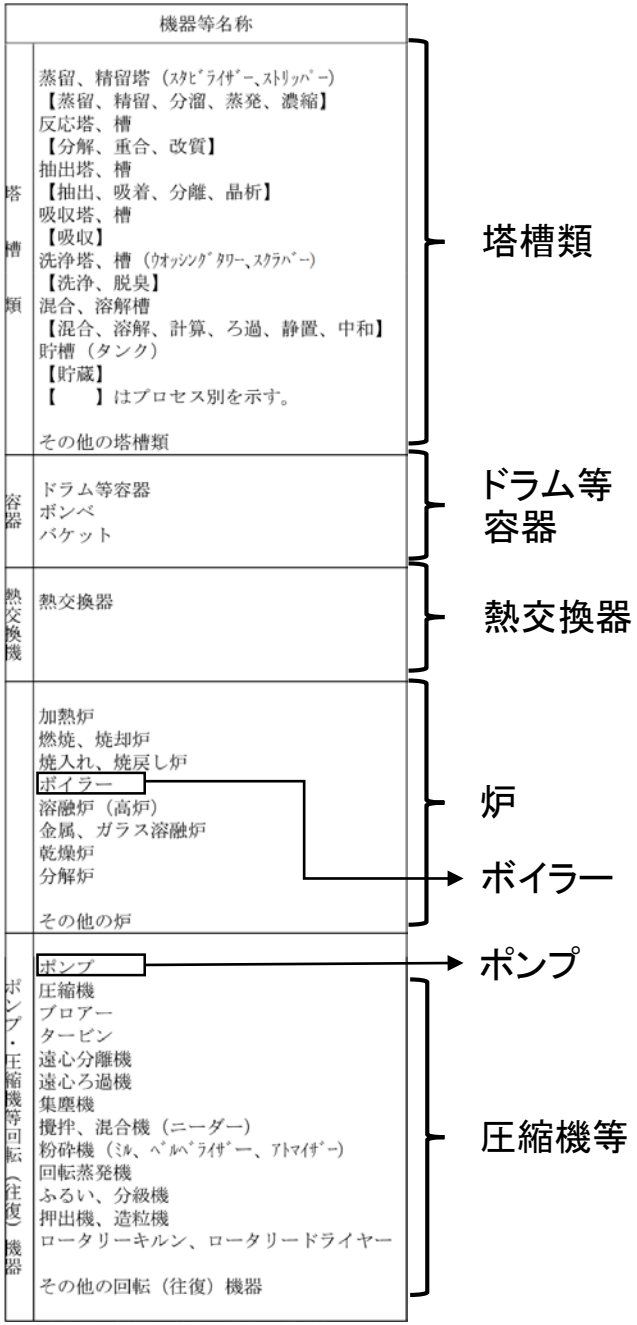
＜流出量指標＞

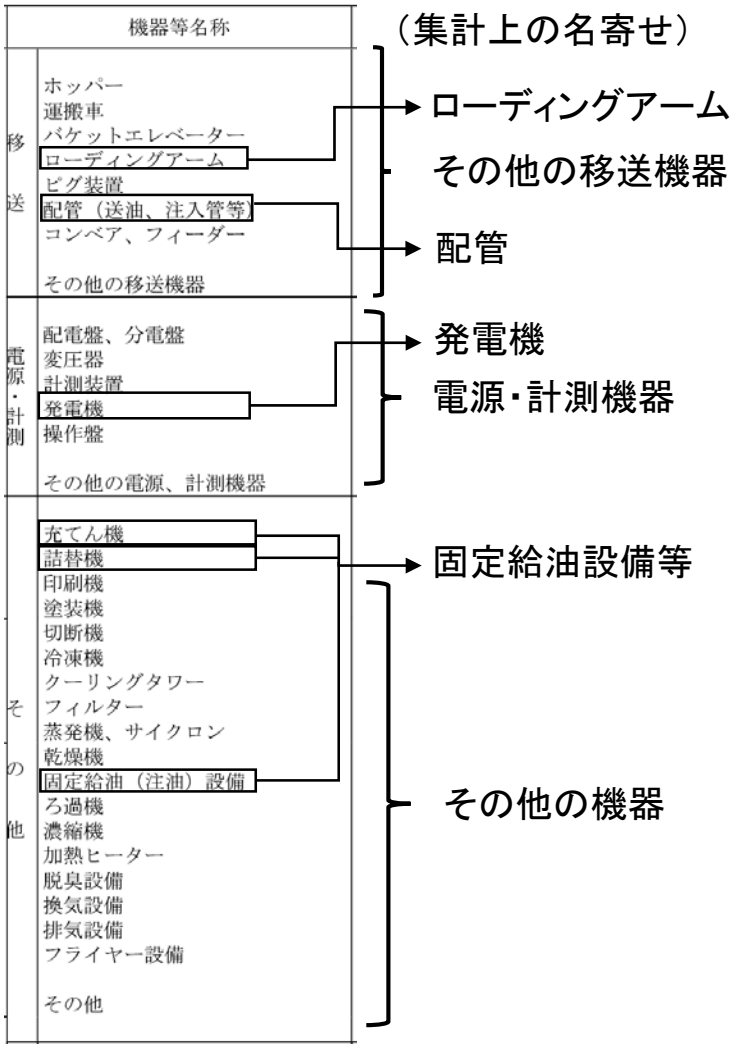
深刻度レベル	内容
1	流出・漏えいした「危険物」の指定数量倍数（合計）が10以上
2	(同上）が1以上～10未満
3	(同上）が0.1以上～1未満
4	(同上）が0.1未満

※1　交通事故による死傷者は除く。
※2　移動タンク貯蔵所が荷卸し先等の事業所内に在る場合、「事業所」を「当該移動タンク貯蔵所が在る事業所」と読み替える。
※3　事業所敷地境界線から100m程度の範囲にとどまるもの。また、流出範囲の記載のない場合は事業所外に流出量100L程度。

機器等名称コード表（集計上の名寄せ）

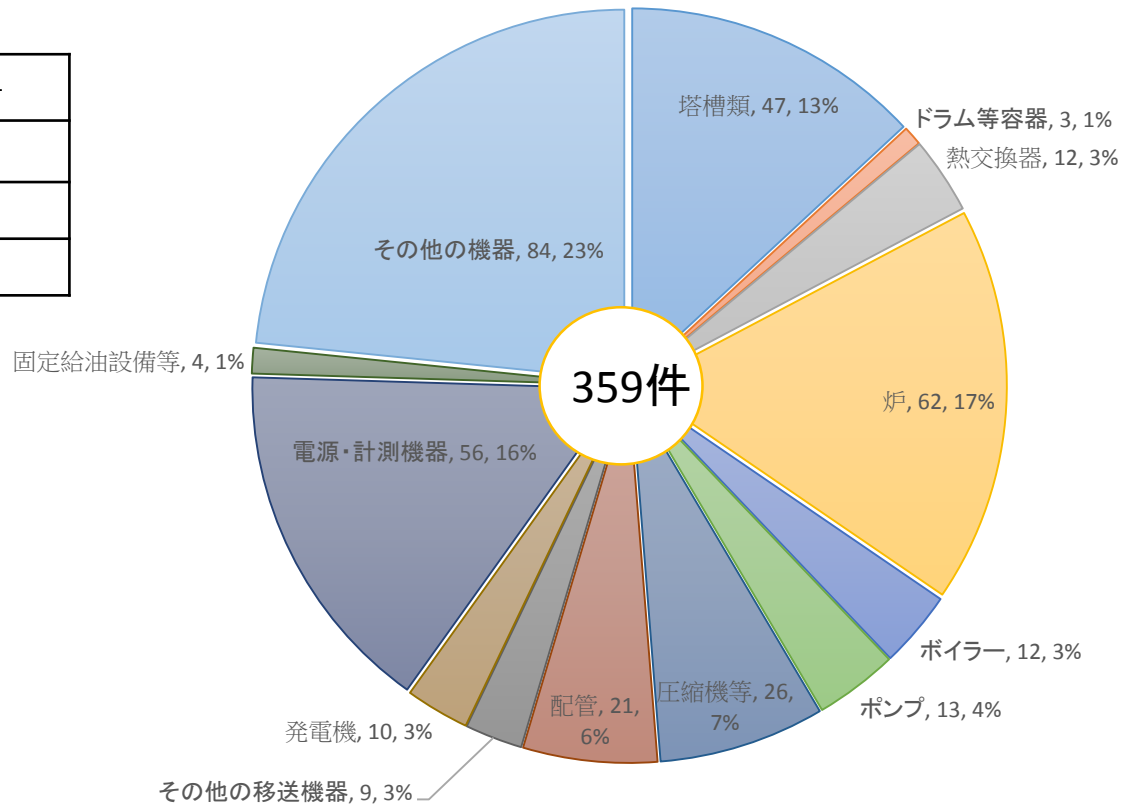
【別紙2】





1　重大事故等に係る分析（火災事故）①

平成元年から平成29年度までの火災事故に係る機器等の分布



（その他の機器）
主な発生箇所

付属配管	11
配線、スイッチ類	9
保温材ヒーター	7
制御盤等	5

（塔槽類）
主な発生箇所

付属配管	19
塔槽類本体	13
保温材・ヒーター	5

（固定給油設備等）
主な発生箇所

ノズル	3
ホース	1

（熱交換器）
主な発生箇所

機器等本体	5
付属配管	2
パッキング	2

（炉）
主な発生箇所

付属配管	21
機器等本体	14
制御盤等	5

（その他の移送機器）
主な発生箇所

ベルト、チェーン	4
制御盤等	1
配線、スイッチ類	1

（発電機）
主な発生箇所

付属配管	3
軸受	1
制御盤等	1
パッキング	1

（圧縮機等）
主な発生箇所

機器等本体	6
配線、スイッチ類	5
付属配管	4

（ポンプ）
主な発生箇所

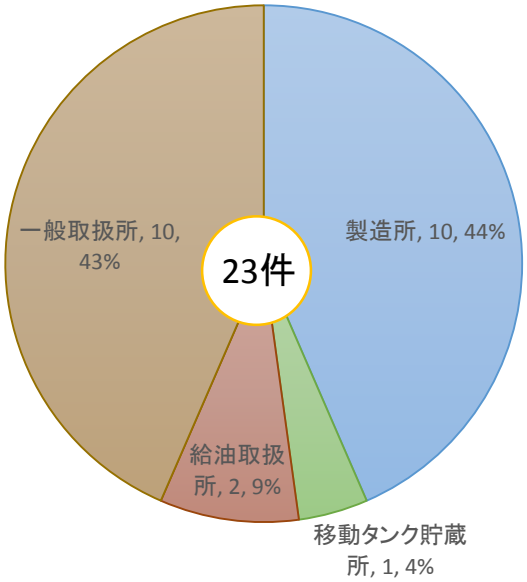
機器等本体	3
軸受	2
配線、スイッチ類	2

（ボイラー）
主な発生箇所

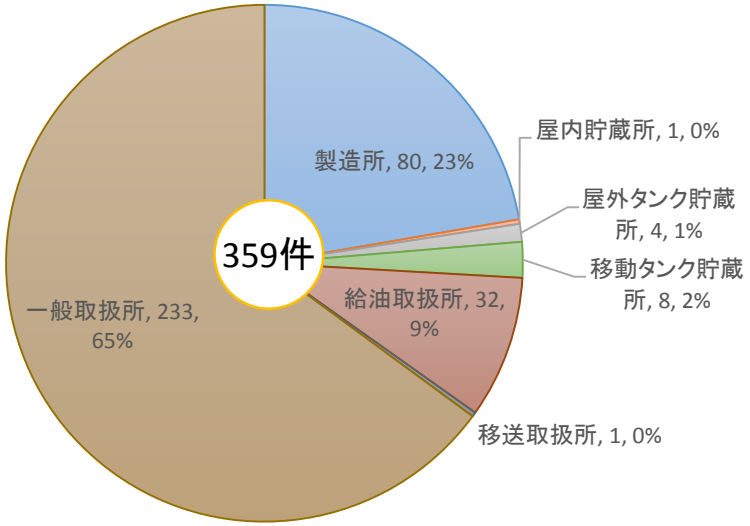
バーナー	4
付属配管	3

1　重大事故等に係る分析（火災事故）②

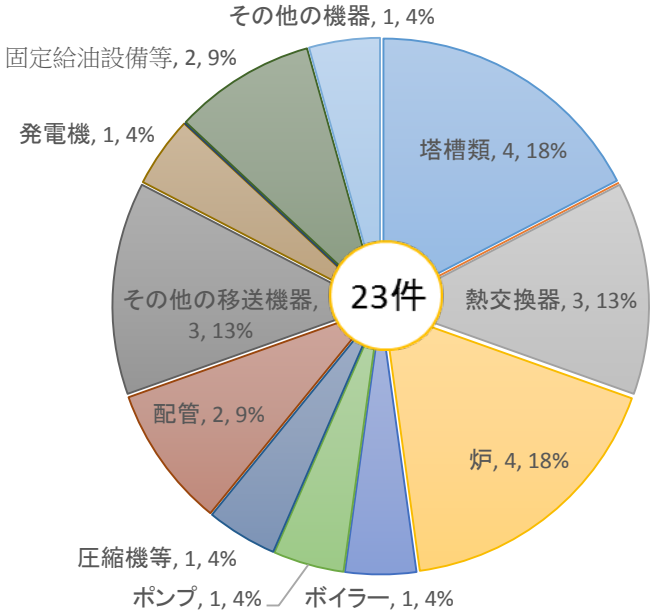
（重大事故に係る施設区分の内訳（H1～H29））



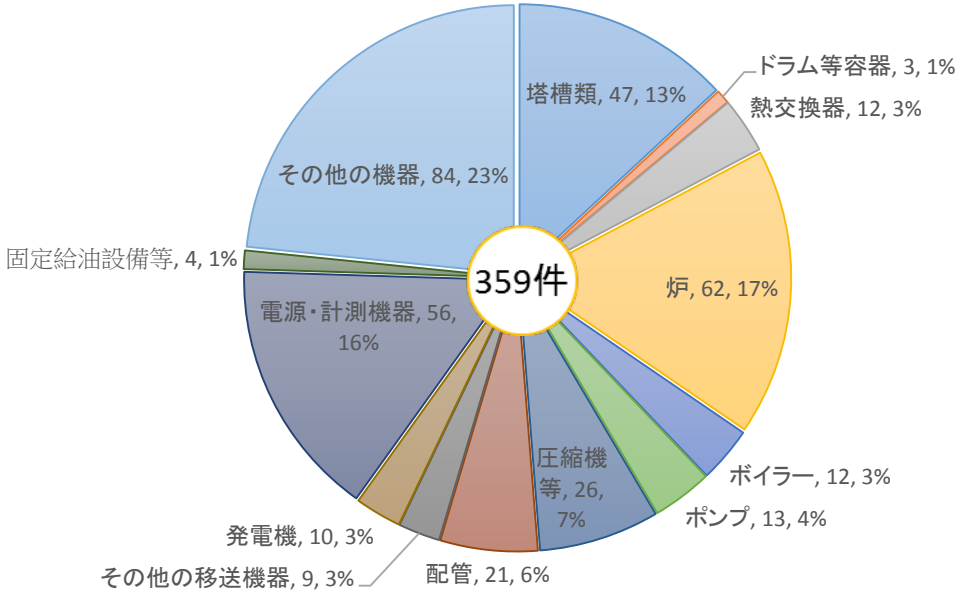
（事故に係る施設区分の内訳（全数）（H1～H29））



（重大事故に係る機器等の内訳（H1～H29））

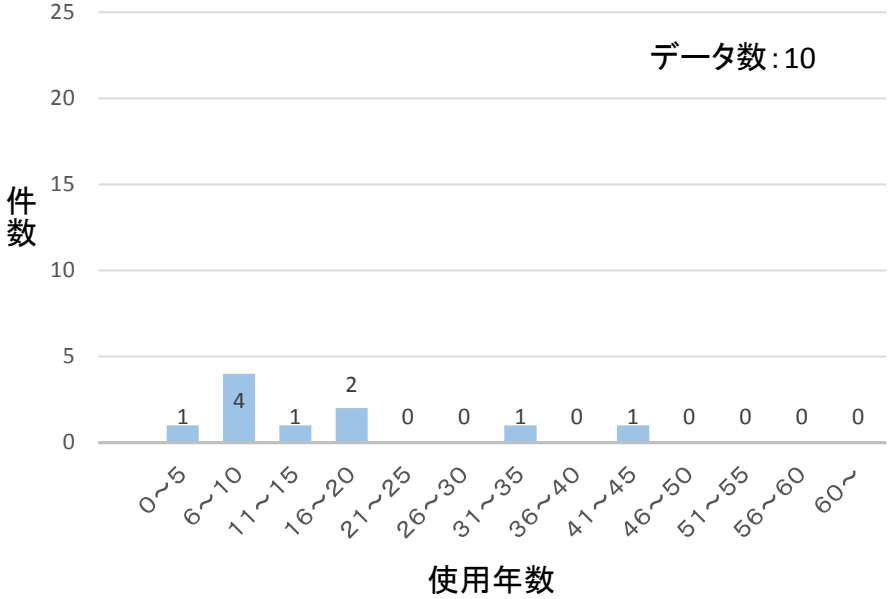


（事故に係る機器等の内訳（全数）（H1～H29））※再掲

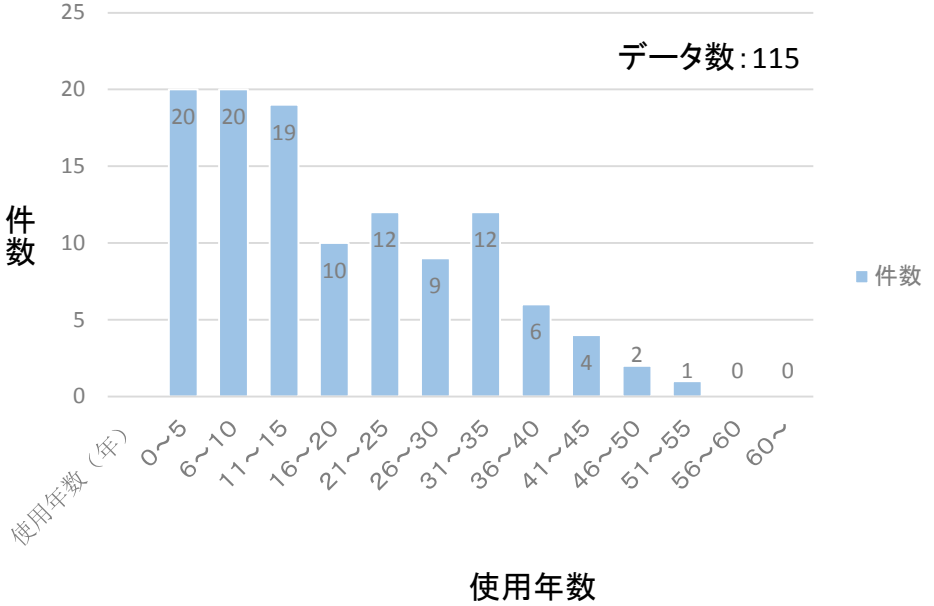


1　重大事故等に係る分析（火災事故）③

（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））



（事故に係る機器等の使用年数（全数）（H1～H29））



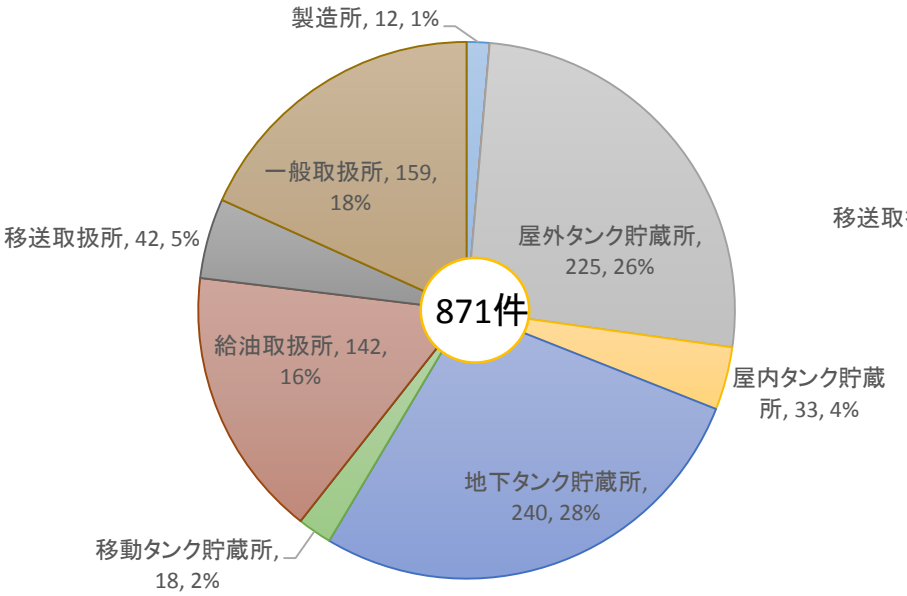
（重大事故に係る機器等の内訳と使用年数（H1～H29））

施設区分	重大事故に係る機器等	使用年数
製造所	塔槽類 炉	6年、8年、44年 10年
移動タンク貯蔵所	その他の移送機器	6年
給油取扱所	固定給油設備等	18年
一般取扱所	配管 炉 発電機 ボイラー	35年 15年 5年 16年

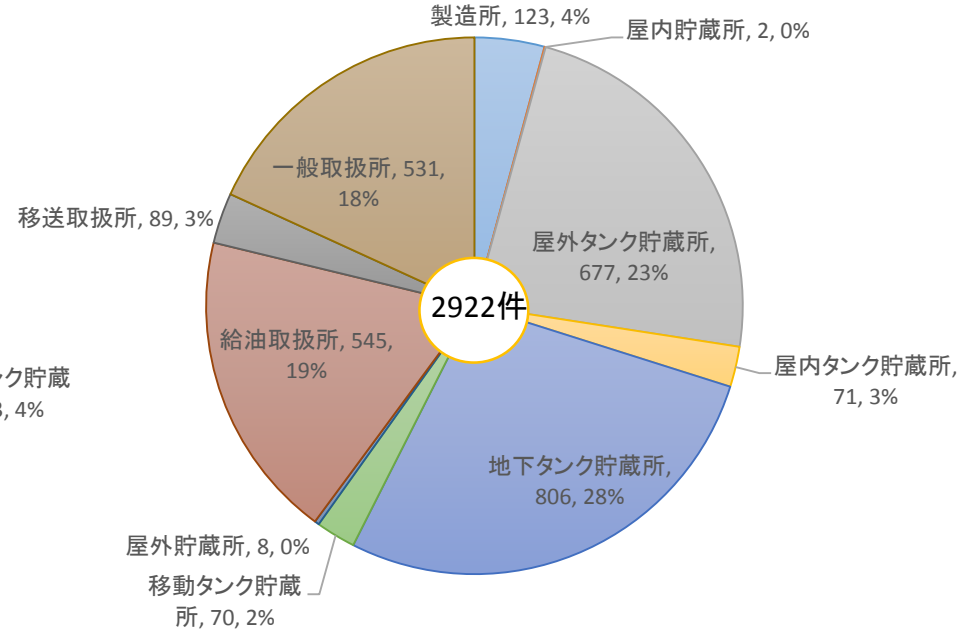
使用年数15年以内の事故件数は
全データ数の約51%を占める。

2　重大事故等に係る分析（流出事故）①

（重大事故に係る施設区分の内訳（H1～H29））



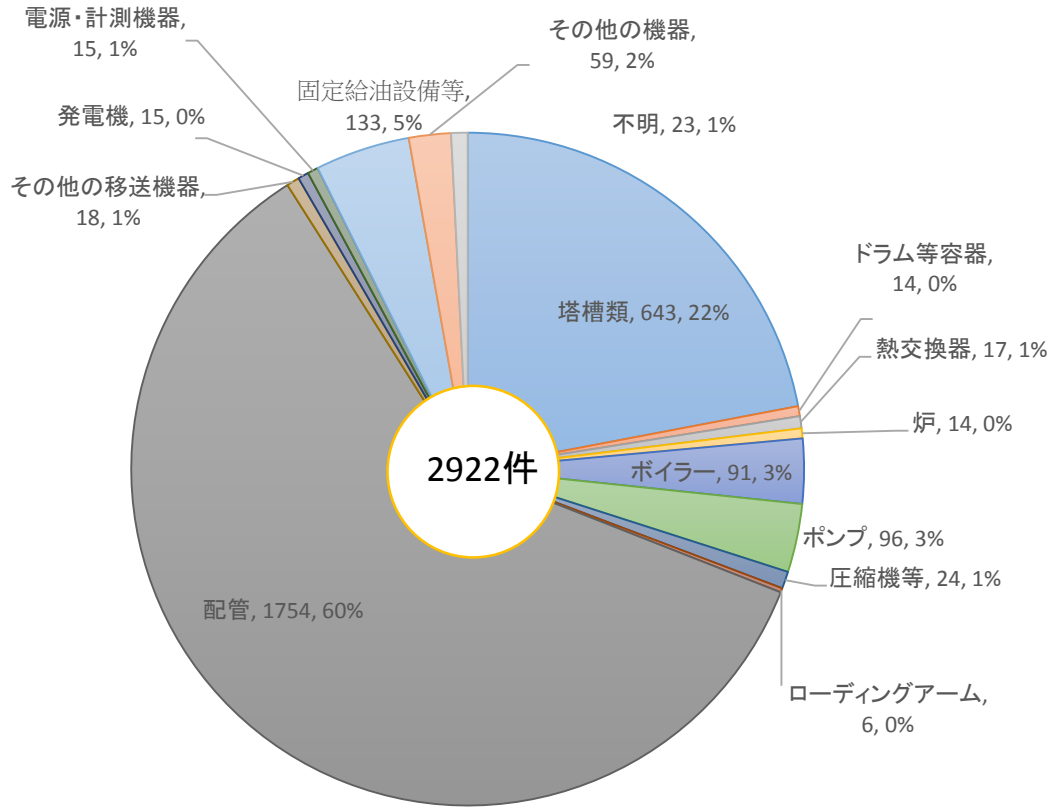
（事故に係る施設区分の内訳（全数）（H1～H29））



○　事故件数全体では、地下タンク貯蔵所、屋外タンク貯蔵所、給油取扱所、一般取扱所の順に多く発生しているが、重大事故は、一般取扱所が給油取扱所よりも多く発生している。

2　重大事故等に係る分析（流出事故）②

平成元年から平成29年度までの流出事故に係る機器等の分布



（塔槽類）
主な発生箇所

塔槽類本体	376
付属配管	193
ホース	11

（その他の機器）
主な発生箇所

付属配管	26
ホース	5
保温材・ヒーター	4

（熱交換器）
主な発生箇所

機器等本体	8
付属配管	7

（固定給油設備等）
主な発生箇所

付属配管	59
ホース	41
ノズル	9

（炉）
主な発生箇所

付属配管	10
フィルター	1
機器等本体	1

（発電機）
主な発生箇所

付属配管	10
機器等本体	1
パッキング	1

（その他の移送機器）
主な発生箇所

ホース	10
配管	5

（配管）
主な発生箇所

配管	1644
パッキング	27
保温材・ヒーター	16
架台・サポート	13

（ポンプ）
主な発生箇所

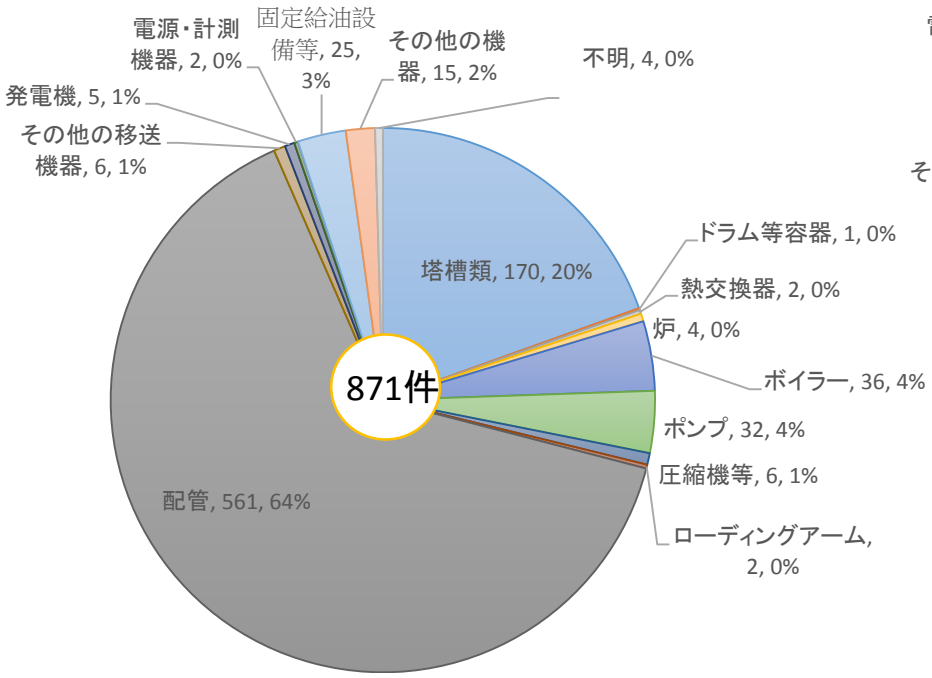
付属配管	42
パッキング	20
機器等本体	6

（ボイラー）
主な発生箇所

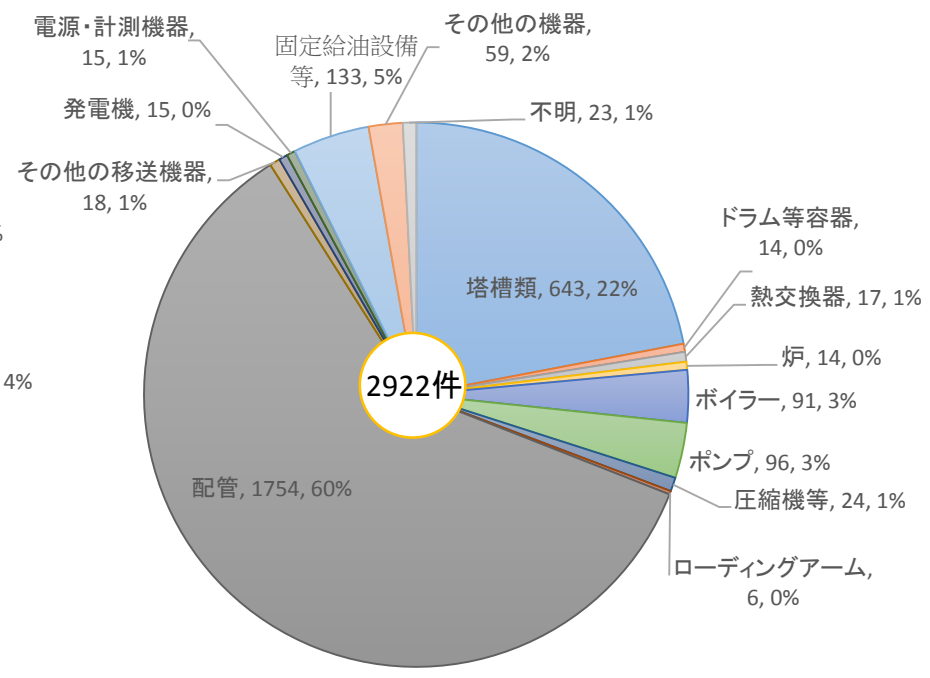
付属配管	83
パッキング	2

2　重大事故等に係る分析（流出事故）③

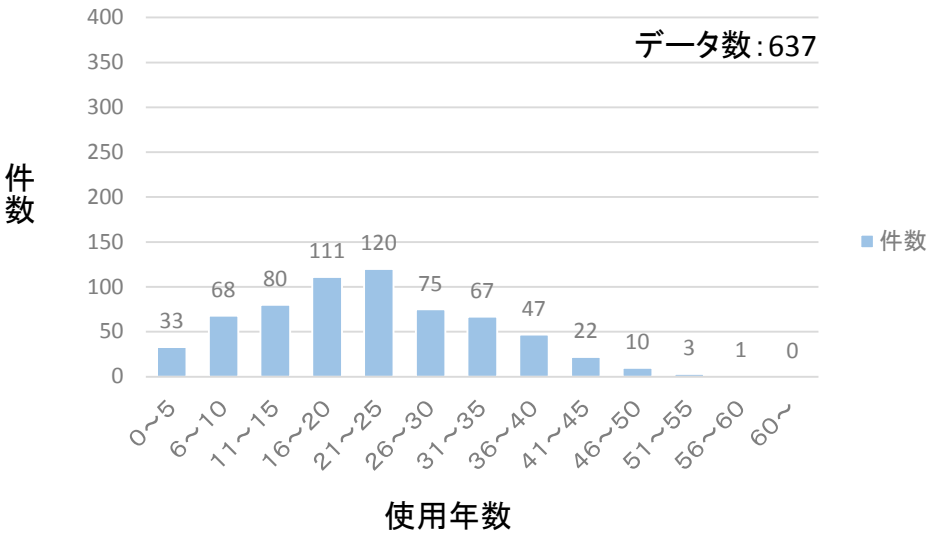
（重大事故に係る機器等の内訳（H1～H29））



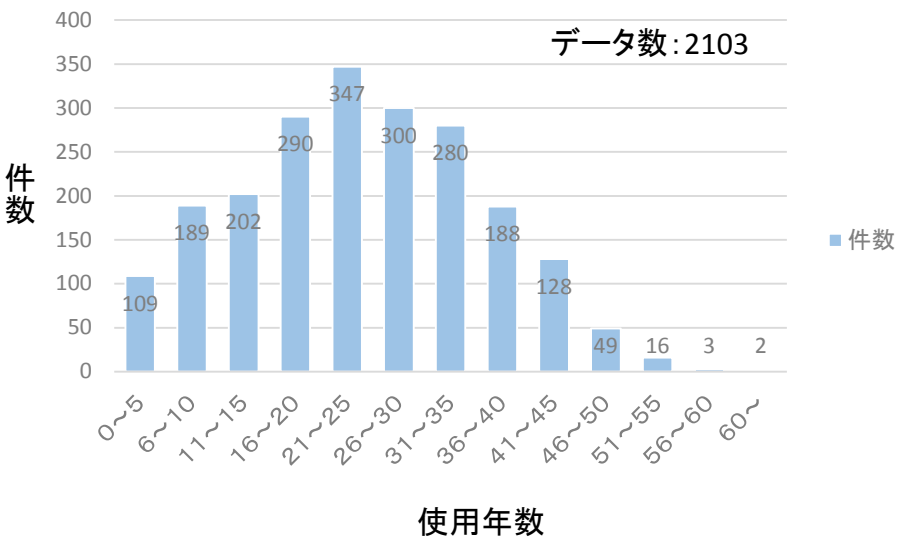
（事故に係る機器等の内訳（全数）（H1～H29））※再掲



（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））



（事故に係る機器等の使用年数（全数）（H1～H29））

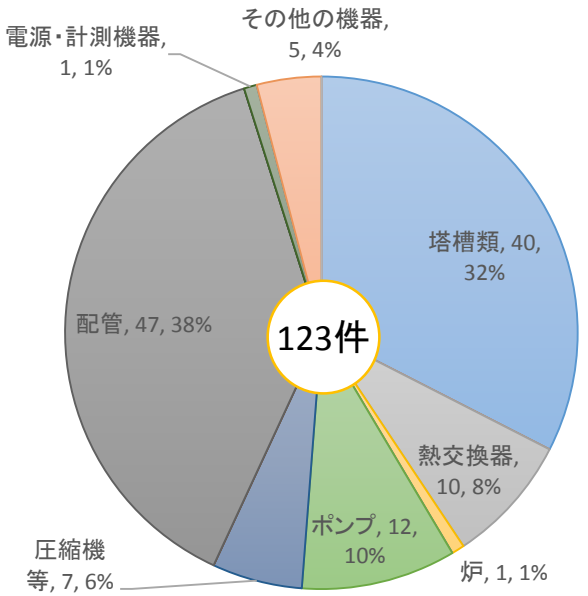


2　重大事故等に係る分析（流出事故）④　製造所

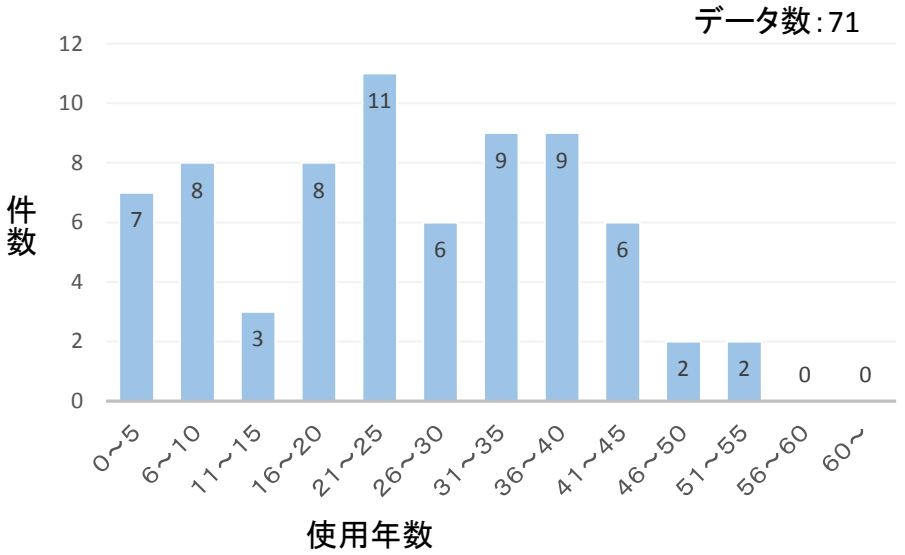
（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））

重大事故に係る機器等	発生箇所	使用年数
塔槽類　3件	配管　（1） 塔槽類本体（1） その他　（1）	―
熱交換器　1件	機器等本体	
ポンプ　2件	フィルター等 その他	16年
圧縮機等　1件	機器等本体	6年
配管　3件	配管　（2） パッキング（1）	20年、20年 39年
その他の機器2件	機器等本体(2)	―

（事故に係る機器等の内訳（H1～H29））

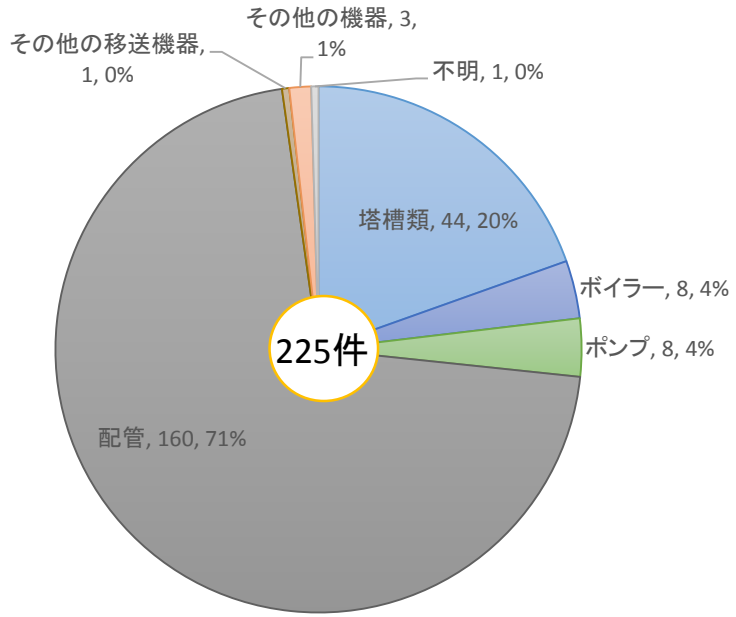


（事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））

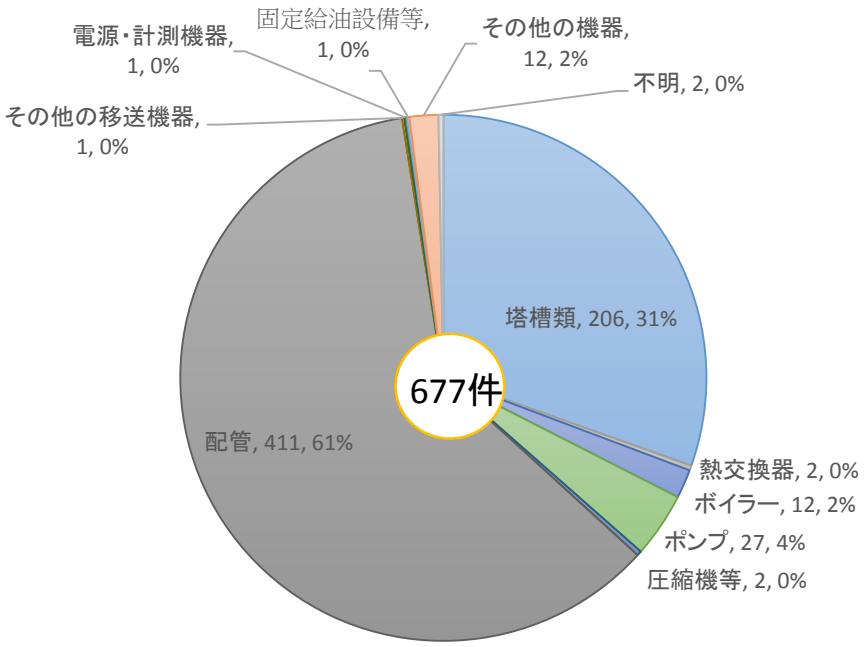


２　重大事故等に係る分析（流出事故）⑤　屋外タンク貯蔵所

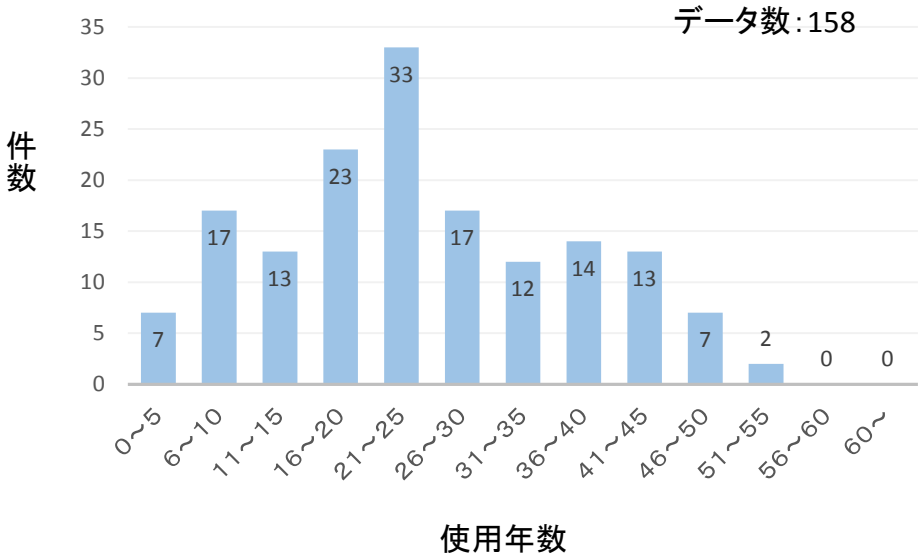
（重大事故に係る機器等の内訳（H1～H29））



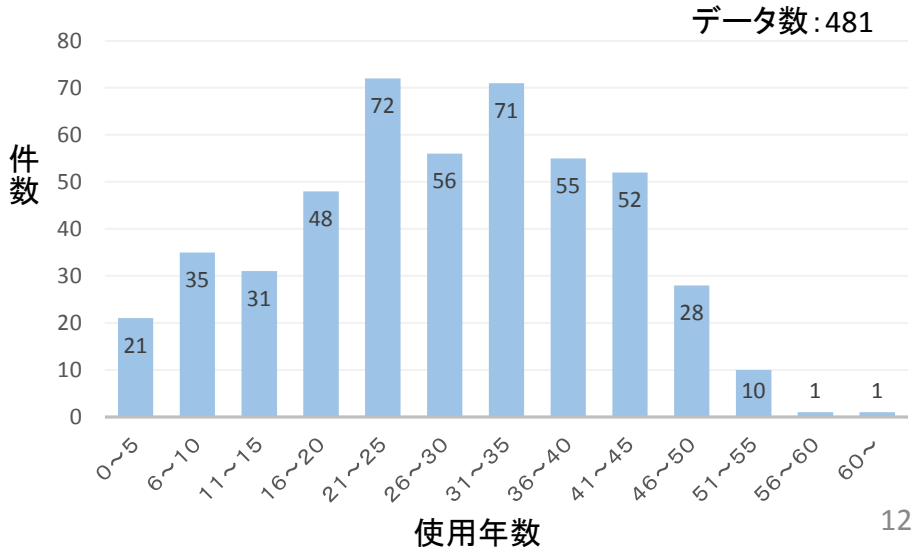
（事故に係る機器等の内訳（全数）（H1～H29））



（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））

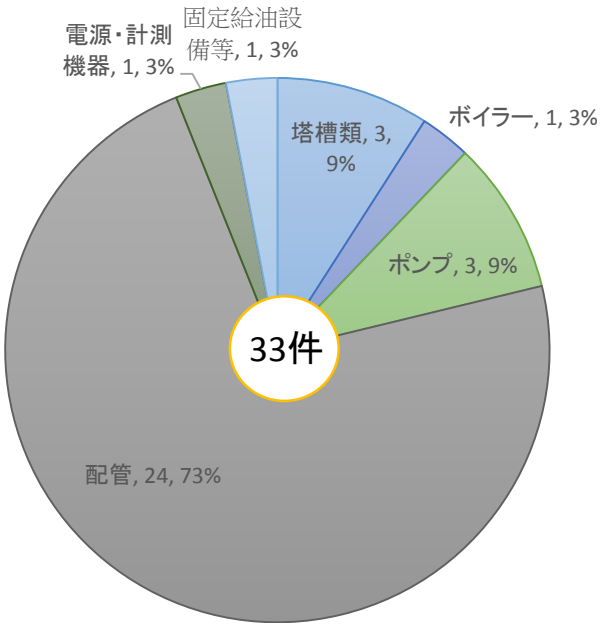


（事故に係る機器等の使用年数（全数）（H1～H29））

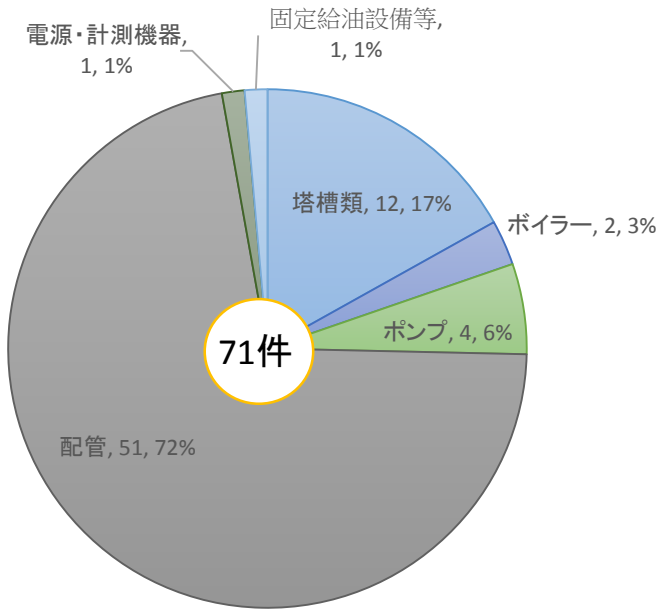


２　重大事故等に係る分析（流出事故）⑥　屋内タンク貯蔵所

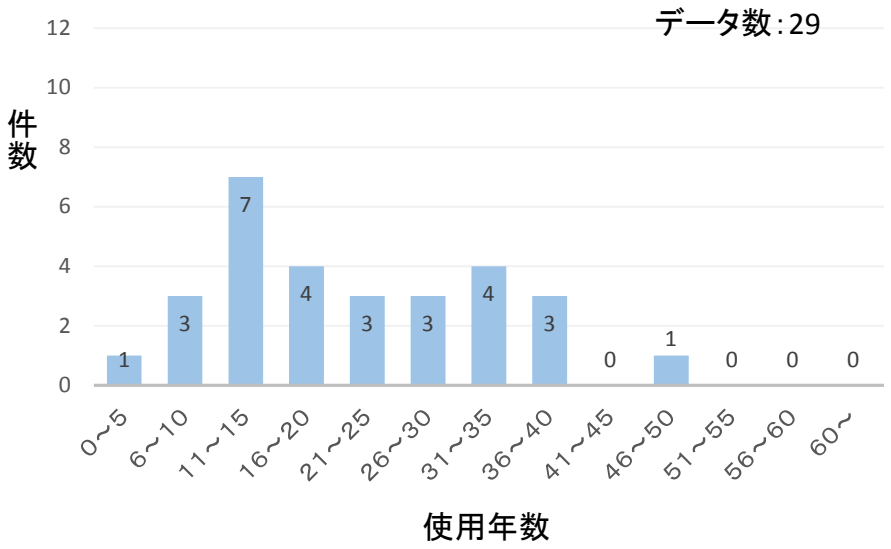
（重大事故に係る機器等の内訳（H1～H29））



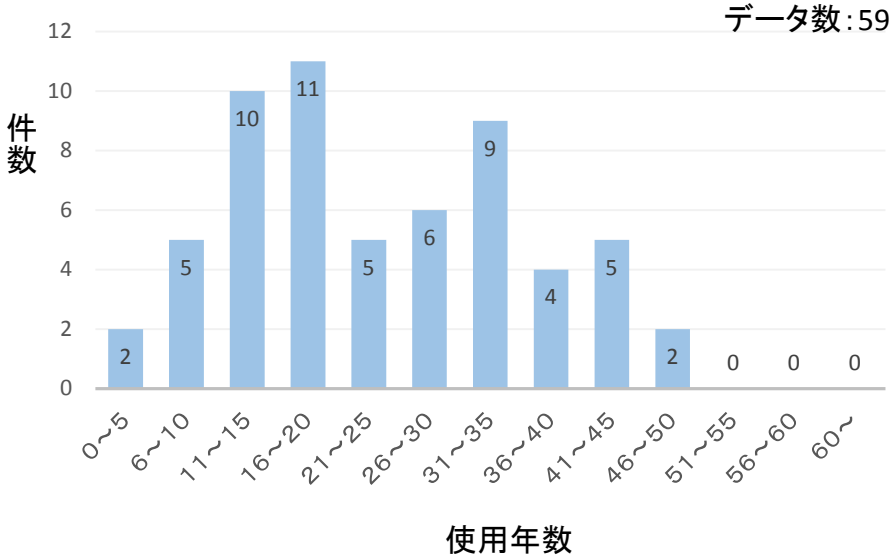
（事故に係る機器等の内訳（全数）（H1～H29））



（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））

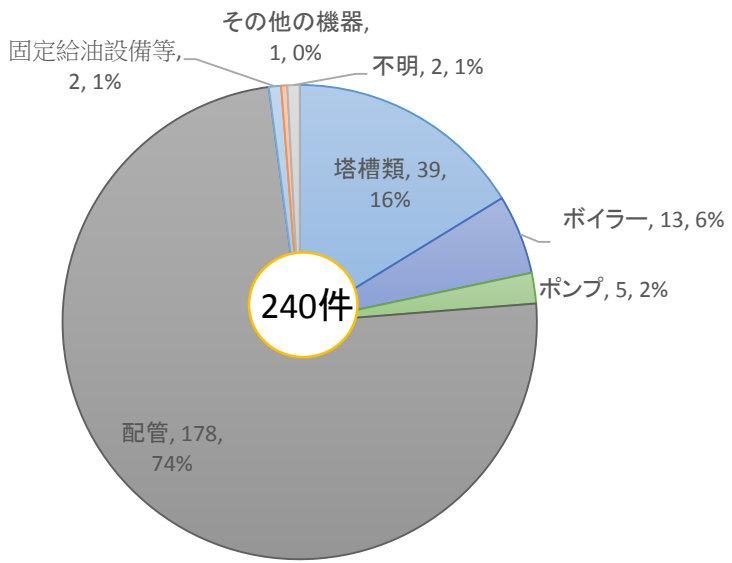


（事故に係る機器等の使用年数の内訳（全数）（H1～H29））

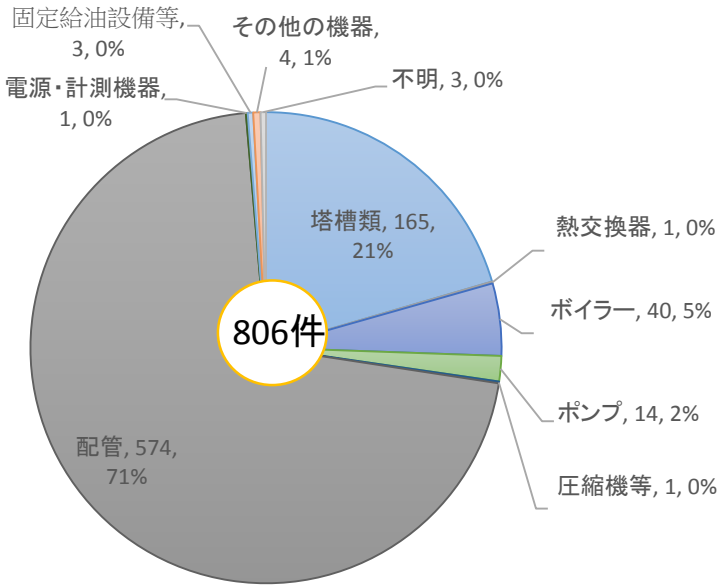


２　重大事故等に係る分析（流出事故）⑦　地下タンク貯蔵所

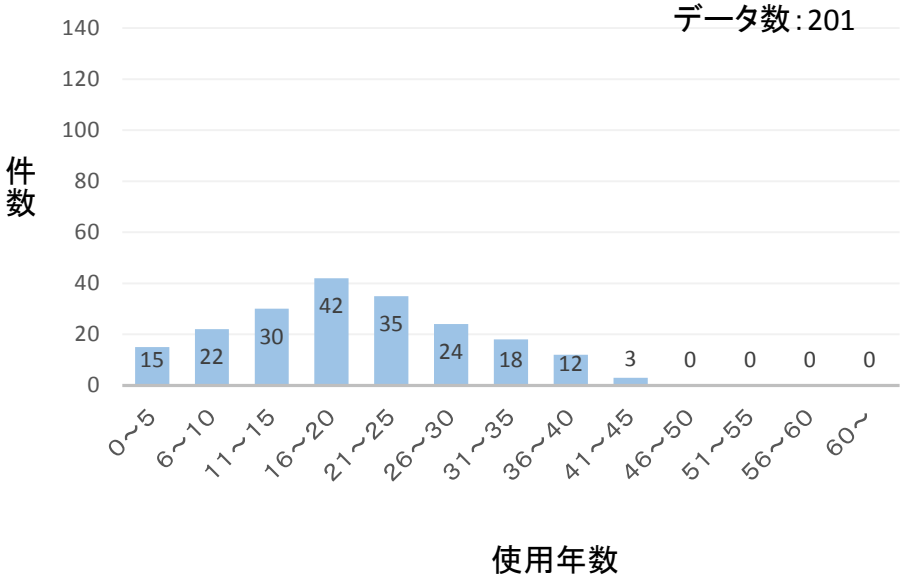
（重大事故に係る機器等の内訳（H1～H29））



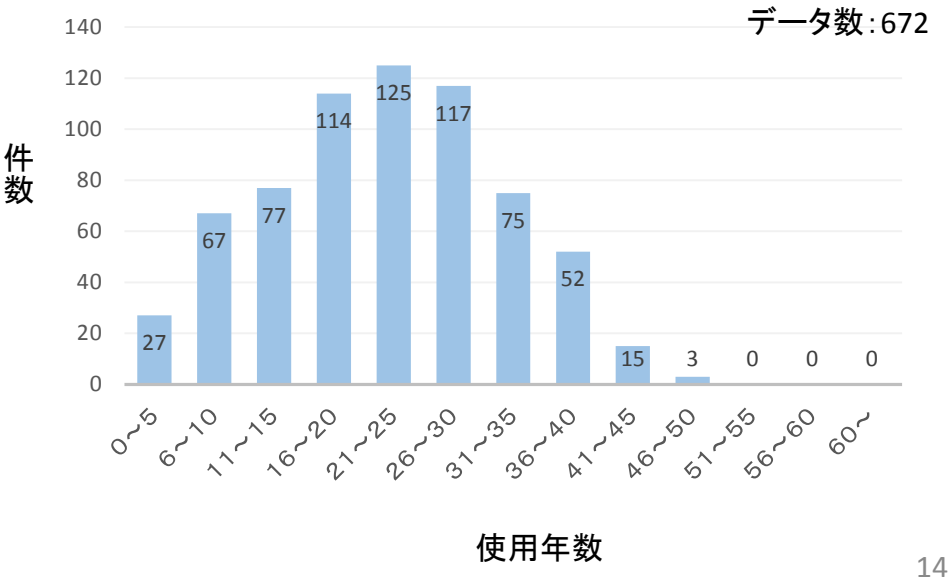
（事故に係る機器等の内訳（全数）（H1～H29））



（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））

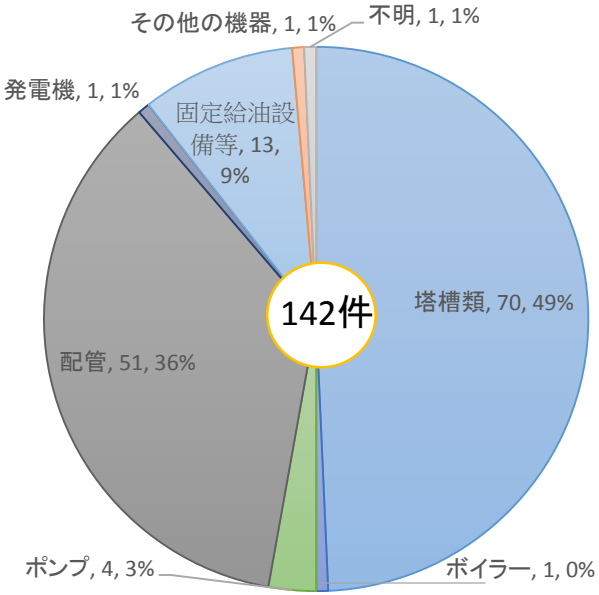


（事故に係る機器等の使用年数（全数）（H1～H29））

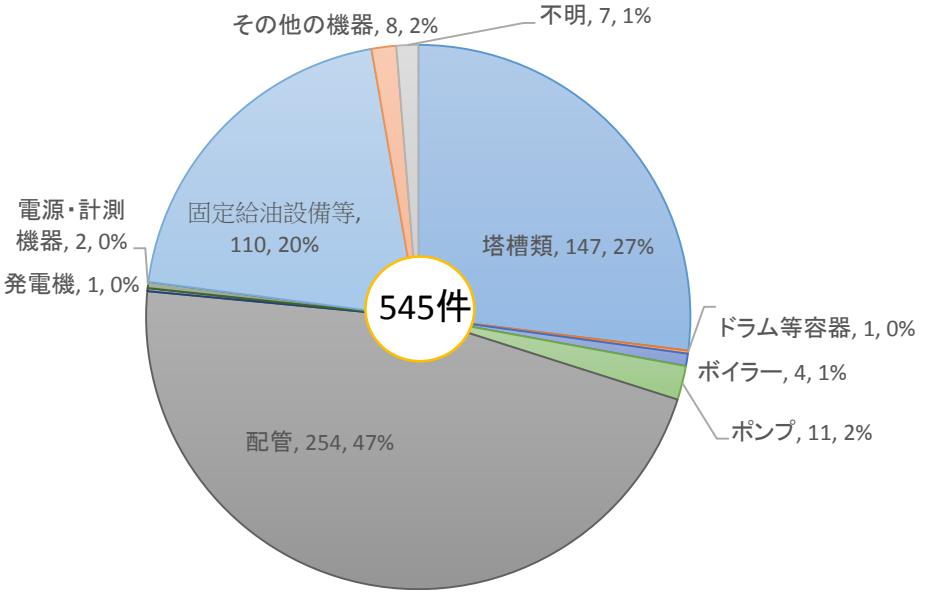


2　重大事故等に係る分析（流出事故）⑧　給油取扱所

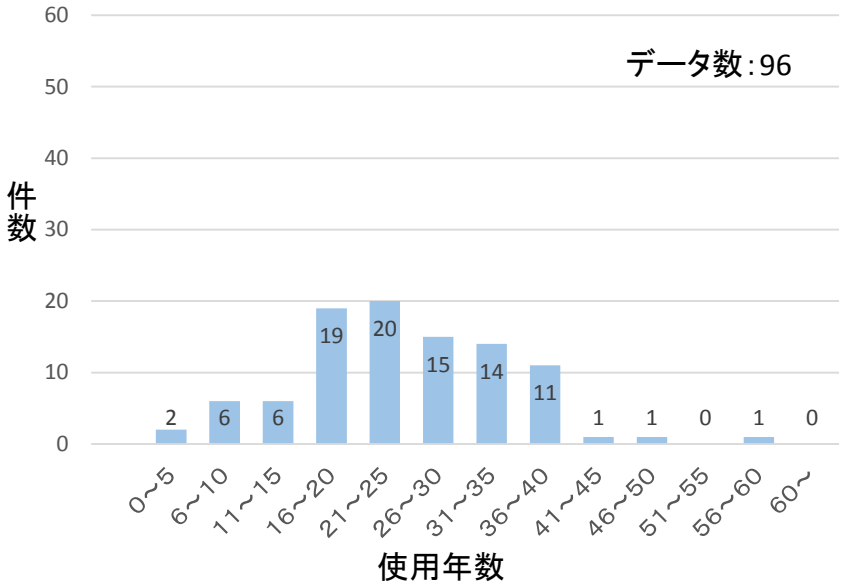
（重大事故に係る機器等の内訳（H1～H29））



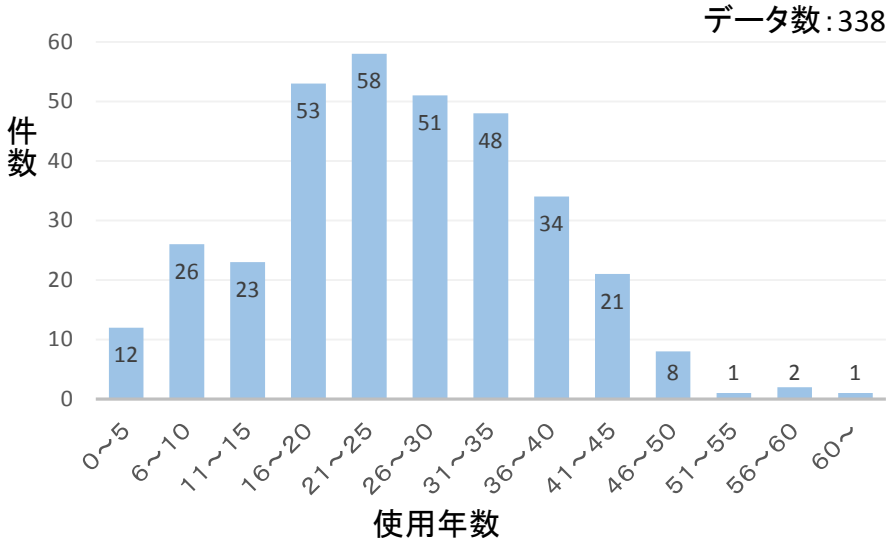
（事故に係る機器等の内訳（全数）（H1～H29））



（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））

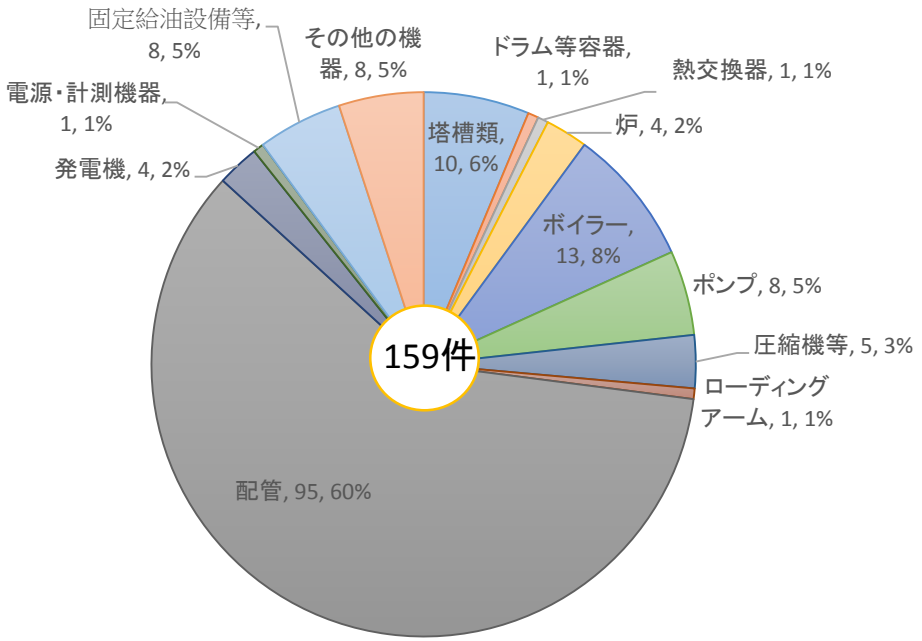


（事故に係る機器等の使用年数（全数）（H1～H29））

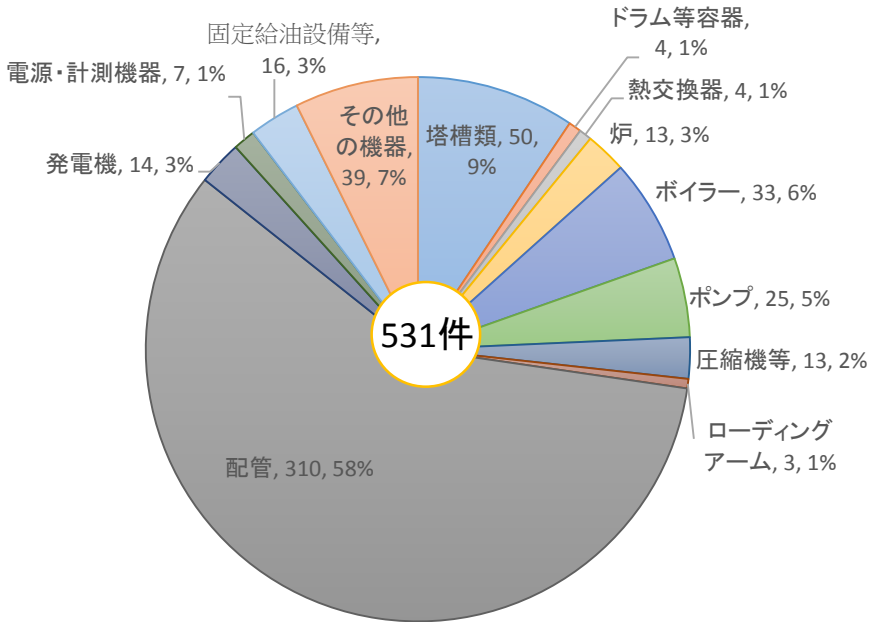


2　重大事故等に係る分析（流出事故）⑨　一般取扱所

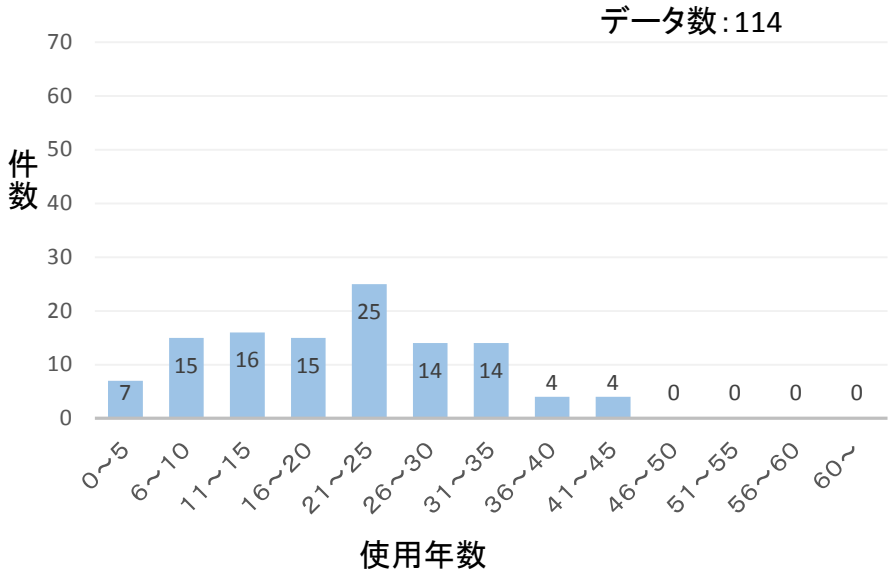
（重大事故に係る機器等の内訳（H1～H29））



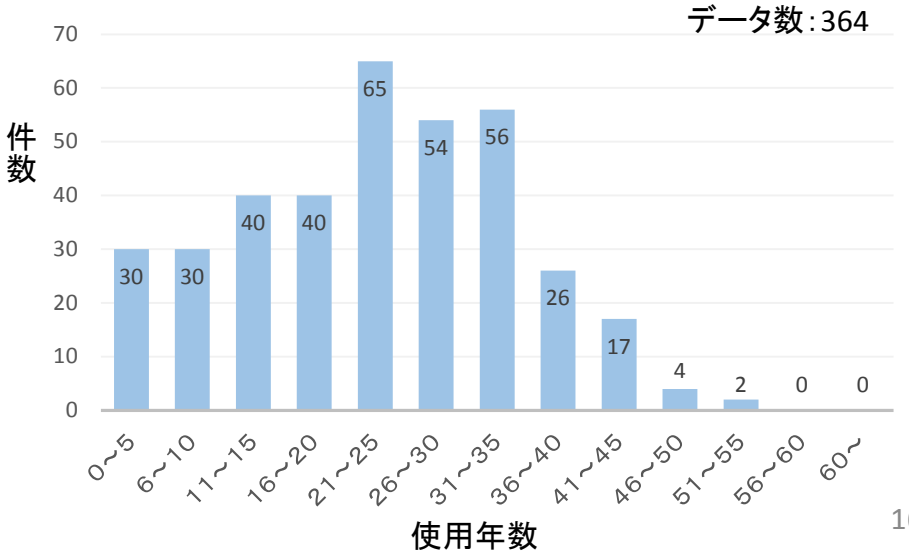
（事故に係る機器等の内訳（全数）（H1～H29））



（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））

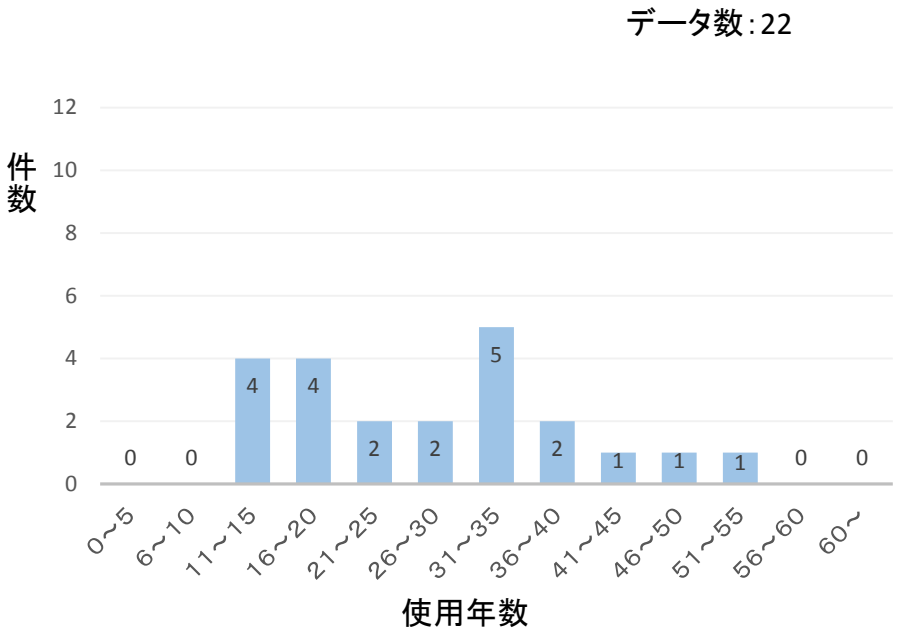


（事故に係る機器等の使用年数（全数）（H1～H29））

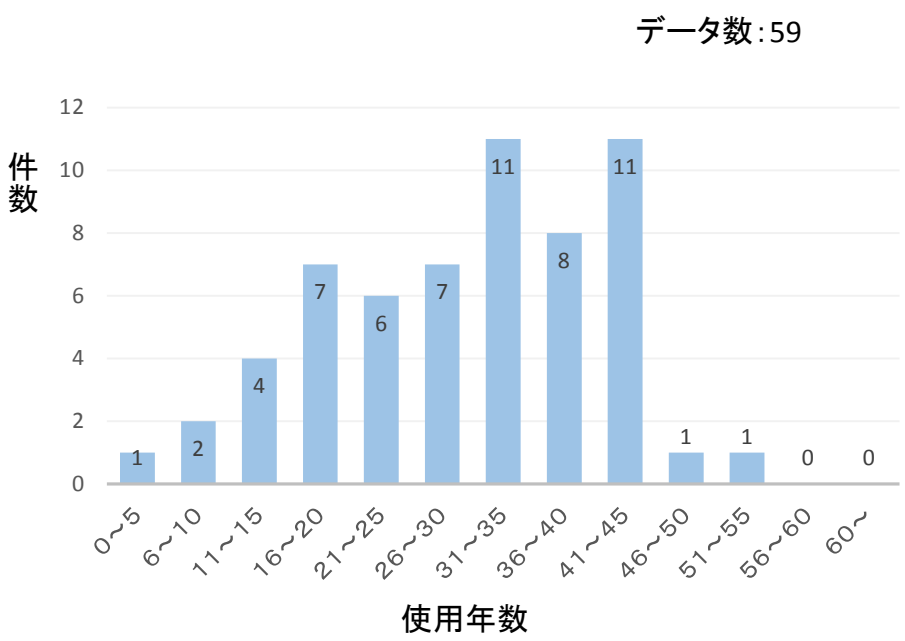


２　重大事故等に係る分析（流出事故）⑩　移送取扱所

（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））



（事故に係る機器等の使用年数（全数）（H1～H29））



（重大事故に係る機器等の使用年数（H1～H29））

【移動タンク貯蔵所】

発生箇所	使用年数
配管　8件	5年、10年、11年、14年、18年、25年
ホース　6件	6年、7年、14年
ノズル　1件	11年
パッキング　1件	10年
軸受　1件	22年
マンホール等　1件	－

資料１－４

危険物施設における定期点検に関する調査の概要

１　平成 30 年度長期使用に係る調査分析業務の概要

消防法第 12 条第１項により製造所等の所有者、管理者又は占有者には、当該製造所等の位置、構造及び設備の技術上の基準（消防法第 10 条第４項）を維持する義務が課せられており、さらに、危険物の規制に関する政令で定める製造所等の所有者、管理者又は占有者には、定期点検を実施し、その点検記録の作成・保存が義務づけられている。

定期点検において実施することとされている各点検項目の点検方法については、「製造所等の定期点検に関する指導指針の整備について」（平成３年５月 29 日付け消防危第 48 号。以下「48 号通知」という。）で示されているところであるが、48 号通知に基づく方法で点検した際の判定方法など、その詳細については、示されていない。

本調査では、定期点検を効果的に行うことができるよう、実際に危険物施設の維持管理を行っている事業者のノウハウ等を調査した。

（１）調査対象事業所等

ア　調査対象機器

平成元年から平成 29 年の間に危険物施設での事故が発生した機器等の中で、特に事故件数が多い配管及び塔槽類を主な調査対象とした（危険物施設の事故統計の詳細は資料１－３参照）。

イ　調査対象危険物施設

上記アで調査対象とした配管及び塔槽類が設置されている危険物施設で、かつ、事故統計から事故件数が多い製造所、一般取扱所及び屋外タンク貯蔵所を主な調査対象とした。

ウ　調査対象事業所

上記イで調査対象とした一般取扱所、製造所及び屋外タンク貯蔵所を保有する事業所のうち、石油精製・石油化学、電力・ガス等の分野において、IoT・ビッグデータ等を活用した産業保安のスマート化を先行的に取り組んでいる事業所（「スマート保安先行事例集（平成 29 年経済産業省作成）から選定」（参考資料３参照））を中心に、業態、地域などを考慮した上で、８事業所を選定した（表１）。

また、一般社団法人日本化学工業協会で、会員企業の中から、維持管理において優良な取組をしている４事業所を調査した（表２）。

（２）調査方法

表１の８事業所に対してはヒアリングによる調査、表２の４事業所に対してはアンケート（参考資料４参照）による調査を実施した。

表１　ヒアリング調査対象事業所

業態		地域	操業開始年	敷地面積（概数）	従業員数（概数）	危険物施設数
石油製品製造業	A	関東	1968 年	120 万㎡	640 人	235 施設
	B	関東	1960 年	200 万㎡	800 人	59 施設
化学工業	C	関東	1928 年	35 万㎡	650 人	25 施設
	D	関東	1962 年	50 万㎡	750 人	119 施設
	E	中国	1965 年	140 万㎡	1,100 人	236 施設
電気業	F	近畿	2004 年	100 万㎡	630 人	7 施設
倉庫業（石油備蓄）	G	九州	1972 年	200 万㎡	110 人	89 施設
鉄鋼業	H	九州	1901 年	950 万㎡	11,000 人	146 施設

表２　アンケート調査対象事業所

業態		地域	操業開始年	敷地面積（概数）	従業員数（概数）	危険物施設数
化学工業	I	関東	1969 年	5 万㎡	70 名	3 施設
	J	北陸	1918 年	95 万㎡	490 人	139 施設
	K	近畿	1960 年	23 万㎡	740 人	53 施設
	L	中国	1967 年	6 万㎡	320 人	4 施設

（３）調査内容

主な調査内容は、次のとおり。

○　日常点検や定期点検等に係る目視点検の要領・マニュアル
○　維持管理の参考としている規格
○　目視以外で実施している点検方法
○　設備、機器等の更新の時期や目安
○　点検現場での記録方法
○　使用している定期点検記録表の様式
○　定期点検記録表に対するニーズ　等

２　事業所に対する調査結果

12 事業所（A～L）に対して実施したヒアリング・アンケート調査の結果を示す。

（１）日常点検や定期点検等に係る目視点検の要領・マニュアル等

各事業所では、日常点検や定期点検等のための自社独自の目視点検の要領・マニュアル等を作成している。各事業所から提供された主なマニュアル等を表３のとおり紹介する（詳細は資料１－５参照）。

表３　目視点検のマニュアル等

業態	マニュアル等名	概要	資料 １－５
石油製品製造業	日常点検　機器点検要領	配管、ポンプ、塔・槽などの機器ごとに点検要領が定められている。	別紙１
	外面腐食事例集	外面腐食が起きやすい構造が図面で解説されている、外面腐食が疑われる場合は、該当する事例を参考に「外面腐食シート」にリストアップする。	別紙２
化学工業	配管目視検査指針	点検箇所（本体、弁、断熱、サポート、フランジ、ガスケット、ボルトナット）ごとにポイントや判定ランク（A～E）について、写真（腐食事例）を用いて解説されている。	別紙３
	危険物施設検査要領	危険物施設ごとに、位置、構造、設備の基準の内容、点検の着眼点・方法が定められている。	別紙４
	外面腐食検査の取組みについて	各プラントを細分化し、ブロック単位で塗装劣化状態を管理。塗装劣化判定基準により、塗装劣化状態の評価を行う。	別紙５
	自主検査周期設定表	施設ごとに、検査対象装置等と適用法定区分、検査項目、検査周期が表でまとめられている。	別紙６
	外観目視検査員認定制度	機器及び配管等の外観目視検査における「検査精度の標準化、維持向上」と「外面腐食の未然防止（断熱不良箇所の早期検出）」を目的とし、認定された検査員が外観目視検査員として、外観目視検査を実施している。	別紙７
	目視検査基準（付図）	機器・配管について内部・外部ごとに、危険箇所等が図や写真を用いて示されている。	別紙８
電気業	機器点検箇所	機器ごとに点検箇所、着眼点が定められている。	別紙９
倉庫業	配管、ポンプ設備点検項目	日常点検で実施する配管、ポンプ設備の点検項目が定められている。	別紙 10
	タンク月例点検結果	タンクの毎月点検で、屋根部、側板部、ヤード内に分けて、それぞれの点検箇所が定められている。	別紙 11

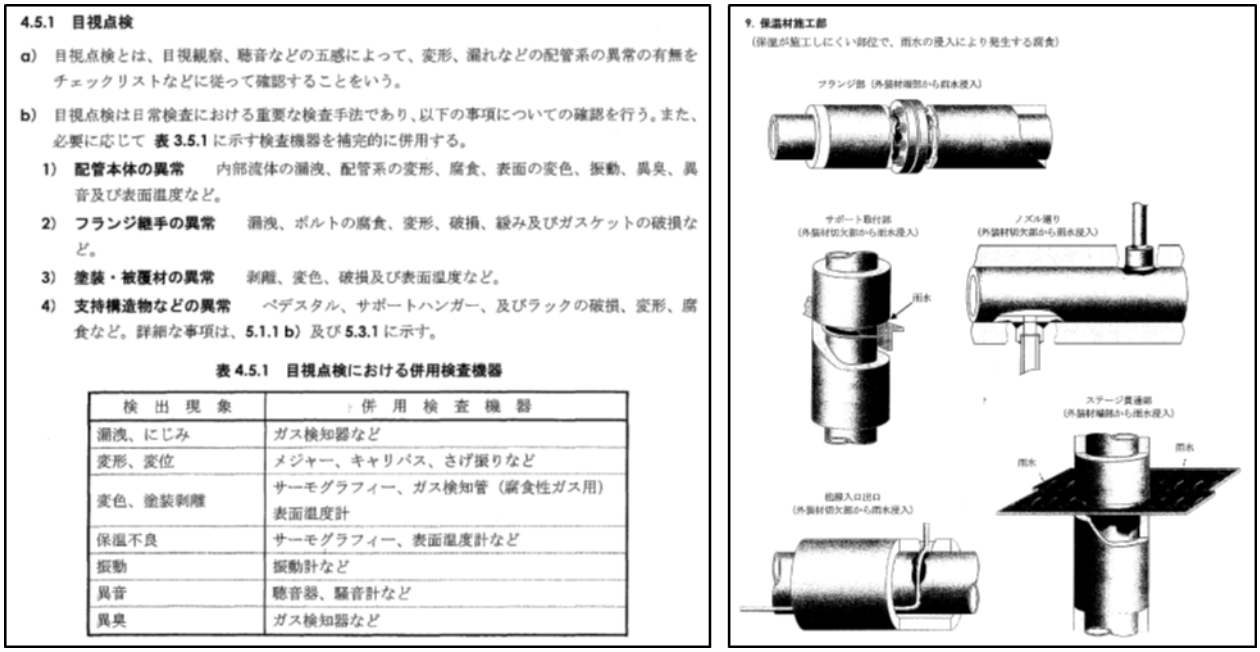
（２）目視点検の要領・マニュアル等の作成や点検の際に参考としている規格等

調査の結果、次の規格等が挙げられた。

ア　公益社団法人　石油学会（JPI）の維持規格

この規格は、石油精製事業所が自らの事業所において適切な設備の維持管理を行うことにより、その事業所の安全操業を実現し、かつ、それを継続することに資する目的で作成されたものである。

・JPI-8S-1-2014（配管維持規格）→　抜粋を図１に示す。
・JPI-8S-2-2016（設備維持規格）
・JPI-8S-3-2014（回転機維持規格
・JPI-8S-4-2015（電気設備維持規格）
・JPI-8S-5-2017（計装設備維持規格）
・JPI-8S-6-2015（屋外貯蔵タンク維持規格）



4.5.1　目視点検

a)　目視点検とは、目視観察、聴音などの五感によって、変形、漏れなどの配管系の異常の有無をチェックリストなどに従って確認することをいう。

b)　目視点検は日常検査における重要な検査手法であり、以下の事項についての確認を行う。また、必要に応じて **表 3.5.1** に示す検査機器を補完的に併用する。

1)　**配管本体の異常**　内部流体の漏洩、配管系の変形、腐食、表面の変色、振動、異臭、異音及び表面温度など。

2)　**フランジ継手の異常**　漏洩、ボルトの腐食、変形、破損、緩み及びガスケットの破損など。

3)　**塗装・被覆材の異常**　剥離、変色、破損及び表面温度など。

4)　**支持構造物などの異常**　ペデスタル、サポートハンガー、及びラックの破損、変形、腐食など。詳細な事項は、**5.1.1 b)** 及び **5.3.1** に示す。

表 4.5.1　目視点検における併用検査機器

検出現象	併用検査機器
漏洩、にじみ	ガス検知器など
変形、変位	メジャー、キャリパス、さげ振りなど
変色、塗装剥離	サーモグラフィー、ガス検知管（腐食性ガス用） 表面温度計
保温不良	サーモグラフィー、表面温度計など
振動	振動計など
異音	聴音器、騒音計など
異臭	ガス検知器など

図１　JPI-8S-1-2014（配管維持規格）の抜粋
目視点検（左）と附属書 A（腐食・エロージョンが起こりやすい箇所）（右）

イ　高圧ガス保安協会（KHK）の保安検査基準

高圧ガス保安法第 35 条の保安検査について適用するものである。

・KHKS0850-1（2017）

保安検査基準（一般高圧ガス保安規則関係（スタンド及びコールド・エバポレータ関係を除く。））

検査項目及び検査方法が示され、目視検査の参考として、JPI-8S-1（附属書 A：**図１**参照）が添付されている。

（３）目視以外で実施している点検方法等

ア　非破壊検査（UT、MT、PT、RT 等）

・目視検査の結果、腐食等の異常が認められた場合に、要領やマニュアル等に基づき、その対象部位に応じた適切な非破壊検査を適用している。

・リスク評価により、計画的に非破壊検査を適用している。

・重要なプロセス配管や塔槽類等については、腐食形態ごとに非破壊検査方法を定めている。

イ　点検ハンマー

日常点検や定期点検時に、点検ハンマーで、フランジ、ボルト等の緩みがないか確認している。

（4）設備、機器等の更新の時期や目安等

・余寿命管理できる設備は、余寿命に基づき更新時期を決定している。

・設備、機器によっては、運転時間や過去の実績などから大まかに更新時期を決めているものもあるが、基本的には点検結果により更新の有無を判断している。

・計装や回転機器については、運転時間などメーカー側で示している更新の目安を考慮するが、基本的には、点検結果により更新の有無を判断している。

・計装機器は信頼性と保安性を確保するため、重要なものは例規で更新時期を定めている。

・回転機の主要部品であるローターやライナー等については、更新基準を例規に定めている。ただし、コンプレッサーについてはメーカー推奨の更新基準を優先している。

（5）点検現場での記録方法

点検現場でタブレットを導入している事業所は 12 事業所中５事業所である。主な内容は次のとおり。

・運転部門で実施している日常点検（パトロール）では、防爆型のタブレットを使用し、液面レベルや圧力などの運転データ入力や、必要に応じて動画撮影を実施している。タブレットでは作業手順書も確認することができる。

・昨年から高圧ガス施設の一部でタブレットを導入している。肉厚測定値がタブレットに自動入力され、効率的なデータ整理が可能となった。今後は、危険物施設の点検においてもタブレットの導入を検討している。

・高圧ガス施設においては、タブレットを導入している。高圧ガスは自主保安の中で、年１回必ず点検することになっている。

・日常点検ではタブレットを使用し、ポンプの圧力や、液面レベルなどを記録している。腐食などの不具合を見つけた場合には、写真等で記録を残している。タブレットは非防爆なので、ガス検知器を携行している。

・タブレットの導入については、防爆仕様の問題など課題が多い。

（6）定期点検記録表

ア　使用している定期点検記録表の様式

12 事業所のうち、9 事業所が 48 号通知の定期点検記録表をそのまま使用し、3 事業所については、自社の施設や設備の実態に合わせたものを作成し、使用している（資料１－５　別紙 12 参照)。

イ　定期点検の実態

・日常点検結果も踏まえながら、1 年以内に 1 回、48 号通知の定期点検記録表により総点検をしている。

・日常点検などで異常が見つかれればその都度補修等を行うので、この点検記録表に「×」が付くことはほとんどない。

・定期点検は設備目線で静的な点検、日常点検は運転目線で動的な点検というイメージで、視点は違う。

・日常点検に比べると、定期点検はあまり変化のない防油堤や基礎なども含めて点検するため、点検範囲は広くなり、点検視点も異なり、じっくりと見ていくというイメージである。

・日常点検での補修記録や点検周期はシステムに登録され、その情報を踏まえて定期点検を実施している。

ウ　定期点検記録表に関するニーズ等

・日常点検では、消防法や高圧ガス保安法など法律ごとに分けて実施していないが、消防法だけでまとめられている点検表は 1 種類しかない。

・許可施設ごとの点検記録表となっており、例えば蒸留精製設備には、同種類の複数の装置が設置されているため、定期点検時にすべての装置の項目を確認するのが大変である。項目によっては、日々の日常点検結果で異常のないものは、その結果をもって、定期点検結果を「○」としているものもある。

・日常点検等では各種チェックリストにより詳細な点検を実施しているので、定期点検の記録は「独自様式の点検記録表」も選択できるようにして欲しい。

・毎日点検しなければならないもの、週、月、年単位でよいものが混在しているので、その辺りが整理されると使い易い点検表になるのではないかと思う。

・48 号通知の点検記録フォーマットを活用して定期自主点検を実施しているが、施設数が多く(特に屋外タンク貯蔵所)、苦慮している。許可施設毎の記録ではなく、保安監督者単位(各部署毎)の施設区分毎の様式にできないか検討をお願いしたい。

・目視点検等の方法については、他者の優良な取組事例を参考にしたい。他社の取組事例を共有化できる仕組みができないか。

エ　定期点検に関する参考文献

定期点検に関する参考文献としては、一般財団法人全国危険物安全協会で発行している「定期点検指導マニュアル」がある。

定期点検記録表の点検項目ごとに、根拠条文や、点検内容、点検方法が解説（図２）されており、消防職員向けのマニュアルであるが、事業所にとっても、参考となるマニュアルであると考える。


【漏えいの有無】
■配管からの漏えいがないか目視で確認する。
■埋設配管の漏えいの有無については、「地下貯蔵タンク等及び移動貯蔵タンクの漏れの点検に係る運用上の指針について」に基づく点検結果を確認する。
■漏えいが認められる場合には、「否」とする。
■漏えいが認められる場合には、原因を確認し復旧するよう指導する。

【変形、損傷の有無】
■配管に変形、損傷がないか目視で確認する。
■変形、損傷が認められる場合には、「否」とする。
■変形、損傷が認められる場合には、補修若しくは取り替えるよう指導する。

【塗装状況及び腐食の有無】
■配管に塗装のふくれ、剥がれ、変色、腐食がないか目視で確認する。
■塗装のふくれ、剥がれ、変色、腐食が認められる場合には、「否」とする。
■腐食が認められる場合には、補修若しくは取り替えるよう指導する。
■著しい腐食が認められる場合には、超音波厚さ計等の計器による肉厚測定を実施するよう指導する。
■肉厚測定の結果、判定基準値を満たさないと認められる場合には、原因を確認し復旧するよう指導する。

【地盤面との離隔状況】
■配管が地盤面から離隔されているか目視で確認する。
■地盤面からの離隔がないと認められる場合には、「否」とする。
■地盤面からの離隔がないと認められる場合には、適切な位置に離隔するよう指導する。

図２　定期点検指導マニュアル（一般財団法人全国危険物安全協会）
点検項目「配管（可撓部を含む）」から抜粋

３　危険物施設における定期点検要領の提案

「２　事業所に対する調査結果」を踏まえて、危険物施設における定期点検の要領について提案する。

（１）定期点検記録表の様式

定期点検記録表の様式については、48 号通知により危険物施設の区分ごとに示されている。

ア　追加が必要と考える点検内容

配管の点検について、48 号通知の定期点検記録表と、事業所が自主的に行っている

点検内容を比較すると、48 号通知の定期点検記録表には、保温材付き配管の点検に関する記載がない。

一方で、塔槽類関係の本体部の点検内容には、「保温材」の記載がされているので、配管の点検内容にも同様に記載する必要があると考える。

なお、今回調査した事業所では、保温材下の配管については外面腐食（CUI）のおそれが非常に高いとの認識から、特に注意を払って点検を実施している。

以上を踏まえ、配管の「保温材」に係る定期点検記録表の挿入イメージを表４に示す（朱書きが追加部分）。

表４　定期点検記録表の挿入イメージ

点検項目	点検内容	点検方法	点検結果	措置年月日及び措置内容
配管（可撓部含む。）	漏えいの有無	目視又は埋設配管にあっては＊注１		
	変形、損傷の有無	目視		
	塗装状況及び腐食の有無	目視（著しい腐蝕が認められた箇所は、計器による肉厚測定）		
	保温（冷）材の損傷、脱落等の有無	目視＊注４		
	地盤面との離隔状況	目視		

注１～３は省略

注４　保温（冷）材の損傷、脱落等が認められた場合には、保温（冷）下の配管が腐食しているおそれがあることから、保温（冷）材を外して点検することが望ましい。

イ　事業所の各危険物施設の実態に合せた定期点検記録表

今回調査した事業所の中には、48 号通知の定期点検記録表をベースとして、管轄消防機関と協議しながら、自社の実態に合わせた定期点検記録表を作成している事業所があった。該当のない点検項目を削除するとともに、各設備、機器には実際の名称を記載するなど、分かりやすい点検記録表になっている。

また、消防法令では、「定期点検を１年に１回以上行うこと」とされているが、各事業所とも日常点検等で細かく点検しており、直近の日常点検の結果を、定期点検記録表に転記するケースがあるなど、記録作業の重複が見受けられた。

さらに、事業所からの定期点検記録表に関するニーズ等で「日常点検等では各種チェックリストにより詳細な点検を実施しているので、定期点検の記録は「独自様式の点検記録表」も選択できるようにして欲しい。」というニーズもあったことから、48 号定期点検記録表は事業所の実態に合わせることで、より実効性のある点検が期待できるものと考える。

ただし、48 号定期点検記録表は、危険物施設の維持管理をするための点検項目が網羅されているので、独自の点検記録表を使用する場合は、管轄消防機関と事業者が十分協議した上で作成する必要がある。

（２）優良な定期点検の取組をしている事業所の事例や維持管理の規格等の紹介

今回調査した事業所では、自社内の腐食事例や事故事例等を基に、それぞれ独自の点検項目や点検方法等をマニュアル化して運用している。

また、維持管理に関する規格として、「石油学会（JPI）の各維持規格」や、定期点検のマニュアルとして、「全国危険物安全協会の定期点検指導マニュアル」が、定期点検を効果的に実施する上で参考となる。

これらの優良な事業所の取組事例や維持管理規格等の中から共通事項として言える内容は、48 号通知の定期点検記録表に反映させるとともに、各取組事例等を全国の事業所に水平展開することが、実効性のある定期点検を促進する上で効果的であると考える。

資料１－５

事業所で作成している日常点検や定期点検等に係る目視点検の要領・マニュアル等

業態	マニュアル等名	概要	別紙No.
石油製品製造業	日常点検　機器点検要領	配管、ポンプ、塔・槽などの機器ごとに点検要領が定められている。	別紙１
	外面腐食事例集	外面腐食が起きやすい構造が図面で解説されている、外面腐食が疑われる場合は、該当する事例を参考に「外面腐食シート」にリストアップする。	別紙２
化学工業	配管目視検査指針	点検箇所（本体、弁、断熱、サポート、フランジ、ガスケット、ボルトナット）ごとにポイントや判定ランク（A～E）について、写真（腐食事例）を用いて解説されている。	別紙３
	危険物施設検査要領	危険物施設ごとに、位置、構造、設備の基準の内容、点検の着眼点・方法が定められている。	別紙４
	外面腐食検査の取組みについて	各プラントを細分化し、ブロック単位で塗装劣化状態を管理。塗装劣化判定基準により、塗装劣化状態の評価を行う。	別紙５
	自主検査周期設定表	施設ごとに、検査対象装置等と適用法定区分、検査項目、検査周期が表でまとめられている。	別紙６
	外観目視検査員認定制度	機器及び配管等の外観目視検査における「検査精度の標準化、維持向上」と「外面腐食の未然防止（断熱不良箇所の早期検出）」を目的とし、認定された検査員が外観目視検査員として、外観目視検査を実施している。	別紙７
	目視検査基準（付図）	機器・配管について内部・外部ごとに、危険箇所等が図や写真を用いて示されている。	別紙８
電気業	機器点検箇所	機器ごとに点検箇所、着眼点が定められている。	別紙９
倉庫業	配管、ポンプ設備点検項目	日常点検で実施する配管、ポンプ設備の点検項目が定められている。	別紙 10
	タンク月例点検結果	タンクの毎月点検で、屋根部、側板部、ヤード内に分けて、それぞれの点検箇所が定められている。	別紙 11

自社の施設や設備の実態に合わせて作成している定期点検記録表	別紙 12

別表－２

日常点検　機器点検要領

１．配管の点検要領

２．ポンプの点検要領
(1) ボリュートポンプ
(2) 多段ポンプ
(3) サンダインポンプ
(4) プランジャーポンプ
(5) ダイヤフラムポンプ
(6) ウォーシントンポンプ
(7) ギヤポンプ

３．減速機(増速機)点検要領
(1) エアフィン用
(2) コンプレッサー用
(3) 発電機用

４．駆動機の点検要領
(1) スチームタービン
(2) 復水タービン
(3) モーター
(4) ガスタービン

５．コンプレッサーの点検要領
(1) 往復動型
(2) ターボ型
(3) スクリュー型

６．Ｌ.Ｇ（レベルゲージ）の点検要領

７．Ｐ.Ｇ（圧力計）の点検要領

８．タンクの点検要領

９．塔・槽の点検要領

１０．熱交換器の点検要領

１１．加熱炉の点検要領

１２．スチームトラップの点検要領

１３．安全弁の点検要領

１４．ボイラー・第一種圧力容器点検要領

１５．重要点検個所点検要領

１６．回転機関係自主保全要領

１．配管の点検要領

(1) 配管のフランジからの漏洩はないか。（特に熱油関係）
ア．フランジ面に汚れやにじみがないか。
イ．フランジ面から煙が出ていないか。
ウ．フランジ面下に垂れた痕跡がないか。
エ．フランジ周りで臭気がしていないか。

(2) 配管本体からの漏洩はないか。
ア．表面に汚れやにじみがないか。（保温材も含む）
イ．周りに垂れた痕跡がないか。
ウ．周囲で臭気がしていないか。
エ．腐食により錆が浮き出ていないか。

(3) 配管本体に、異常音や異常振動が発生していないか。

(4) バルブからの漏洩はないか。
ア．グランドパッキンより漏洩がないか。
イ．D.C,V.C からの漏洩がないか。

(5) 保温材の脱落はないか。

(6) 配管が熱膨張により、スライダーから外れていないか。

(7) ハンガーサポートが正しく作動しているか。

(8) 配管の基礎に割れや脱落はないか。

(9) 冬期、凍結の恐れのある配管はないか。

２．ポンプ類の点検要領

(1) 渦巻きボリュートポンプ
ア．メカニカルシール、グランド、軸受部等の冷却水は適量流れているか。
イ．フラッシングオイルクーラーの詰まりはないか。(オイルの出口温度を手で触って確認する)
ウ．各軸受けのコンスタントレベルオイラーの潤滑油は十分入っているか、又汚れていないか。
エ．軸受部に異音がないか。
オ．軸受部に滞熱がないか。（手で触って、外気温度＋40℃以下であることを確認する）
カ．各部に振動が発生していないか。
キ．メカニカルシール、グランド、軸受部等からの漏洩はないか。
ク．吐出圧力は規定値であるか、またハンチングしていないか。
ケ．電流は定格以下で余裕があるか。
コ．予備機はいつでも起動出来る状態にあるか。（特に自動起動する補機）
サ．サクションストレーナーの詰まりはないか。（サクションの圧力計で確認）

(2) 多段ポンプ
ア．バランスデスクの移動がないか。
イ．他は渦巻きボリュートポンプに準じる。

(3) サンダイン・フローダインポンプ
ア．ギアボックスのオイルレベルが規定量入っているか。
（ア）サンダインはレベルゲージで50% にあること。
（イ）フローダインは、運転時にレベルゲージで50% にあること。停止時は、LG下部の孔がシールされていること。

[redacted]

イ. シールポットからのリーク量が規定内か。
（ア）潤滑油　　0.5□/Week 以下
（イ）取扱液リーク　0.5□/Week 以下
ウ. 他は渦巻きボリュートポンプに準じる。

(4) プランジャーポンプ
ア. ギアボックスのオイルレベルがレベルゲージの中央にあるか。
イ. 吐出圧力が、プランジャーの動きと同様に一定の変化（ハンチング）をしているか。
ウ. 他は渦巻きボリュートポンプに準じる。
エ. その他、点検頻度は、16-(4)薬注ポンプ基準書参照。

(5) ダイヤフラムポンプ
ア. チャンバー内のオイルレベルが規定量入っているか。
（ア）レベルゲージで50% あること。
（イ）チャンバー内に100%あること。
イ. 他は渦巻きボリュートポンプに準じる。

(6) ウォーシントンポンプ
ア. オイルルブリケーターの潤滑油のレベルは十分か。
イ. スチームチェストシリンダーへ注油されているか。
ウ. クロススタンドへ注油されているか。
エ. オイル側シリンダーのグランド部に注油されているか。
オ. オイル側シリンダーのグランド部からの漏洩はないか。
カ. スチーム側のグランド部からのリーク量は常時と同じ程度か。（常時グランドからの洩れは若干ある）
キ. 他は渦巻きボリュートポンプに準じる。

３. 減速機(増速機)の点検要領

(1) 減(増)速機ギヤボックスに異常音はないか。（ベアリング、ギヤーの磨耗等）

(2) 減(増)速機のオイルシールからの洩れはないか。

(3) エアフィンクーラーにおいては、ファンブレードの振動がないか。
ア. その他、点検頻度は、16-(5)エアフィンクーラー基準書参照。

(4) 他は渦巻きボリュートポンプに準じる。

４. 駆動機の点検要領

(1) スチームタービン
ア. 規定の回転数になっているか。（ガバナーが正常に作動しているか）
イ. 回転数がハンチングしていないか。
ウ. カーボンリング、ラビリンスからの蒸気の洩れがないか。
エ. ベアリングハウジングの潤滑油は十分か。又、汚れていないか。
オ. 軸受部に、異音・滞熱がないか。
カ. 駆動用蒸気の圧力は正常か。（15～17kg/cm²の間にあるか）
キ. 駆動用蒸気及び排気用蒸気のスチームトラップは正常に作動しているか。
ク. スペア側のタービンのトリップレバーを作動させてみて、スムーズに動くか。
ケ. 安全弁の元弁が開放されており、操作禁止札が掛けられているか。
コ. その他、点検頻度は、16-(1)スチームタービン駆動ポンプ基準書参照。

(2) 復水タービン
ア. 潤滑油は適正か。
イ. 潤滑油フィルターに差圧が出ていないか。
ウ. 規定の回転数になっているか。（ガバナーが正常に作動しているか）
エ. グランドのシール蒸気は規定の圧力になっているか。
オ. 抽気エジェクターは正常か。(真空度は規定値以内か)
カ. サージングを起こしていないか。

キ．復水器のレベルは一定で制御されているか。
ク．各軸受の温度は規定以内か。
ケ．コンデンセイトポンプの予備機は自動起動にセットされているか。

(3) モーター
ア．振動、ボルトの緩みはないか。
イ．通風状態は正常か。（モーター冷却ファンの吸引状態、ビニール等で塞がっていないか）
ウ．軸受に異音がないか。
（ア）シャー或いは松風のなびく音
（イ）カタカタ音、シャカシャカという金属音
（ウ）ローラーベアリングに出易いシャリシャリ音
上記（ウ）の状態は比較的グリース不足時、外気温が非常に低い時に生じ易い。
（エ）チッチッという音
エ．グリース注入パイプの緩みはないか。
オ．グリースの洩れはないか。
カ．その他、点検頻度は、16-(2)モーター駆動ポンプ基準書参照。

(4) ガスタービン
ア．振動、ボルトの緩みはないか
イ．潤滑油圧力、温度、レベルは適正か
ウ．潤滑油フィルターに差圧が出ていないか
エ．各軸受けの温度は適正か
オ．潤滑油の漏れ、にじみはないか
カ．ガスタービンから圧縮空気、燃焼ガスの洩れはないか
キ．燃料ガス、燃料油の洩れはないか

５．コンプレッサーの点検要領

(1) 往復動型
ア．インタークーラーの冷却水が、インタークーラー出口で40～50℃になるような流量となっているか。
イ．クランクケース内の潤滑油レベルが規定量あるか。
ウ．ルブリカントは正常に作動しているか。
エ．各段の吐出圧は規定範囲内にあるか。
オ．シリンダー部に異音（金属音）がないか。
カ．異常な振動がないか。（配管が揺れるような振動）
キ．ブリーダーベントから多量にガスが出ていないか。（設置されていない機種有り）
ク．フランジ等からの洩れはないか。
ケ．クリアランスポケットのハンドルはロックされているか。（設置されていない機種有り）
コ．その他、点検頻度は、16-(3)レシプロコンプレッサー基準書参照。

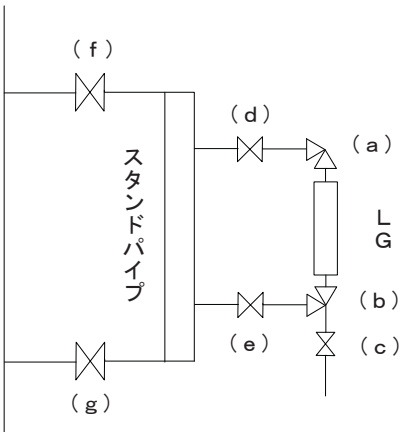
(2) ターボ型
ア．S.O,L.O のタンクレベルは50% 以上になっているか。
イ．S.O,L.O の温度は規定範囲内にあるか。
ウ．S.O,L.O のフィルターの差圧は規定以内になっているか。
エ．S.O のヘッドタンクのレベルがハンチングしていないか。
オ．各部の温度が規定以内になっているか。
カ．軸移動は規定以内になっているか。
キ．異常な振動がないか。
ク．シールガスの圧力、流量は規定範囲内にあるか。
ケ．S.O ドレンポットの溜まりが早くないか。（S.O タンクの減りが早くないか）
コ．吐出温度が異常に高くないか。
サ．フランジ等からの洩れはないか。

(3) スクリュー型
ア．油回収器のレベルは適正か
イ．異常な振動はないか
ウ．潤滑油圧力、温度は適正か

エ. 潤滑油フィルターに差圧が出ていないか
オ. フランジ等からの洩れはないか
カ. 増速機、制御油の油面は適正か
キ. 制御油圧は適正か

６．Ｌ．Ｇ（レベルゲージ）の点検要領

(1) 機器が常圧の場合
ア. (a)バルブを閉止
イ. (b)バルブを閉止
ウ. (c)バルブを極めてゆっくり開けていき、レベルゲージでレベルが低下する事を確認する
エ. 確認後、(c)バルブを閉止
オ. (a)バルブを開放、約70% 程度（全開にするとボールが引っ掛かり逆に閉止状態となる）
カ. レベルを監視しながら (b)バルブをゆっくり開けていき元のレベルの位置で停止するか確認する。
キ. 上記操作手順中、その通りにならない場合は以下の操作で不良箇所をチェックする
ク. (c)バルブを開けてもレベルが下がらない場合
（ア）(a)バルブの閉塞（この場合は少しは下がる）
（イ）(b)バルブの閉塞
（ウ）(c)バルブの閉塞
ケ. レベルが下がった後 (b)バルブを開けてもレベルが出てこない
（ア）(b)バルブの閉塞
（イ）（イ）(e)バルブの閉塞
（ウ）(g)バルブの閉塞（この場合はガスが出てくる）
コ. レベルが元より高い、βバルブを開けてもレベルが出てこない
（ア）(b)バルブの閉塞
（イ）(e)バルブの閉塞
（ウ）(g)バルブの閉塞（この場合はガスが出てくる）



(2) 機器が減圧の場合
ドレンラインを開けると、エアーが入るので特別の場合を除き操作してはならない。
ア. (a)バルブを閉止
イ. LGのレベルが下がるのを確認
ウ. (a)バルブを開け、LGのレベルが元に戻るのを確認

７．Ｐ．Ｇ（圧力計）の点検要領

(1) ガラスが汚れていないか、また割れていないか

(2) 文字盤が汚れていないか、また割れていないか

(3) 高圧ガス、一圧ボイラー関係のPGに、運転圧力（緑）、設計圧力（赤）のマークが付いているか

(4) 接続部からの洩れがないか

(5) 振動で針が異常に振れていないか

(6) 使用圧力（運転圧力）の1.5 ～ 3.0倍のレンジのPGが付いているか

８．タンクの点検要領

(1) オープンベントの金網に詰まっていないか

(2) タンクの側板に歪み、にじみ等がないか

(3) Ｍ．Ｈ等のダブリング部、テストホール及びミキサーからの洩れはないか

(4) タンクの底板から洩れはないか、腐食がないか

(5) レベルゲージは正常か（使用中のものは確認する）

(6) ヒーティングコイルがウォーターハンマーを起こしていないか

(7) シールしているタンクは、大気圧以上になっているか

９．塔槽の点検要領

(1) 各フランジからの洩れはないか（汚れ・にじみ等がないか）

(2) レベル・圧力は運転条件になっているか（レベル・圧力のハンチングがないか）

(3) 保温してある塔槽は、保温状態の不良個所がないか

(4) 外面腐食が著しい個所はないか

(5) 手摺、プラットフォームは健全であるか

(6) 通常と違うことがないか
ア．液の色が違う
イ．ドレンの溜まりが早い又はすぐ無くなる
ウ．異音がする
エ．エ．差圧が大きい
オ．温度が高い又は低い

１０．熱交換器の点検要領

(1) 各フランジからの洩れはないか（汚れ・にじみ等がないか）

(2) 保温してある熱交は、保温状態の不良個所がないか

(3) 外面腐食が著しい個所はないか

(4) 差圧が大きくないか

(5) 基礎に割れがないか

(6) クーラーのWCS はミニマム値以上流れているか

(7) 熱効率が悪くないか（出口温度が通常と比べ、かなり高い又は低い）

１１．加熱炉の点検要領

(1) 配管のフランジからの漏洩はないか
ア．燃料油、燃料ガスのフランジ面から垂れた痕跡がないか
イ．　〃　　〃　　〃　　煙が出ていないか

[redacted]

ウ．燃料油、燃料ガスのフランジ面から臭気がしていないか
エ．パイロットバーナーのフレキから同様に洩れはないか

(2) 配管の詰まりはないか。
ア．バーナー元圧が低すぎないか（圧力が上がらない）
イ．燃焼時フレームが小さすぎないか

(3) 炉内の0_2は規定範囲内か

(4) 炉内の燃焼状態及びチューブは正常か
ア．フレームがチューブに当たっていないか
イ．完全燃焼をしているか（黒煙が出ていないか）
ウ．炎が息つきをしていないか
エ．チューブからの洩れはないか
オ．チューブにホットスポットが発生していないか

(5) 炉内各部の温度に異常はないか（含むチューブスキン温度）

(6) 覗き窓のガラスに割れがないか

(7) チューブに異常な振動がないか

(8) ダンパーはスムーズに作動するか

(9) 耐火材等に異常がないか

１２．スチームトラップの点検要領

(1) ディスク式トラップ
ア．吹きっ放しになっていないか（交換が必要）
イ．空打ちしていないか（集合管はベントで確認する）
ウ．殆どドレンが出ていないか
エ．本体、フランジから蒸気の洩れはないか
オ．ストレーナーキャップからの洩れはないか

(2) 温調式トラップ
ア．吹きっ放しになっていないか
イ．殆どドレンが出ていないか
ウ．本体、フランジからの洩れはないか
エ．上部キャップからの洩れはないか

(3) ミニ温調式トラップ
ア．吹きっ放しになっていないか
イ．殆どドレンが出ていないか
ウ．本体、フランジからの洩れはないか
エ．上部キャップからの洩れはないか

１３．安全弁の点検要領

(1) ＳＶの洩れはないか（ＳＶ下流を手で触れて温度差で確認する）

(2) 元バルブは全開で、操作禁止の札が掛けてあるか、又はチェーンで固定してあるか
（ＳＶの前後にブロックバルブのあるものは両方）

(3) フランジから洩れはないか

１４．ボイラー・第一種圧力容器点検要領

添付１、２の点検表に基づき各項目にある個所をそれぞれの点検方法に従い実施する。

[redacted]

１５．重要点検個所点検要領

(1) 検査報告書により余寿命の短い場所、振動測定により定点観測域の場所及びそれに準ずる場所を添付３の用紙にリストアップし計器室に表示する。

(2) リストアップされた場所にテプラテープにて重点点検箇所の表示をする。

(3) 日常巡視点検時に重要点検個所を点検する。

１６．回転機関係自主保全要領（各自主保全基準書添付）

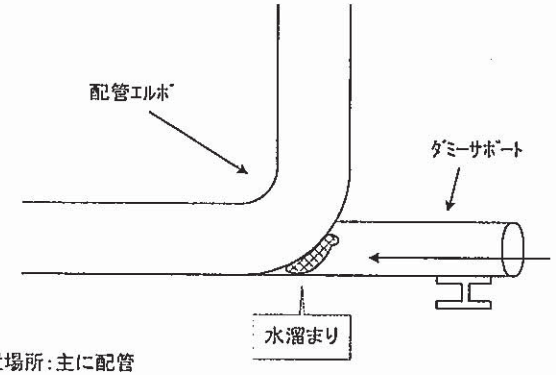
(1) スチームタービン駆動ポンプ
(2) モーター駆動ポンプ
(3) レシプロコンプレッサー
(4) 薬注ポンプ
(5) エアフィンクーラー
(6) ＡＰＨブロワー
(7) ＡＰＨ
(8) スーツブロワー
(9) サンダインポンプ
(10) ノンシールポンプ
(11) ターボコンプレッサー

点検項目、点検頻度は、各自主保全基準書に従う。

[redacted]

代表的な外面腐食発生箇所

1　ﾀﾞﾐｰｻﾎﾟｰﾄ横型　（水を保持する機構）

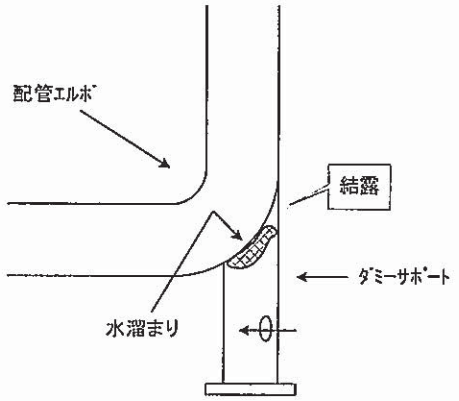


設置場所：主に配管

説明

ｻﾎﾟｰﾄ末端（通常開口している）から浸入した水がﾊﾟｲﾌﾟ表面で水溜まりになり腐食を進行させる。

2　ﾀﾞﾐｰｻﾎﾟｰﾄ縦型　（水を保持する機構）

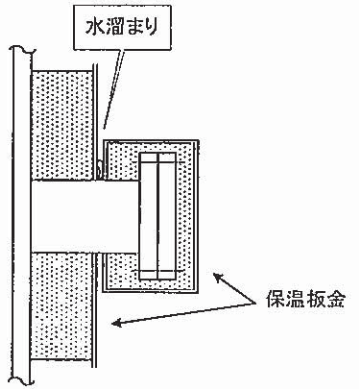


設置場所：主に配管

説明

大気中の水分がﾊﾟｲﾌﾟ表面で結露し囲われた形状がゆえに逃げ場のない水が薄膜状になり、腐食が進行すると考えられる。

3　水平管の板金隙間　（水を保持する機構）

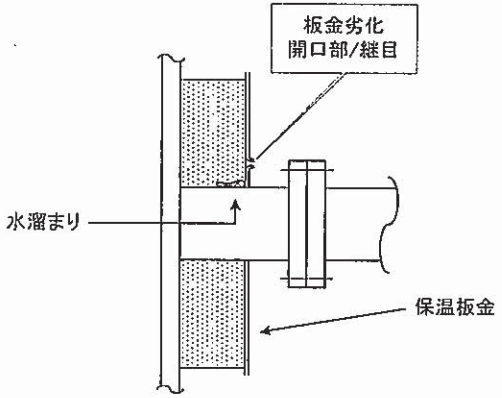


設置場所：M/H、熱交のﾁｬﾝﾈﾙｶﾊﾞｰ

説明

保温板金隙間に浸入した水がﾊﾟｲﾌﾟ表面で水溜まりになり腐食を進行させる。

4　水平枝管付近の板金開口部　（水を保持する機構）

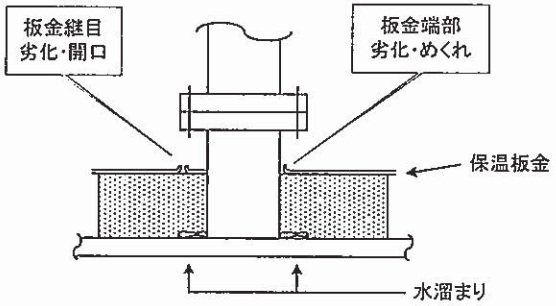


設置場所：機器ﾉｽﾞﾙ、配管小口径ﾉｽﾞﾙ

説明

保温板金劣化開口部/継目から浸入した水がﾊﾟｲﾌﾟ表面で水溜まりになり腐食を進行させる。

5　垂直枝管付近の板金開口部　（水を保持する機構）

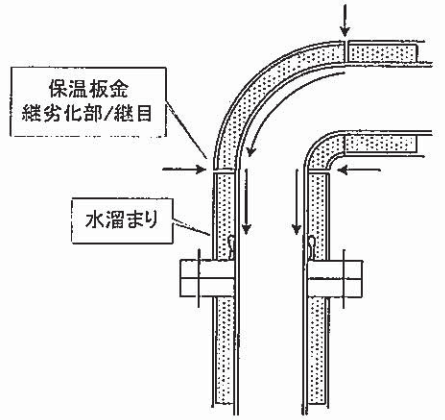


設置場所：機器ﾉｽﾞﾙ、配管小口径ﾉｽﾞﾙ

説明

保温板金劣化開口部/継目から浸入した水がﾊﾟｲﾌﾟ付近で水溜まりになり腐食を進行させる。

6　ﾌﾗﾝｼﾞ近傍　（水を保持する機構）



設置場所：機器ﾉｽﾞﾙ、垂直配管

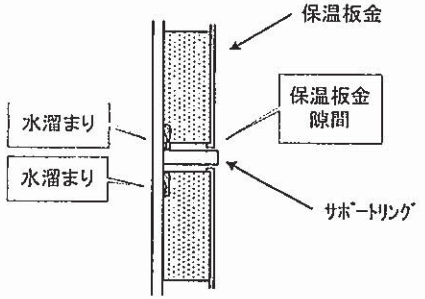
説明

保温板金隙間に浸入した水がﾌﾗﾝｼﾞで水溜まりになり腐食を進行させる。
上部のｴﾙﾎﾞ板金隙間から水が流れ込む場合がある。

別紙 2

代表的な外面腐食発生箇所

7 保温サポートリング近傍 （水を保持する機構）

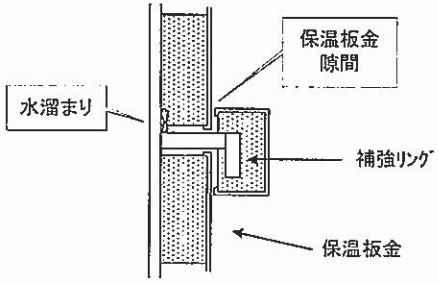


設置場所：機器本体

説明

サポートリング部の保温板金隙間に浸入した水が水溜まりになり腐食を進行させる。上部板金隙間から垂れ流れてリング上で溜まる場合もある。

8 補強リング近傍 （水を保持する機構）



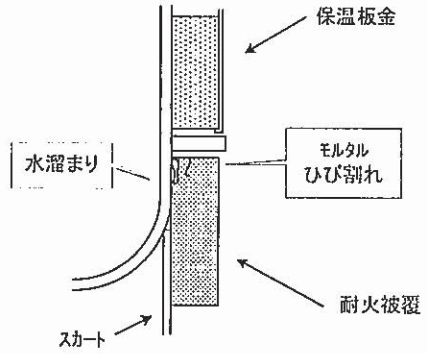
※補強リングはL字型でない場合もあり

設置場所：機器本体

説明

補強リング部の保温板金隙間に浸入した水が水溜まりになり腐食を進行させる。上部板金隙間から垂れ流れてリング上で溜まる場合もある。

9 保温サポートリング近傍 （水を保持する機構）

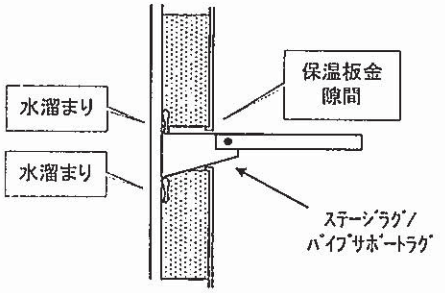


設置場所：機器スカート

説明

スカート耐火被覆の劣化・ひび割れから浸入した水が水溜まりになり腐食を進行させる。

10 ステージラグ/パイプサポートラグ近傍 （水を保持する機構）

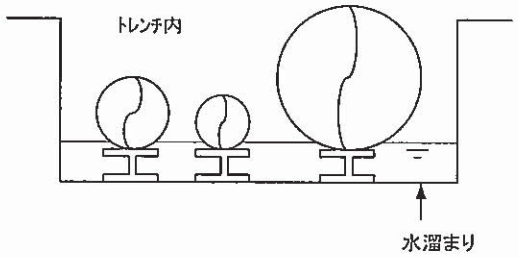


設置場所：機器本体

説明

ラグの保温板金隙間に浸入した水が水溜まりになり腐食を進行させる。

11 トレンチ内配管 （水を保持する機構）

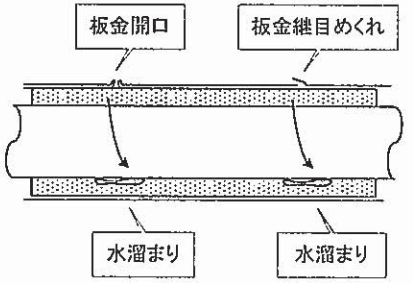


設置場所：トレンチ内配管

説明

トレンチ内に溜まった水が接触する界面やサポート直置き部（裸配管）、サポートと保温の隙間からの水浸入（保温配管）により腐食が進行する。

12 保温配管下部 （水を保持する機構）



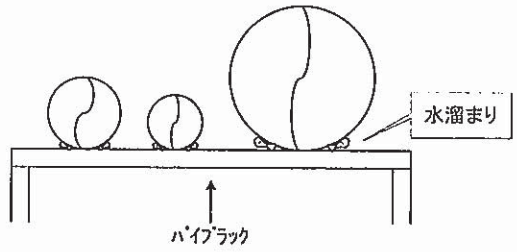
設置場所：機器本体、水平配管

説明

保温板金上部の開口やめくれから浸入した水が配管下部で水溜まりになり腐食を進行させる。

代表的な外面腐食発生箇所

13 パイプラック直置き配管 （水を保持する機構）

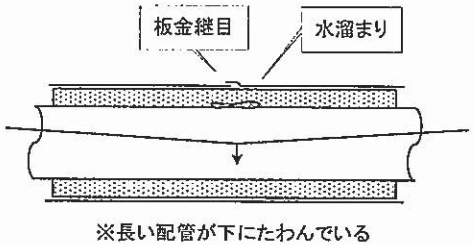


設置場所：配管（ラック直置き部）

説明

横置き配管とラックの接触部に溜まった水により腐食が進行する。
水の薄膜ができ部分腐食になりやすい。

14 たわんだ保温配管 （水を保持する機構）

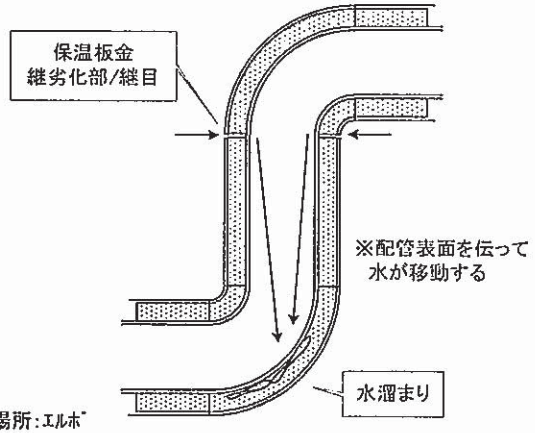


設置場所：水平配管

説明

横置き配管がたわんでいると浸入した水が低いところに集合し水溜まりができて腐食を進行させる。

15 配管エルボ背側 （水を保持する機構）

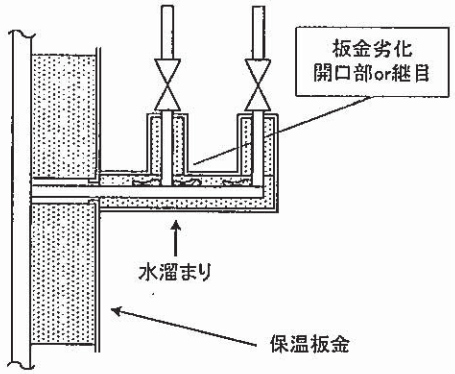


設置場所：エルボ

説明

保温板金隙間から浸入した水が下のエルボ背側に溜まり腐食を進行させる。
なお、垂直部が長いとエルボ背側に溜まらない場合もある。

16 U字配管 （水を保持する機構）

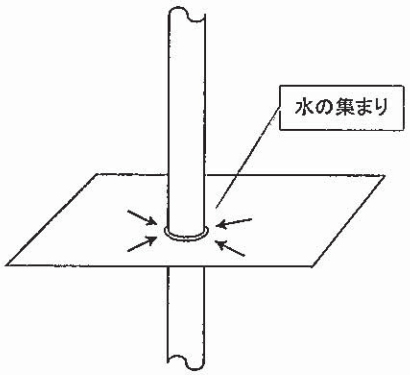


設置場所：機器ノズル、配管小口径ノズル

説明

保温板金劣化部から浸入した水がU字構造の部分で水溜まりになり腐食を進行させる。

17 フロアー貫通部 （流れを生ずる/水を集める機構）

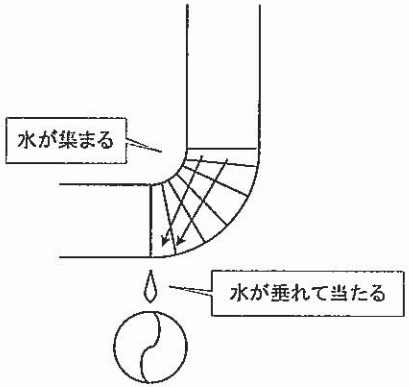


設置場所：フロアー貫通配管

説明

フロアー貫通部に水が集まり水の薄膜ができるれば腐食が進行することがある。

18 上部配管からの水 （流れを生ずる/水を集める機構）



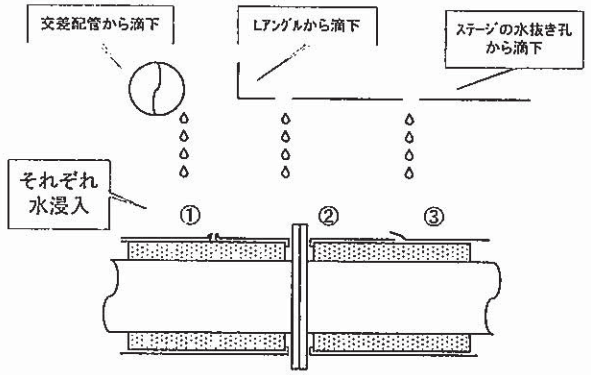
設置場所：機器、配管

説明

上にある配管から垂れた水が下の配管に連続して当たる場合、下の配管で腐食が進行することがある。

代表的な外面腐食発生箇所

19 上構造物からの水 （流れを生ずる/水を集める機構）

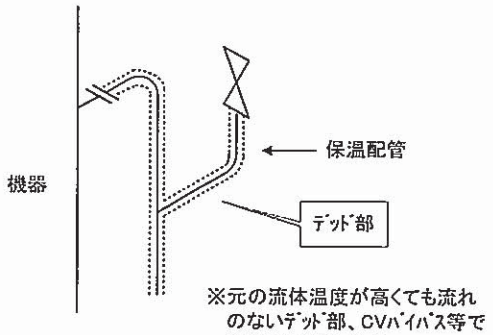


設置場所：構造物の下の機器本体、配管

説明

上部構造物から水が垂れる先に、①板金開口、②保温末端（フランジ等）、③板金継目めくれ等があれば水が浸入し腐食を進行させる。

20 保温配管ﾃﾞｯﾄﾞ部 （温度が低くなる機構）

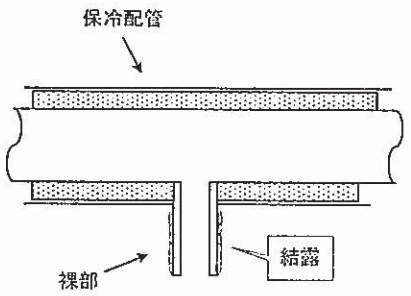


設置場所：配管

説明

流体温度が150℃以上でも離れたﾃﾞｯﾄﾞ部では150℃以下になる場合がある。板金隙間等から水が浸入すれば腐食環境となる。

21 保冷配管の裸枝管 （水の薄膜を生ずる機構）

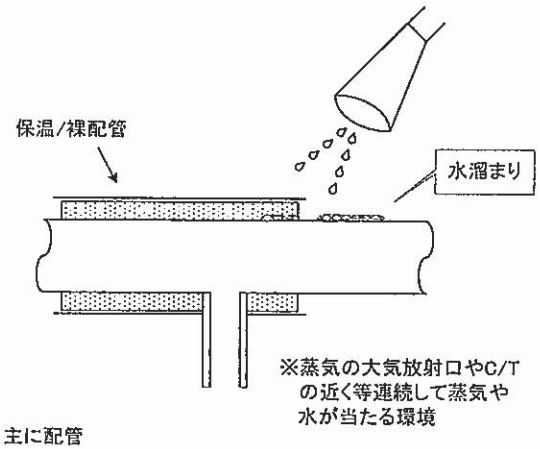


設置場所：主に配管

説明

保冷配管から分岐した裸の小口径配管等では結露が生じ、水の薄膜が生じて腐食が進行する。

22 蒸気放出や散水の付近 （水の薄膜を生ずる機構）

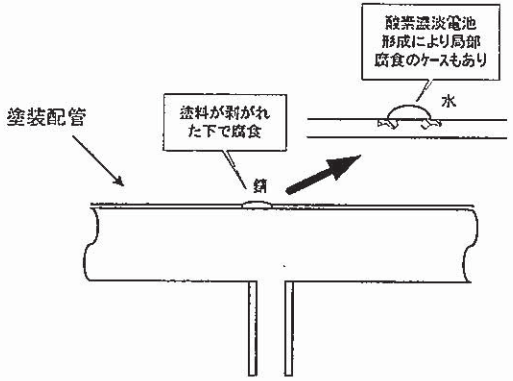


設置場所：主に配管

説明

蒸気の大気放出口やC/T付近の配管は連続して水が当たり薄膜を生じるため腐食する場合がある。

23 塗膜の剥離/錆 （水の薄膜を生ずる機構）

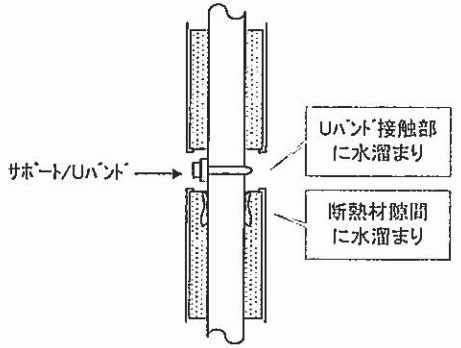


設置場所：機器、配管

説明

劣化し剥離しかけた塗膜の下に水が浸入し腐食を進行させる。また、右上図のように水溜まりの縁で局部減肉することもある。

24 Uﾊﾞﾝﾄﾞと配管の接触部 （溶存酸素濃度分布を生ずる機構）



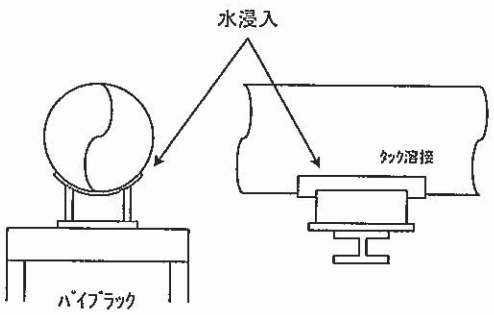
設置場所：主に配管（縦横）

説明

Uﾊﾞﾝﾄﾞで固定した接触部の隙間に水がしみこみ腐食を進行させる。なお、保温材と配管の隙間も同じ原理。

代表的な外面腐食発生箇所

25 ｻﾎﾟｰﾄ当板と配管の隙間(溶存酸素濃度分布を生ずる機構)

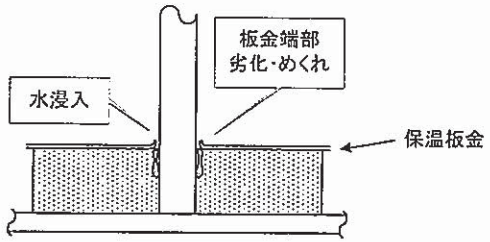


設置場所:配管(ｻﾎﾟｰﾄ用当板)

説明

ｻﾎﾟｰﾄ当板と配管の隙間(ﾀｯｸ溶接)に浸入した水により腐食が進行する。

26 垂直枝管付近の板金開口部(溶存酸素濃度分布を生ずる機構)

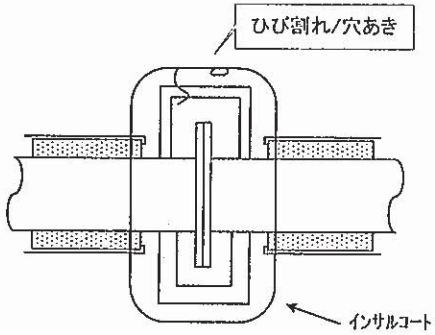


設置場所:配管小口径ﾉｽﾞﾙ、機器ﾉｽﾞﾙ

説明

保温板金めくれから浸入した水が配管表面で液だれになり腐食を進行させる。

27 インサルコート劣化 (水を保持する機構)

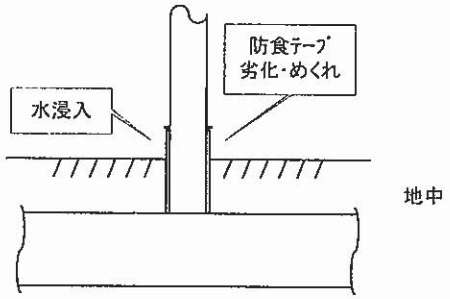


設置場所:機器、配管(インサル施工)

説明

インサルコートのひび割れ、開口から水が浸入し腐食を進行させる。

28 劣化した防食ﾃｰﾌﾟの接触部(溶存酸素濃度分布を生ずる機構)



設置場所:配管小口径ﾉｽﾞﾙ、機器ﾉｽﾞﾙ、埋設配管

説明

乾き、破け、粘着性低下等が生じた防食ﾃｰﾌﾟに水がしみ込み、防食ﾃｰﾌﾟの下側表面で腐食が進行する。

【備考】

1. 引用文献:設備保全管理技術研究会/第2分科会資料

外面腐食事例シート

番号：「構造-NG/GD-番号」としており、構造毎に連番。
①NG=No good：腐食あり。
②GD=Good：腐食なし。

Tag番号、運転条件、流体、保温有無等の情報

番号： 24-NG-2	Tag. FC-18-206B ライン	運転温度 180 [℃]	運転圧力 2.2 [MPa]	流体 WBF	材質 炭素鋼	保温 有	作成 2007.1.31	[redacted]

状況説明

FC-18-206B垂直配管ｻﾎﾟｰﾄUﾎﾞﾙﾄ固定部において、保温切り欠き部から雨水が浸入しやすい形状であるうえに、実際切り欠き付近の保温板金に若干変色が見られたため、雨水浸入の懸念があった。

(配管ｻｲｽﾞ：1B)

保温の状態等、現場で見た時の詳細情報。

詳細腐食検査結果　(検査実施 2006 年 9

NT	4.5	[mm]	予想残肉	2.5	[mm]
MAT	1.50	[mm]	参考CR-1	0.07	[mm/y]
腐食最大深さ	-	[mm]	参考余寿命	14.2	年
配管ｸﾗｽ	B111		使用開始	1976 年 2 月	

①NT：新品の厚さでJIS規格値。
②MAT：必要最小厚さのことで、耐圧上最低限必要な厚さ。Min1.5mmとしている。
③CR-1：腐食率のことで、運転開始からの年数で減肉量を割った数値。
④配管ｸﾗｽ：FSS-4に規定するｸﾗｽ。
※外面腐食の場合、腐食開始時点が正確に分からないので、CR、余寿命は参考扱いとする。

評価および補修、対策

RTを実施した結果、ｻﾎﾟｰﾄUﾎﾞﾙﾄ廻りに外面腐食認める。

保温切り欠き部から雨水が浸入し、Uﾎﾞﾙﾄ部で腐食した。

対策として塗装実施。保温補修とし、保温形状改良。

検査の結果、評価および対策内容。保温の状況から判断し、腐食の有無を予測したことに対して、予測が外れた場合、なぜ外れたかの考察を行うことが重要。反省して次回につなげる。

備考

①当該機器／配管の説明(必須)

分解炉ﾁｭｰﾌﾞｺｰｷﾝｸﾞ防止用(流速ｱｯﾌﾟ)ｲﾝｼﾞｪｸｼｮﾝWBFﾗｲﾝ。

ﾊﾞｯﾁ運転。

②使用開始

1976～

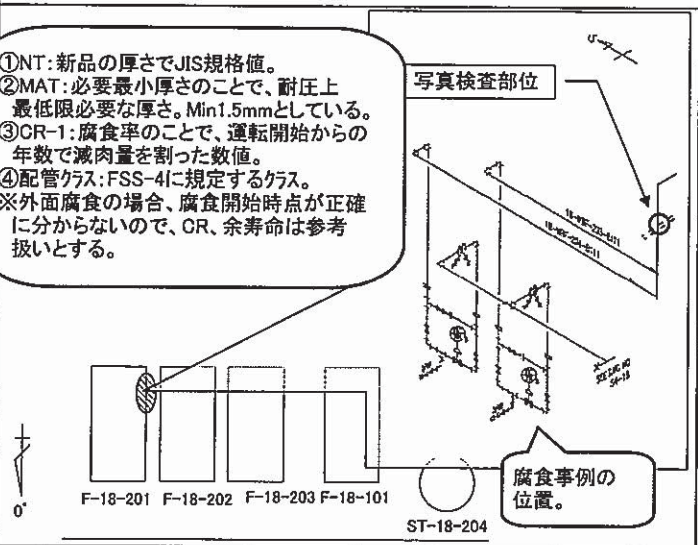
運転情報、使用開始等。

③履歴

過去にFC-18-206下流立ち上がり配管のUﾊﾞﾝﾄﾞ部に外面腐食の経験がある(正確な位置不明)。

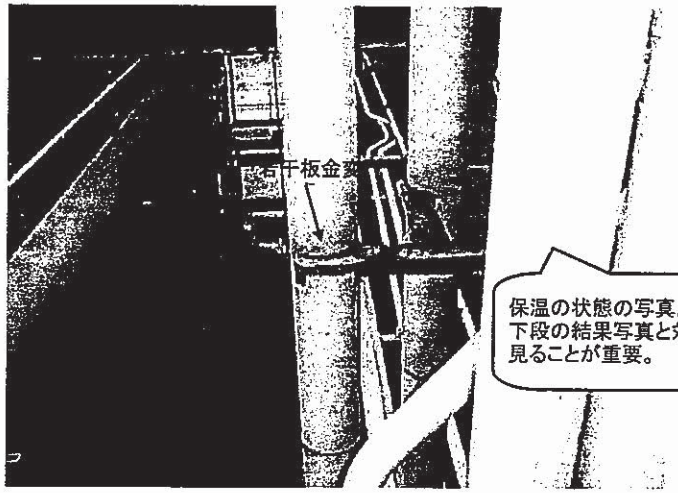
※05、06製油4課TPM外面腐食点検：高谷氏リストその1：No4

図面・ﾌﾛｰ図・ｽﾌﾟｰﾙ図等(必須)　*機器No.または図面No. S4-17



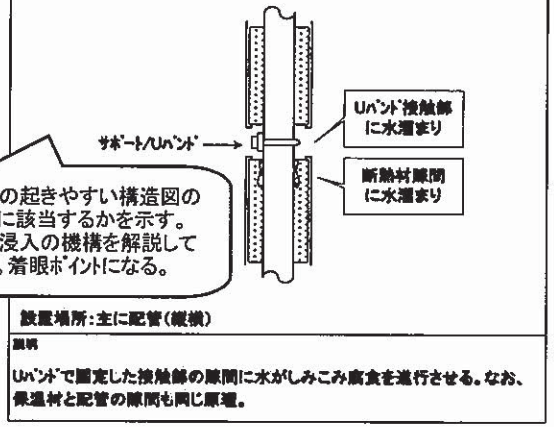
腐食事例の位置。

保温解体前



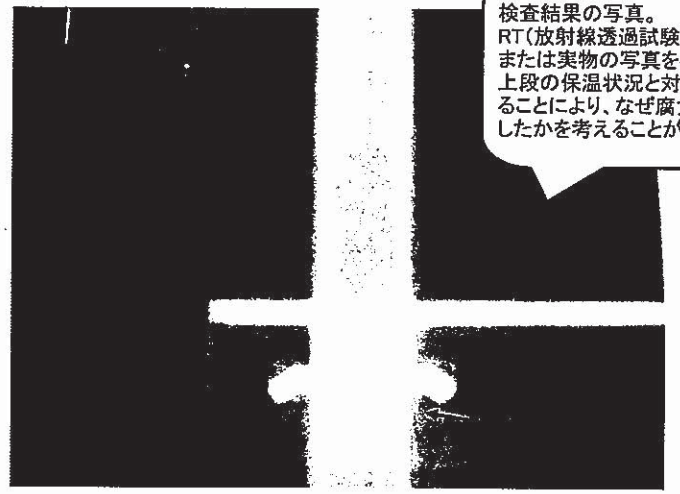
保温の状態の写真。下段の結果写真と対比して見ることが重要。

構造図(別図 28種類より引用)



腐食の起きやすい構造図のどれに該当するかを示す。水の浸入の機構を解説している。着眼ﾎﾟｲﾝﾄになる。

保温解体後またはRTﾌｨﾙﾑ写真



検査結果の写真。RT(放射線透過試験)の写真または実物の写真を掲載。上段の保温状況と対比して見ることにより、なぜ腐食が発生したかを考えることができる。

別紙３

配管目視検査指針　目次

1 配管 本体
2 弁
3 断熱
4 配管サポート
5 フランジ
6 ガスケット
7 ボルトナット
8 検査シート

D　錆び進行して浮き上がっている
早期の処置が必要

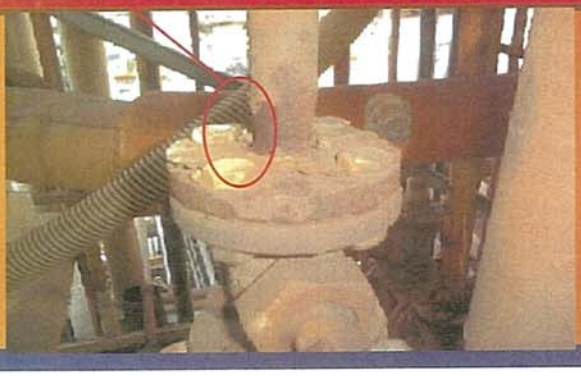


[1]　配管 本体 目視検査指針

1.　目的.

本指針は配管本体を目視検査する際に腐食・変形等の程度ランク分けを，行う為に設けたものである.

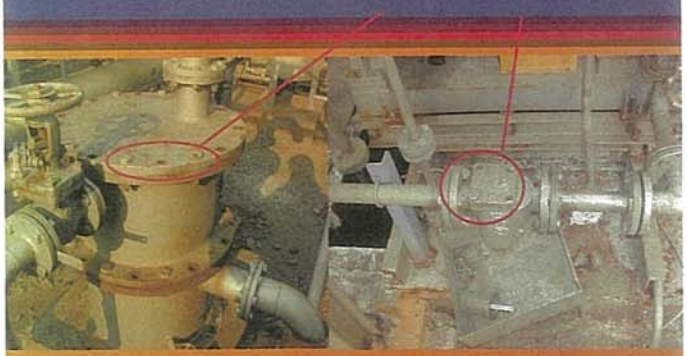
E　腐蝕・減肉　早期の処置が必要



2. 配管 本体　検査判定 ランク（A～E）

A：塗装等の外観上問題無し
B：錆び こぶ が出来始めている
C：著しい 変形 垂れ下がり等がある
D：浮き錆びが有る
E：腐食減肉が著しい

参考　1本置きにボルトをセットしている
全数セットする



C　樹脂ライン曲がり早急に対策が必要



3. 配管本体　対応策

A：対応策不要
B：塗装・防蝕実施
（1年～3年以内又は計画停止）
C：早目に更新等の対策実施（0.5年～1年以内又は計画停止）
D：早急に防蝕塗装等の対策実施
E：肉厚測定器等で肉厚測定実施

[2] 配管 接続バルブ類 目視検査指針

1. 目的.

本指針は配管に取付けているバルブ類を目視検査する際に劣化・変形等の 程度ランク分けを行う為に設けたものである.

(対象は仕切り・玉形・ボール弁とし特殊弁は個別に判定の事).

2. 接続バルブ類 検査判定 ランク (A～E)

A : コードにあったバルブ類を使用している
B : 弁本 体 ボンネットフランジの腐蝕が進行している
C : ハンドルの変形・錆こぶ等が有り強度不足である
D : グランド押さえ及び, グランド押さえ用ボルト・ナットは腐蝕・変形がある
E : グランドの漏れが有る ボディーフランジよりの漏れがある

B 弁本体及びボンネットフランジの錆び ボルトの長さ不足している



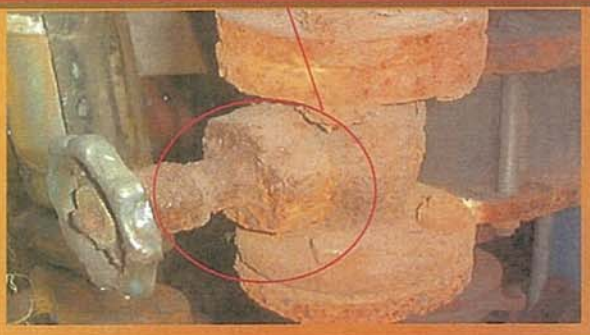
C ハンドルが完全に腐蝕し使用に耐えない



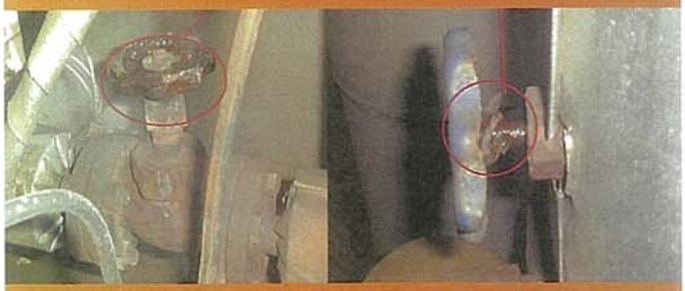
D グランド押さえ用ボルト・ナットの錆び腐蝕



D グランド押さえナットの錆びと腐蝕



E グランドよりの漏れ



3. 接続バルブ類 対応策

A : 対策不要
B : 防食の計画と実施する.
C : 早急に更新する.
D : 早期増し締めを計画実行する. (状況により交換)

[3] 配管 断熱 目視検査指針

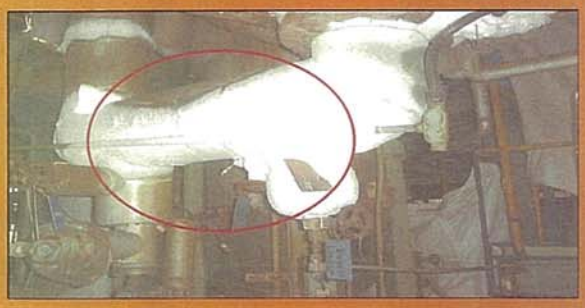
1. 目的

本指針は配管施工している断熱材(保温・保冷)を目視検査する際に劣化・変形等 の程度ランク分けを行う為に設けたものである.

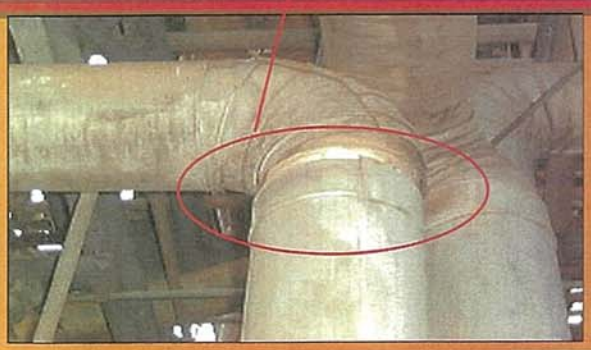
2. 配管 断熱 検査判定ランク(A～E)

A :水分の浸入は防止出来ている 外装の錆び等は多少あるが健全
B :結露・氷結している (保冷)
C :外装の隙間大, シール(コーキング)不良吸湿し易い (保冷・保温共通)
D :取り外し後の復旧未完了 (保冷・保温共通)
E :外装が外れている, 断熱材が脱落している (保冷・保温共通)

B 結露／氷結(写真はここまでの結露は問題外)至急対策



C 外装板金の隙間が大きく開いている



D シール不良Or未復旧
(写真は取り外しが頻繁なフランジ部)



E 断熱外装の脱落



3. 配管 断熱 対応策

A : 対策不要
B : 結露・氷結原因検討し実施
C : 塗装の計画を行い実施する.
D : シールの手直し 及び 復旧
E : 早急に復旧

[4] 配管サポート部目視検査指針

1. 目的

本指針はパイプラック上の配管サポート部に接する配管の腐蝕状態を目視検査する際に, 腐蝕程度のランク分けを行う為に設けたものである.

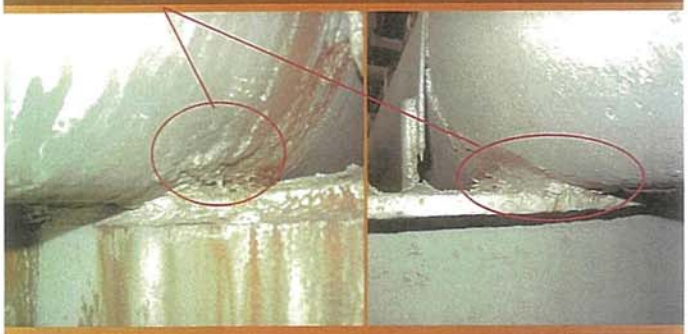
2. 配管サポート部 検査判定 ランク（A～E）

A: 殆ど腐蝕は見られない
B: 軽微な腐蝕（1ミリ以下）発生している
C: 1～2㎜程度の腐蝕発生している
D: 腐蝕が進行しており．残肉は1㎜～2㎜程度と思われる．
E: 腐蝕が著しく．現在洩れは無いが配管を持ち上げれば洩れる可能性がある．

B 軽微な腐食（コンマ代）が発生している。



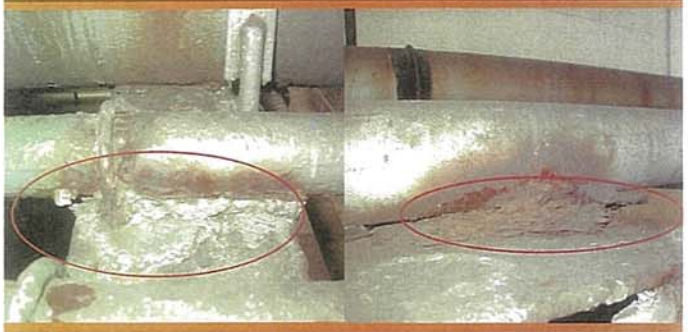
C 1～2ミリ程度の腐食が発生している。



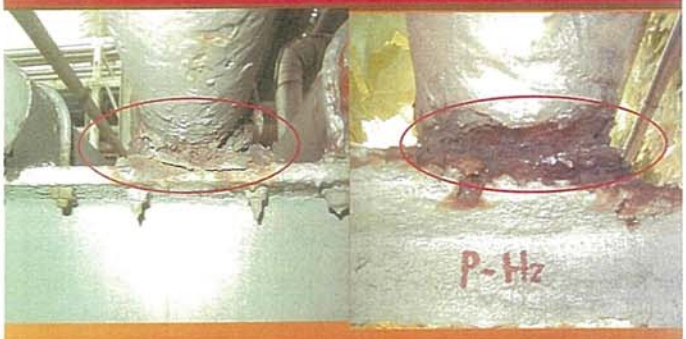
D 腐食が進行しており、残肉は1ミリ前後と思われる。



E 腐食が著しく、現在洩れは無いが配管を持ち上げれば洩れる可能性がある。



E 腐食が著しく、ｶﾞｽ洩れが発生しているor ｶﾞｽ検知の検知不能だが洩れの兆候有り。



3. 配管サポート部 対応策

A: 対策不要
B: 防食工事を行う．
C: 肉厚測定等検査実施
D: 更新を計画する．

[5] 配管フランジ部目視検査指針

1. 目的

本指針は配管フランジ部の状態を目視査する際に程度のランク分けを行う 為に設けたものである．

2. 配管フランジ部 検査判定 ランク（A～E）

A：殆ど錆び・腐蝕は無い　端面は直角を保っている
B：軽微な錆・腐蝕が発生しているが 減肉は，ほとんど無い．
C：腐蝕が進行している 10%以下の減肉
D：腐蝕が著しい　10%以上の減肉
E：漏洩がある又は漏洩の跡がある．

[6]　配管 ガスケット目視検査指針

1．目的

本指針は配管フランジガスケットの状態を目視検査する際に劣化・変形等の程度ランク分けを行う為に設けたものである．

C　フランジ厚みの10%以下の腐蝕 減肉がある



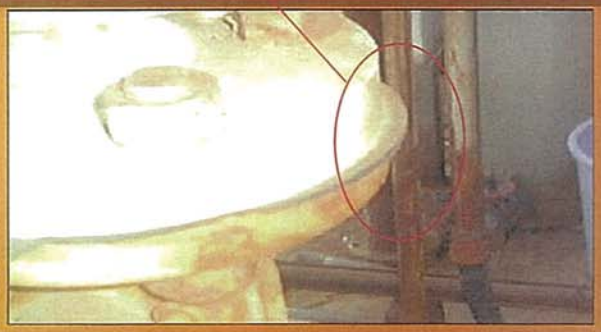
2．検査判定ランク（A～E）

- A: コードにあったガスケットを使用している
- B:軽微な腐蝕（コンマ代）が発生している．ゴム製のガスケットがフランジよりはみ出ている
- C:1～2ミリ程度の腐蝕が発生している．ガスケット外形寸法が小さい，厚みが異なる
- D: 片締めが有る
- E: 配管・バルブコードと異なるガスケットが入っている

D　フランジ10%以上の腐蝕 減肉あり B/Nはスパナが掛からないほど腐蝕している



B　フランジよりはみ出ている



3．対応策

A：対策不要
B:防食工事を計画する．
C:ガスケット交換しシール面点検・塗装し復旧
D:早急に増し締めを行う
E:早急に更新する

3．対応策

A：対策不要
B：防食の計画と実施する．
C：早急に更新する．
D：早期増し締めを計画実行する．
（状況に より交換）

[7] 配管フランジ締付け ボルトナット目視検査指針

1. 目的

本指針は配管フランジ締め付けボルトナットの検査する際に状態の程度のランク分けを行う為に設けたものである.

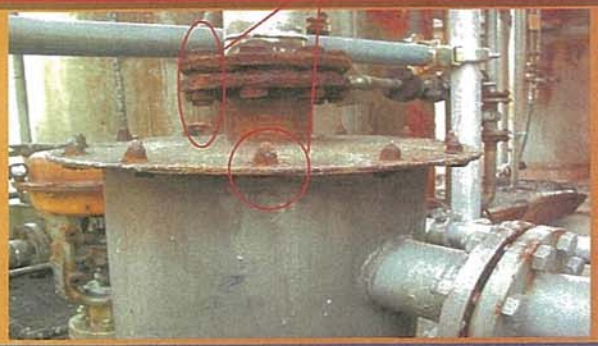
2. 検査判定 ランク (A～E)

A：コードにあったBNを使用している,
B：ボルト長さが不足している 又は極端に長い
C：正規のスパナが使用出来ないほど腐蝕している
D：ボルトナットの本数が不足している
（脱落や1本置き等）
E：必要とする、平座金・スプリングワッシャが不足

B ボルトの長さ不足



D ボルトナットの腐蝕が進行してスパナが掛からない



D 本数不足
（本写真ナットが割れている）



E ワッシャー座金の不足



参考 1本置きにボルトをセットしている
全数セットする



3. 対応策

A：対策不要
B：適正ボルトに交換
C：時期を見て補充(ワッシャー平座金)
D：即組込む.

制定	2001.03.06　設備総点検チェックシート		
版番号 01-00			
流体名	○○○	年　月　日～　月　日	
ライン名	□□□	サークルリーダー	点検者
部位名	△△△		
EFD	×××		
シートNo.			
配管材質	SUS 304L		

点検個所No.	配管		弁		断熱	サポート	フランジ	ガスケット	ボルトナット	判定ランク	対応策	白エフ	赤エフ	実施日	保留
	口径A	長さm	サイズA	No.											
	150	10								A	A				
	150	2								B	C		○		
				V1						B	C		○		
				V2						B	C		○		
					無し										
						S-1				C	E		○		
						S-2				E	E		○		
						S-3				C	C		○		
							F-1			B	B	○			

制定	2001.03.06	設備総点検チェックシート	
版番号 01-00			

計画保全				自主保全		
GL	リーダー	担当者	年　月　日	課長	責任者	リーダー

製造課		設備名		サークル名	
ライン名 EFD シートNo.		流体名		点検月日	

1 点検内容及びまとめ

	検査範囲	検査数量		判定	備考
		長さ	員数	数	
1	配管			A B C D E	
2	弁			A B C D	

別紙４

危険物施設検査要領［製造所及び一般取扱所］

項目	基準の内容	着眼項目	チェックの方法
・保安距離 （令9-1-1）	・住居、学校等の保安対象物件から一定の距離を保つこと。	①保安距離内に保安対象物件が新築、増築されていないか。 ②代替施設の防火上有効な塀等に亀裂、損傷はないか。	①目視及び実測により確認 ②目視による確認
・保有空地 （令9-1-2） （則13）	・製造所（一般取扱所）の周囲に指定数量の倍数により一定の幅以上の空地を保有すること。	①空地内に新たに工作物等が設置されたり、物品等が放置されていないか。 ②代替施設の防火上有効な隔壁に亀裂、損傷はないか。	①目視及び実測により確認 ②目視による確認
・標識、掲示板 （令9-1-3） （則17-1、則18-1）	・見やすい箇所に、標識及び掲示板を設けること。	①標識、掲示板は、見えにくくないか。 ②汚損、破損等はないか。 ③掲示板の記載内容（品名、数量、倍数、危険物保安監督者の氏名等）に誤りはないか。	①目視による確認 ②目視による確認 ③目視、施設台帳等及び関係者への質問により確認
建築物 ・壁、柱、床等 （令9-1-5）	・壁、柱、床、はり及び階段を不燃材料で造り、延焼のおそれのある外壁は、出入口以外の開口部を有しない耐火構造の壁とすること。	①壁、柱、床、はり及び階段に亀裂、損傷はないか。 ②周囲の建築物の新築、増築により延焼のおそれのある外壁が生じていないか。	①目視による確認 ②目視及び実測により確認
建築物 ・屋根 （令9-1-6）	・屋根を不燃材料で造り、金属板その他の軽量な不燃材料でふくこと。ただし、第2類（粉状のもの及び引火性固体を除く。）のみを取り扱う建築物は、屋根を耐火構造とすることができる。	①屋根に亀裂、損傷はないか。	①目視による確認
建築物 ・窓及び出入口 （令9-1-7）	・窓及び出入口には防火設備を設け、延焼のおそれのある外壁に設ける出入口には随時開けることができる自動閉鎖の特定防火設備を設けること。	①防火設備に変形、損傷はないか ②防火設備の開閉機能及び自動閉鎖の機能はよいか。	①目視による確認 ②目視及び作動により確認

[redacted] 1/5

項目	基準の内容	着眼項目	チェックの方法
建築物 ・網入ガラス （令9-1-8）	・窓又は出入口にガラスを設ける場合は、網入ガラスとすること。	①網入ガラスに破損はないか。 ②網入ガラス以外のものとなっていないか。	①目視による確認 ②目視による確認
建築物 ・床 （令9-1-9） （令24-4の2）	・液状の危険物を取り扱う建築物の床は、危険物が浸透しない構造とするとともに、適当な傾斜をつけ、かつ、貯留設備を設けること。 ・貯留設備にたまった危険物は随時くみ上げること。	①床及び貯留設備に亀裂、損傷はないか。 ②貯留設備に滞油、滞水、土砂等の堆積がないか。	①目視による確認 ②目視による確認
・採光、照明、換気設備等 （令9-1-10） （令9-1-11） （令24-6）	・建築物には、危険物を取り扱うために必要な採光、照明及び換気設備を設けること。 ・可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が滞留するおそれのある建築物には、その蒸気又は微粉を屋根上に排出する設備を設けること。 ・危険物を貯蔵し又は取り扱う建築物等は、当該危険物の性質に応じ遮光又は換気を行うこと。	①採光、照明及び換気・排出設備に損傷はないか、その機能はよいか。 ②換気・排出設備のダクト、ダンパー、引火防止網等に損傷、腐食等はないか。 ③危険物の性質に応じて遮光及び換気を行っているか。	①目視及び作動により確認 ②目視による確認 ③目視及び関係者への質問により確認
・囲い、ためます、油分離装置等 （令9-1-12） （令24-4の2）	・屋外に設けた液状の危険物を取り扱う設備の周囲には、高さ15cm以上の囲い等を設けること。 ・地盤面は、危険物が浸透しないコンクリート等で覆い、適当な傾斜及び貯留設備を設けること。 ・第4類の危険物（水に溶けないものに限る。）を取り扱う設備には、貯留設備に油分離装置を設けること。 ・貯留設備又は油分離装置にたまった危険物は随時くみ上げること。	①囲い、地盤面、貯留設備及び油分離装置に亀裂、損傷はないか。 ②油分離装置の機能はよいか。 ③貯留設備、油分離装置に滞油、滞水、土砂等の堆積はないか。	①目視による確認 ②目視及び定期点検記録表等により確認 ③目視及び定期点検記録表等により確認

[redacted] 2/5

項　　目	基　準　の　内　容	着　眼　項　目	チ　ェ　ッ　ク　の　方　法
・機械器具その他の設備 （令9-1-13） （令24-8） （令27-2-1） （令27-2-4）	・漏れ、あふれ又は飛散を防止することができる構造とすること。ただし、これらによる災害を防止するための附帯設備を設けたときは、この限りでない。 ・危険物を貯蔵し、取り扱う場合は、漏れ、あふれ又は飛散しないように必要な措置を講ずること。 ・蒸留工程では、危険物を取り扱う設備の内部圧力の変動等により、液体、蒸気又はガスが漏れないようにすること。 ・粉砕工程では、危険物の粉末が著しく浮遊し又は著しく機械器具等に附著している状態で当該機械器具等を取り扱わないこと。	①危険物等の漏れ、あふれ又は飛散はないか。 ②設備に変形、亀裂、損傷はないか。 ③設備の固定状況はよいか。 ④設備の塗装の剥離、腐食はないか。 ⑤設備の機能はよいか。 ⑥危険物の粉末が浮遊していたり、機械器具等に附着していないか。	①目視による確認 ②目視による確認 ③目視及び定期点検記録表等により確認 ④目視による確認。著しい腐食が認められる場合は、板厚測定により確認 ⑤目視及び作動により確認 ⑥目視による確認
・温度測定装置、圧力計、安全装置 （令9-1-14、16） （則19） （令24-7） （令27-2-2）	・危険物の加熱、冷却設備又は温度変化の起こる設備には、温度測定装置を設けること。 ・加圧設備又は圧力が上昇するおそれのある場合には圧力計及び定められた安全装置を設けること。 ・温度計、湿度計、圧力計その他の計器を監視し、適正な温度、湿度、圧力を保つこと。 ・抽出工程では、抽出缶の内圧が異常に上昇しないようにすること。	①温度測定装置、圧力計及び安全装置に損傷はないか、その機能はよいか。 ②取付部のゆるみはないか。 ③安全弁等の吹き出し場所が、火災予防上危険となっていないか。 ④温度測定装置、圧力計の運転値は適正か。	①目視及び定期点検記録表等により確認 ②目視による確認 ③目視による確認 ④目視及び関係者への質問により確認

[redacted] 3/5

項　　目	基　準　の　内　容	着　眼　項　目	チ　ェ　ッ　ク　の　方　法
・加熱又は乾燥設備 （令9-1-15） （令24-7） （令27-2-3）	・直火を用いない構造とすること。ただし、防火上安全な場所又は火災を防止するための附帯設備を設けたときは、この限りでない。 ・温度計、湿度計、圧力計その他の計器を監視し、適正な温度、湿度、圧力を保つこと。 ・乾燥工程では、危険物の温度が局部的に上昇しない方法で加熱し又は乾燥すること。	①附帯設備に変形、亀裂、損傷はないか。 ②温度測定装置、圧力計の運転値は適正か。	①目視による確認 ②目視及び関係者への質問により確認
・電気設備 （令9-1-17）	・電気設備は、電気工作物に係る法令の規定によること。	①配線、配電盤、コンセント、電動機、照明設備等に損傷はないか。 ②接地不良、絶縁不良、機能不良等はないか。	①目視及び定期点検記録表等により確認 ②目視及び定期点検記録表等により確認
・静電気除去装置 （令9-1-18）	・静電気が発生するおそれのある設備には、蓄積される静電気を有効に除去する装置を設けること。	①断線はないか。 ②取付部のゆるみ等はないか。 ③接地抵抗値は適正か。	①目視及び定期点検記録表等により確認 ②目視による確認 ③目視及び定期点検記録表等により確認
・避雷設備 （令9-1-19） （則13の2の2）	・指定数量の倍数が10以上の製造所（一般取扱所）には、避雷設備を設けること。	①突針部に変形、損傷はないか。 ②断線はないか。 ③導線接続部の取付ボルトのゆるみ等はないか。 ④接地抵抗値は適正か。	①目視及び定期点検記録表等により確認 ②目視による確認 ③目視による確認 ④目視及び定期点検記録表等により確認
・危険物を取り扱うタンク （令9-1-20）	・危険物を取り扱うタンクは、屋外タンク（タンク本体、タンク支柱、放爆構造、塗装、通気管及び安全装置、自動表示装置、注入口、弁、水抜管、配管）、屋内タンク（タンク本体、塗装、通気管及び安全装置、自動表示装置、注入口、弁、水抜管、配管）、地下タンク（標識及び掲示板、ポンプ設備は除く。）の基準によること。	①屋外タンク貯蔵所、屋内タンク貯蔵所、地下タンク貯蔵所の立入検査マニュアルによる。	①同左

[redacted] 4/5

項　　目	基　準　の　内　容	着　眼　項　目	チ　ェ　ッ　ク　の　方　法
・配管 （令9-1-21） （則13の4） （則13の5）	・配管は、鋼製その他の金属製のものとし、地上に設置する場合には、地盤面に接しないようにするとともに腐食を防止するための塗装をすること。 ・配管を地下に設置する場合には、接合部分（溶接による部分を除く。）について当該部分からの危険物の漏れを点検できる措置を講ずること。 ・配管に加熱又は保温のための設備を設ける場合には、火災予防上安全な構造とすること。 ・配管を地上に設置する場合には、配管は、地震、風圧、地盤沈下、温度変化による伸縮等に対し安全な構造の支持物により支持すること。	①危険物の漏れはないか。 ②変形、損傷、塗装の剥離、腐食はないか。 ③配管は地盤面に接していないか。 ④弁及び可撓管継手の取付ボルトにゆるみ等はないか。 ⑤配管ピット等に変形、損傷、滞油、滞水、土砂等の堆積はないか。 ⑥保温材に損傷はないか、その剥離はないか。 ⑦配管支持物に変形、損傷、塗装の剥離、腐食はないか。	①目視による確認（地下配管の漏れの有無は、定期点検記録表により確認） ②目視による確認 ③目視による確認 ④目視及びハンマーテスト等により確認 ⑤目視による確認 ⑥目視による確認 ⑦目視による確認
・消火設備 （令20） （則33、則34、則35）	・著しく消火困難な施設については、第1種、第2種又は第3種の消火設備並びに第4種及び第5種の消火設備を、消火困難な施設については、第4種及び第5種の消火設備を、その他の施設については、第5種の消火設備を設けること。	①第1種、第2種又は第3種の消火設備については、消火設備の立入検査マニュアルによる。 ②第4種及び第5種消火設備については、その位置及び設置数は適正か、また、その機能不良はないか。	①同左 ②目視及び定期点検記録表等により確認
・警報設備 （令21） （則37、則38）	・指定数量の倍数が10以上の製造所（一般取扱所）には、定められた警報設備を設けること。	①自動火災報知設備については、自動火災報知設備の立入検査マニュアルによる。 ②電話、非常ベル装置等に損傷はないか、その機能不良はないか。	①同左 ②目視及び定期点検記録表等により確認
・染色、洗浄作業 （令27-4-3）	・可燃性の蒸気の換気をよくして行うとともに、廃液をみだりに放置しないで安全に処置すること。	①十分な換気が行われているか。 ②多量の廃液を放置の状態としていないか。 ③廃液の処置は適切か。	①目視による確認 ②目視による確認 ③目視及び関係者への質問により確認

[redacted] 5/5

別紙５

[redacted]

外面腐食検査の取り組みについて

２０１８年１２月１７日
[redacted]株式会社
[redacted]製造所
[redacted]

[redacted]

外面腐食検査の取り組み

1995年～
スポット検査（重要配管）
重要配管（危険物、高圧ガス）をターゲットに外面腐食検査を開始。※対象は全エリア

2000年～
スポット検査（重要配管・機器）
重要配管に加え、重要機器のＣＵＩ検査についても範囲を拡大。

最大効率で検査を展開するためにエリア検査へシフト

2005年～
メインラック検査
日常パトロールの目が届き難いメインパイプラック（オフサイト配管）から全数検査を展開。

2009年～
総合エリア検査
塗装劣化診断導入
各プラントをブロック分けし、塗装劣化状態や安全重要度を考慮したランク付けを実施。
優先順位を決めてブロック毎の全数検査を展開。

2

【サポート接触部検査風景】



ジャッキアップ治具
（5点吊り）

レバーブロック



接触部検査後は防食テープ施工 →

外面腐食検査の取り組み

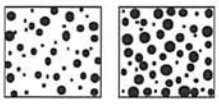
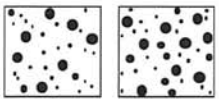
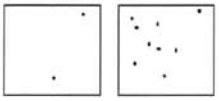
【エリア管理概要】



各プラントを細分化し、ブロック単位で塗装劣化状態を管理。
※塗装劣化診断は外注（5年周期－次回2020年）

外面腐食検査の取り組み

【塗装劣化判定基準-1】

劣化度	発錆状況	発錆率	定義
Ⅰ		30%以上	発錆面積が左面積の発錆率となった場合。
Ⅱ		5～30%	同上
Ⅲ		0.1～5%	同上
Ⅳ		0.1%未満	色あせて小さなワレ、フクレ、ハガレ、錆が発生しかかった場合。
Ⅴ		0 %	異常なし

5

外面腐食検査の取り組み

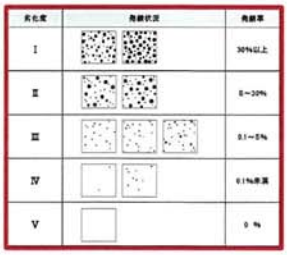
【塗装劣化判定基準-2】

(1) 設備の形状・部位により錆の発生が偏在するため、発錆状況（劣化度）の面積比でエリヤを細分化し、全体評価の平準化を図る。

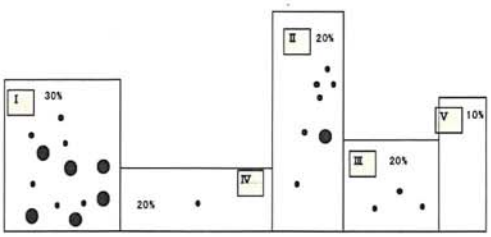
(2) 局部的な腐食箇所（劣化度Ⅰ）の見落としを防止する。

【㈱協和テクノス劣化度評価基準】

錆の発生状況	劣化度	評点	面積比	補正係数
全面積の 30%以上	Ⅰ	5 点	× %	0．1
全面積の5%～30%	Ⅱ	4 点	× %	0．1
全面積の0.1%～5%	Ⅲ	3 点	× %	0．1
全面積の0.1%未満	Ⅳ	2 点	× %	0．1
全面積の0%	Ⅴ	1 点	× %	0．1
評価点合計		MAX （50点）		



【算出例】



→ 34点

6

外面腐食検査の取り組み

【塗装劣化判定基準-3】

総合評価	塗膜状況	評価点	塗替えの評定
Ⅰ	ほぼ全面に錆が発生し、一部孔食もある。塗膜の防錆効果が全く失われている。	41～50	緊急な塗替えが必要
Ⅱ	錆が多く発生し、塗膜のひび割れ、はがれが部分的に発生している。一部活膜も残っている。	31～40	早急な塗替えが必要
Ⅲ	錆の発生は僅かであるが、光沢減退、チョーキングが著しく、上塗塗膜が消失している部分もある。	21～30	適時な塗替えが必要
Ⅳ	チョーキングはあるが錆は極僅か。	11～20	調査を継続
Ⅴ	殆ど塗膜に異常がない。	10未満	

7

外面腐食検査の取り組み

【塗装劣化診断結果-1】

塗 装 劣 化 調 査 表

点検者	[redacted]	点検日	2015年4月23日	管理№	K－1－15
設備区分	海岸	設備名	タンクヤードA(PU890廻り)	プラント略号	ー
機番・品番	ー	建設年度	ー 年	経過年数	ー 年
設備環境情報	一般				
設備形状情報	機器・配管				
塗装仕様情報	建設時：ー 塗替時：変性エポキシ樹脂(2回)＋塩化ゴム(2回)				
塗装履歴情報	不明				

住所 [redacted]

【略図・写真等】



診 断 結 果

塗膜状態	・塗膜のチョーキング、変色が進行
錆の状態	・全体的に錆びが発生している ・特に配管に錆びが多い

錆の発生率	劣化度 Ⅴ	劣化度 Ⅳ	劣化度 Ⅲ	劣化度 Ⅱ	劣化度 Ⅰ	評価点
	0	30	40	20	10	31

総 評	・早急な塗替えをお奨めします ・特に配管

塗装面積	380 ㎡	工事金額	2,300 （千円）

[redacted]

8

[redacted]

外面腐食検査の取り組み

[redacted]

【塗装劣化診断結果-2】

管理No	設備区分	設備名称	設備環境	形状	塗装面積 (㎡)	劣化度別面積 (㎡)					劣化度面積比 (%)					評価点		備考
						V	IV	III	II	I	V	IV	III	II	I	2015年度	2010年度	
A−1	MR	[redacted]	一般	架構・機器	8,761	876	2,628	3,504	876	876	10	30	40	10	10	28	35	足場仮設中
B−1	1BC		一般	架構・機器	18,091	5,427	3,618	5,427	1,809	1,809	30	20	30	10	10	25	38	1階部分塗替え
B−2	1BC		一般	建家・機器	2,212	664	221	1,106	221	0	30	10	50	10	0	24	30	南側1／3塗替
B−3	1BC		一般	架構・機器	3,119	0	468	1,871	780	0	0	15	60	25	0	31	30	配管、さび多
B−4	1BC		一般	架構・機器	1,779	0	0	445	801	534	0	0	25	45	30	41	40	架構錆多
B−5	1BC		湿潤	機器・配管	1,439	0	0	432	648	360	0	0	30	45	25	40	38	タンクさび多
C−1	CAT		一般	機器・配管	382	0	76	153	115	38	0	20	40	30	10	33	30	一部設備撤去
E−1	OXO		一般	架構・機器	12,845	0	8,992	1,285	1,285	1,285	0	70	10	10	10	26	30	貯槽ステージ等に錆
E−2	OXO		一般	ラック・配管	5,544	2,772	2,218	554	0	0	50	40	10	0	0	16	27	塗替
E−3	OXO		一般	架構・機器	1,872	0	187	562	936	187	0	10	30	50	10	36	32	架構錆多
E−4	OXO		一般	貯槽・配管	1,898	1,139	380	190	190	0	60	20	10	10	0	17	32	タンク2基発錆
F−1	OA		一般	フレア・配管	1,674	0	0	1,172	335	167	0	0	70	20	10	34	32	架構、筒身さび多
F−2	OA		一般	貯槽・配管	1,597	0	1,517	0	0	80	0	95	0	0	5	22	10	振り配管さび多
F−3	OA		湿潤	機器・配管	4,144	0	829	2,072	622	622	0	20	50	15	15	33	33	ポンプ廻り配管さび多
F−4	OA		一般	架構・機器	11,879	0	1,188	7,721	2,376	594	0	10	65	20	5	32	25	
F−5	OA		一般	建家・機器	7,468	0	3,734	3,361	373	0	0	50	45	5	0	26	20	建屋、CPさび
F−6	OA		一般	架構・機器	4,652	0	2,326	1,628	465	233	0	50	35	10	5	27	27	
F−7	OA		一般	架構・機器	10,092	0	5,046	4,541	505	0	0	50	45	5	0	26	32	
F−8	OA		一般	機器・配管	775	698	78	0	0	0	90	10	0	0	0	11	29	ドア部未施工
F−9	OA		一般	貯槽・配管	4,651	0	2,326	1,860	465	0	0	50	40	10	0	26	25	

「塗装劣化状態」はあくまでも腐食状況判断の一つの指標である。
この評価に製造所独自のファクターを加え、検査優先度ランクを決定する。

9

[redacted]

外面腐食検査の取り組み

[redacted]

【検査優先ランクの決定】

頻度ランク

塗装劣化診断 評点
＋
断熱機器(配管)比率　：ＣＵＩのリスクが高い
＋
地域（環境）　：海岸に近い地域ほど塩害の影響を受ける

損失ランク

安全重要度　：①設備危険度 、②稼働年数、③事後保全率

2つのランクを掛け合わせ**「検査優先ランク」**を決定

10

外面腐食検査の取り組み

【中期計画の策定】

[redacted] 総合検査リスト（2015塗装劣化診断結果反映）

2018年9月14日

管理No	設備区分	設備名称	塗装劣化(評点) 塗装(MECTec)評価点	塗装評価点修正*4	断熱機器比率*3(評点)	地域*2(評点)	評点合計	頻度ランク	損失ランク(安全重要度)*1	検査優先ランク	検査優先ランク見直し	実施計画	備考（検査優先ランク見直し理由を含む）
8号-2	海岸	[redacted]	24	0	10	20	30	C	B	B	B	2019	塗装劣化速度早く、沿岸部で漏洩リスク高い。
8号-1	海岸		25	0	10	20	30	C	B	B	B	2020	塗装劣化速度早く、沿岸部で漏洩リスク高い。
海岸-1	海岸		21	0	10	20	30	C	B	B	B		塗装劣化速度早く、沿岸部で漏洩リスク高い。
M-5	電気		31	31	0	10	41	C	C	C	B	2021	*5 地上炭素鋼配管多数あるためﾗﾝｸｱｯﾌﾟ
M-7	電気		31	31	0	10	41	C	C	C	B		*5 地上炭素鋼配管多数あるためﾗﾝｸｱｯﾌﾟ
M-8	電気		37	37	0	10	47	C	C	C	B		*5 地上炭素鋼配管多数あるためﾗﾝｸｱｯﾌﾟ
M-9	電気		37	37	0	10	47	C	C	C	B		*5 地上炭素鋼配管多数あるためﾗﾝｸｱｯﾌﾟ
K-1-15	海岸		31	31	0	20	51	B	C	B	B	2022	
K-9	海岸		37	37	30	20	87	A	D	B	B		緊急性なし。2016年以降へ
N-9	気水		37	37	0	10	47	C	D	C	C		緊急性なし。2016年以降へ
F-3	OA		33	33	0	20	53	B	D	C	C	2023	緊急性なし。2016年以降へ
E-3	OXO		36	36	20	10	66	B	D	C	C		緊急性なし。2016年以降へ
E-4	OXO		17	0	30	10	40	C	D	C	C		緊急性なし。2016年以降へ

＊1.「設備の安全重要度管理要領(CPM-P-G018)」に定める安全重要度
＊2. 地域:
ﾗﾝｸA(20点)/海岸～6号道路、 ﾗﾝｸB(10点)/6号道路～3号道路、
ﾗﾝｸC(0点)/3号道路～1号道路、 ﾗﾝｸD(0点)/1号道路～0号道路
＊3. 断熱機器比率:範囲内の断熱配管・機器の比率:
ﾗﾝｸA(30点)/100～70%、 ﾗﾝｸB(20点)/70～50%、 ﾗﾝｸC(10点)/50～30%、 ﾗﾝｸD(0点):30～0%
＊4. 塗装評価点修正:
31点以上・・・協和ﾃｸﾉｽ評価による。
30点以下・・・塗装評価点0とする。塗膜劣化あるものの発錆わずかであり腐食懸念なし。
＊5. 備考:評価の検査優先ﾗﾝｸ変更理由を示す
＊6. 検査費用には塗装費含む

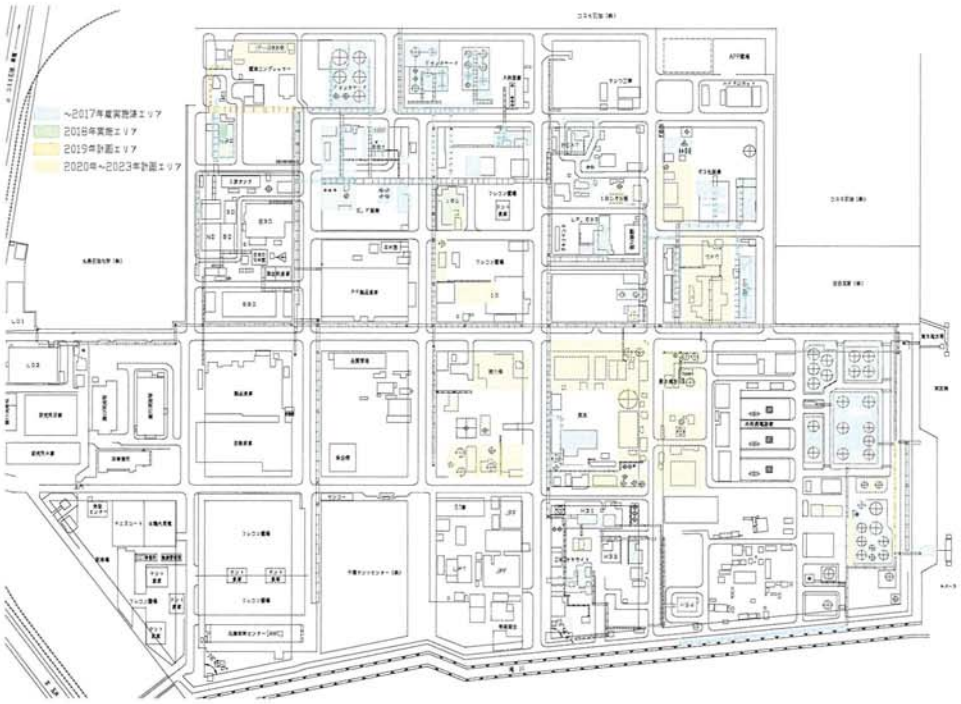
損失ランク	検査優先ランク			
A	A	A	B	B
B	A	B	B	C
C	B	B	C	C
D	D	D	D	D
頻度ランク	A(75～)	B(50～74)	C(25～49)	D(～24)

5年間の検査計画を毎年見直し。
メジャーアップデート → 5年周期（塗装劣化診断に併せて）

11

外面腐食検査の取り組み

【検査実績と今後の計画】

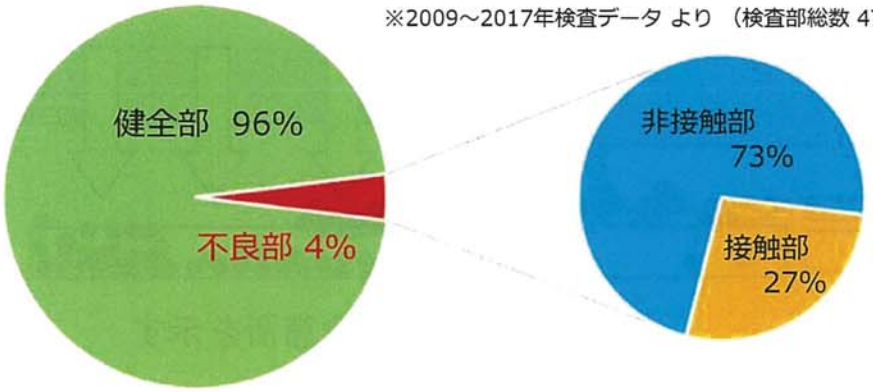


12

外面腐食検査の取り組み

【検査総数に対する不良部率とその傾向】

※2009～2017年検査データ より （検査部総数 47,500箇所）



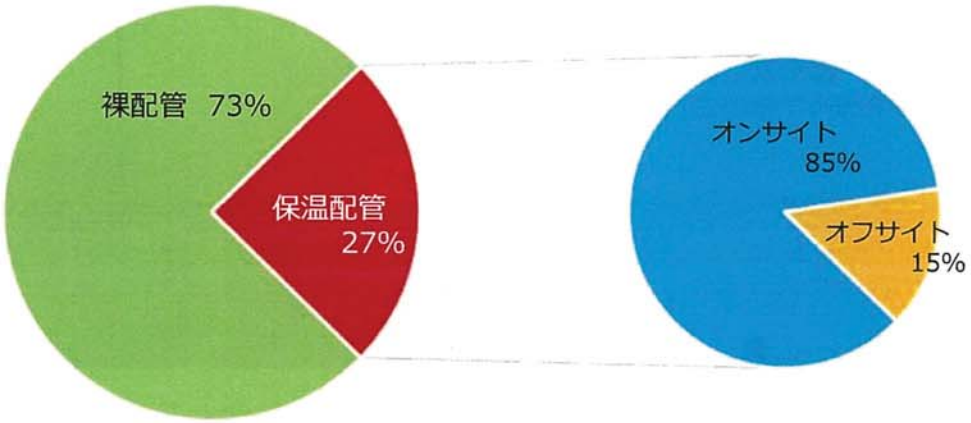
想定では接触部の不良率がもっと高くなると思われたが、実際は非接触部の不良が大半を占めた。非接触部の不良は塗装不良を長年放置した結果であるため、塗装劣化状態を管理していくことで腐食は管理できると考えている。（但しここにはＣＵＩも含む）

【 不良部 】貫通、必要肉厚未満（計算肉厚+1.0mm）、元厚1/2以下、ケレン不可部
【 接触部 】サポート接触部、配管接触部、デッキ接触部
【非接触部】接触部以外

13

外面腐食検査の取り組み

【不良部総数に対する保温配管率とその傾向】



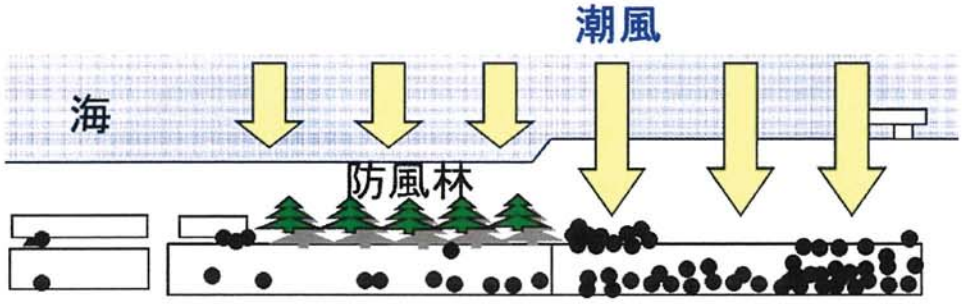
オフサイト配管 ： 直管で曲がりが少ない 、人が立ち入る場所ではない **（ＣＵＩ少ない）**
オンサイト配管 ： 小径、形状が複雑、保温材を破損させる可能性高い **（ＣＵＩ多い）**

オフサイト配管については、古いタイプの保温材（吸水性）と雨仕舞の良くない板金処理でもＣＵＩはあまり起きていないため、検査2巡目に関してはあまり心配の必要はないと考えられる。（スクリーニングで大部分省略できる）

14

外面腐食検査の取り組み

【防風林の腐食抑制効果】



●:腐食箇所を示す

海岸地帯は潮風の影響で腐食が発生しやすいが、
防風林により腐食を抑制できているのが、
異常箇所のプロットより分かった。

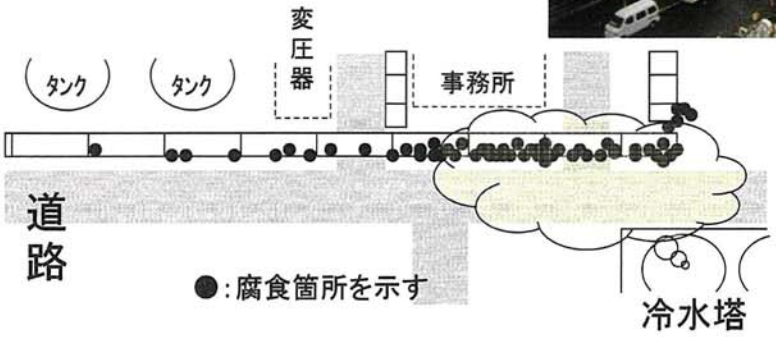
15

外面腐食検査の取り組み

【冷水塔の影響】

冬場になると北風の影響で冷水塔からの
湯気がラックの一部を常に覆っており、
多数の腐食異常箇所が検出された。





16

[redacted]

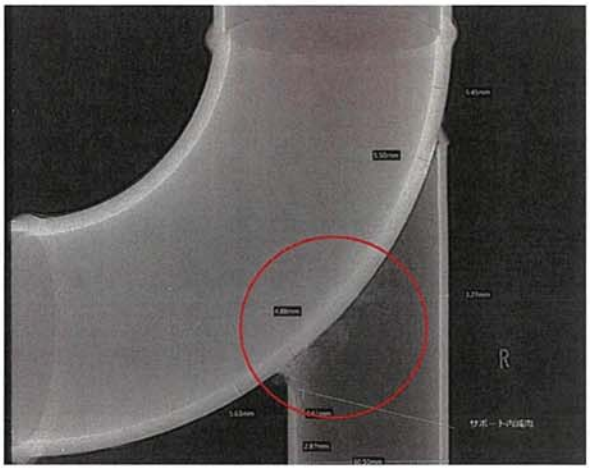
外面腐食検査の取り組み

【（特殊検査）ダミーサポート内部腐食検査】



見た目では水が入るような隙間が
ないようなものでも、僅かな
溶接不良部から水分が侵入し
腐食しているケースがあるため、
基本的には全数検査。
（ステンレス管は除く）

ダミーサポート内部で腐食が進展して開口に
至った事例が過去にあったため、
ダミーサポート内部の腐食検査を展開中。
（建設年の古い設備から順番に）



17

[redacted]

以上

18

様式1－1－1危険物製造所自主検査周期設定表

製造所・一般取扱所

〔[redacted]〕自主検査周期設定表

No.1

施設名：[redacted]

◇印：運転部門で行う検査
○印：専門的立場で行う検査

検査区分	検査対象設備 名称		基数	対象装置等と適用法定区分 法定定期点検	高危混在	一圧ボイラ	化学設備	特殊化学設備	特定化学設備	検査項目	検査周期 日常検査 1/直	1/D	他	定期検査（運転中） 1/6M	1/Y	他	定期検査（停止中） 1/Y	1/2Y	1/4Y	他	
共通構築物・設備	標識・掲示板									損傷・文字消えの有無、	◇				◇						
	保安距離／保有空地									保安距離、保有空地確保の有無	◇				◇						
	建築物（壁・柱・床・階段）									変形・腐食・振動・脱落の有無	◇				◇						
	架構（支柱・はり・床面・階段）									変形・腐食・振動の有無	◇				◇						
	排気・排出設備	給・排気ダクト								ﾄﾞﾗﾌﾄﾌｧﾝﾀﾞｸﾄの変形・隙間・腐食の有無	◇										
		引火ダンパー・防止網								引火防止網損傷・腐食の有無						◇					
		ファン								異音・振動の有無						◇					
		可燃性蒸気警報装置																			
	屋外設備（ﾀﾞｸﾄ・せき・地盤面）									損傷・ひび割れの有無	◇				◇						
	溜ます・排水溝・油分離装置									損傷・ひび割れの有無	◇				◇						
	危険物飛散防止	漏れ防止設備								階段部堰の腐食・変形の有無	◇				◇						
		あふれ防止設備																			
		飛散防止設備																			
反応装置	基礎・架台・支柱									割れ・ボルトの緩み・変形・腐食の有無	◇				◇						[redacted]
	本体	本体、フランジ締結部								漏洩・ﾎﾞﾙﾄの緩み・腐食・変形の有無	◇				◇						
		覗き窓、各ノズル部								腐食・変形の有無	◇				◇					○	
		ジャケット、各ノズル部								腐食・変形の有無	◇				◇					○	
		シール部								漏洩・腐食の有無	◇				◇						
		塗装・保温部								腐食・断熱の脱落・板金腐食の有無	◇				◇						
		アース状態								ｱｰｽ線断線・固定ﾎﾞﾙﾄ緩みの有無	◇				◇						
つづく	撹拌装置	モーター・駆動機								異音・振動・シール不良・電流値Overの有無	◇				◇						
		変・減速機								異音・振動・シール不良・腐食の有無	◇				◇						
		翼・羽根・軸								腐食・変形・脱落の有無									○		
		グランド・軸受部								ｸﾞﾗﾝﾄﾞ漏洩・軸受漏洩・異音・振動の有無	◇				◇						

別紙6

外観目視検査員認定制度

[redacted]

目的　機器及び配管等の外観目視検査における
- 検査精度の標準化、維持向上
- 外面腐食の未然防止（断熱不良箇所の早期検出）

本要領にて認定された検査員が外観目視検査員として、定期検査時の外観目視検査を実施している。

外観目視検査員認定教育の内容

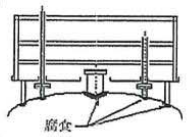
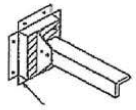
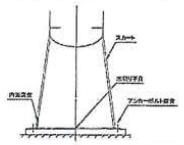
1. 外観目視検査とは？
2. 用語の定義
3. 外観目視検査の方法
4. 外観目視検査
   1）各装置の検査ポイント
   2）配管系の外面腐食検査
   3）目視検査と処置要領
   4）報告書様式（各施設統一）

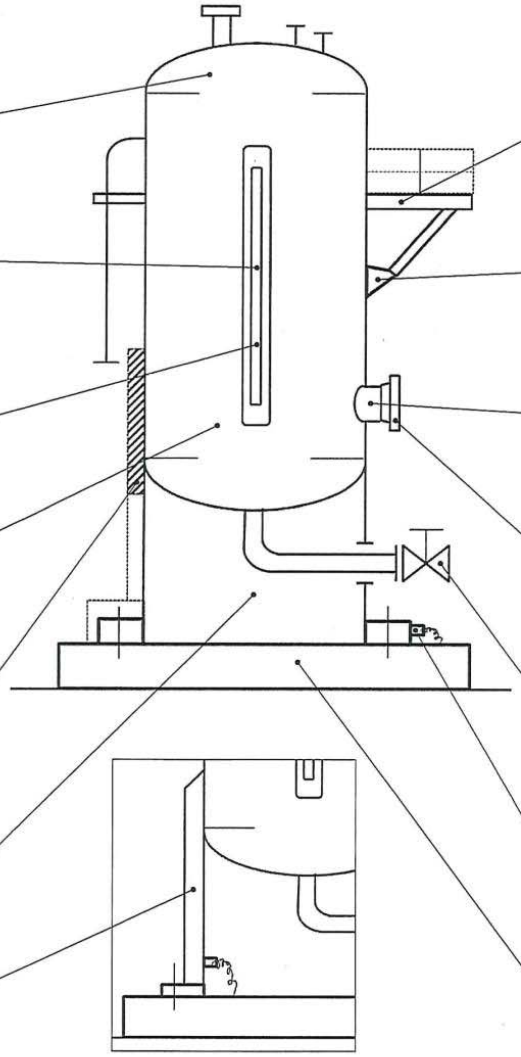
別紙７

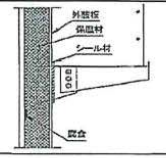
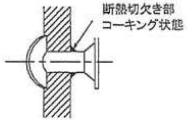
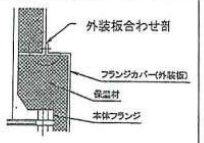
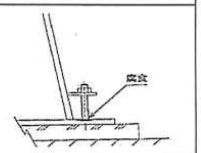
教育資料の例（各装置の検査ポイント）

[redacted]

資料-1-2　静機器（縦置）の検査ポイント

検査のポイント	検査の視点	図示	部位
	塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食 ノズル、ステージの付け根部の腐食		槽頂部
	塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食 外装材の隙間、シール不良		配管サポート
	塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食 外装材の隙間、シール不良		液面計
	塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食 外装材の隙間、シール不良		本体（胴部）
	外装材の変形 外装材の隙間、シール不良 外装材の腐食、破損、穴明き 外装材・断熱材脱落、未復旧 （肉厚測定孔の未復旧）		断熱材
	塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食 外装材の隙間、シール不良 耐火被覆の割れ、欠落		スカート
	塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食		レグ



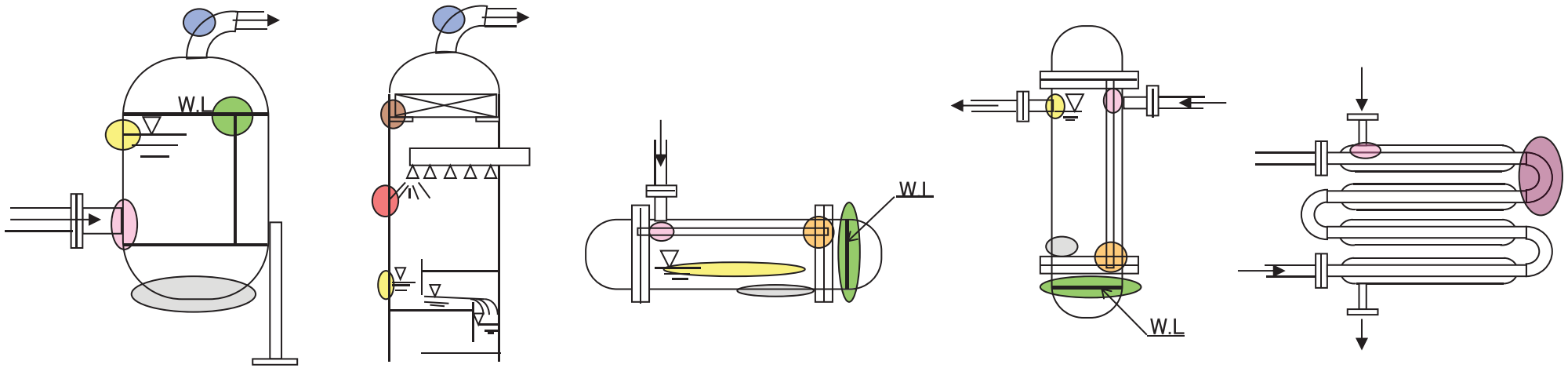
部位	図示	検査の視点	検査のポイント
ステージ		塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食	
ラグ		塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食 外装材の隙間、シール不良	
ノズル、マンホール		塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食 外装材の隙間、シール不良	
締結部		ガスケットサイズの間違い フランジの片締め ボルト・ナットの異常 ・本数不足、長短、混在 塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食 外装材の隙間、シール不良	
機器付弁		ボルト・ナットの異常 塗装剥がれ、劣化 外部損傷、割れ、腐食 外装材の隙間、シール不良 弁ハンドルの破損、欠損、脱落	
静電気除去措置		アースの外れ、緩み	
基礎立ち上がり部等		化粧モルタルの割れ、脱落 基礎の鉄筋、ライナー露出 ベース腐食、浮き上がり 緩み アンカーボルト、ナットの腐食	

付図―1

制定　2010年5月6日

機器内部腐食危険箇所

	位置	検討ポイント	現象
	界面	流体成分が析出し易い	Clなど濃縮しSCC
			析出物の下で酸素濃淡、SCC
	流体入口	ﾀﾝｼﾞｪﾝｼｬﾙでの進入の場合	流体の流れに沿いｴﾛｰｼﾞｮﾝ
		内部流体と流入流体の温度差	ﾋｰﾄｱﾀｯｸ
		ﾁｭｰﾌﾞへ直に（ｲﾝﾋﾟﾝｼﾞﾊﾞｯﾌﾙなし）	ﾋｰﾄｱﾀｯｸ、ｴﾛｰｼﾞｮﾝ
	流体出口	ﾐｽﾄ同伴	ｴﾛｰｼﾞｮﾝ
	機器底部	固形物や結晶が堆積しやすい	堆積物の下で酸素濃淡、SCC
	溶接線	残留応力が大きい	Clが存在し濃縮する条件でSCC
		Tやクロスすると応力集中が大きい	Clが存在し濃縮する条件でSCC
			繰り返し応力で割れ
	ﾁｭｰﾌﾞ端面	ｼｰﾙ溶接、ｽﾄﾚﾝｸﾞｽ溶接部の残留応力	Clの存在でSCC
		拡管部の隙間	隙間腐食、Cl存在でSCC
	ｽﾌﾟﾚｰ接触	高温ｶﾞｽに低温液体ｽﾌﾟﾚｰ	熱疲労、ﾋｰﾄｱﾀｯｸ
	流路変化部	急激な流路変化部での渦発生（流れの乱れ）	ｴﾛｰｼﾞｮﾝ・ｺﾛｰｼﾞｮﾝ
	内装品取付部	隙間があり液が滞留	滞留による腐食速度UP（pH低下）

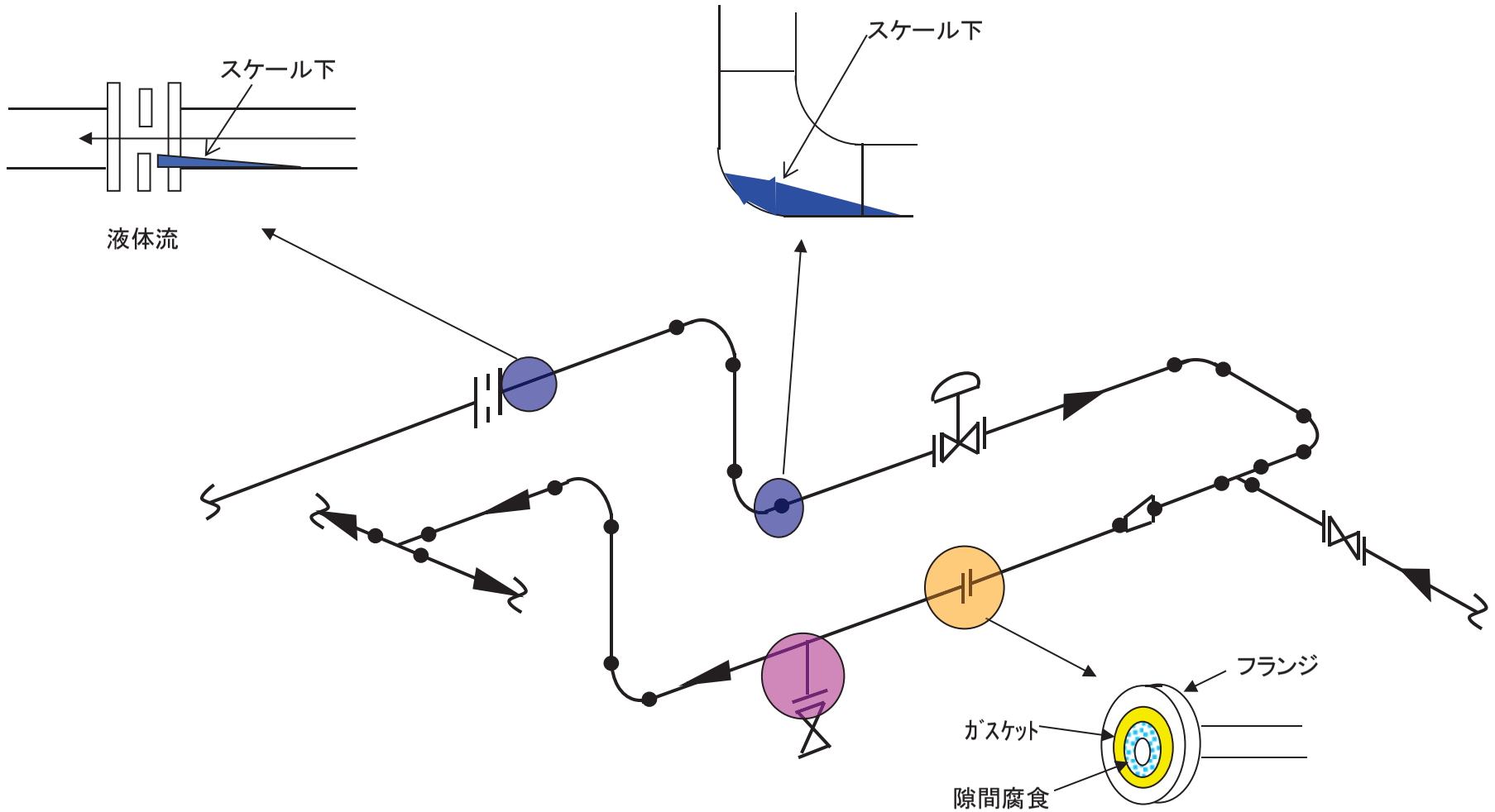


別紙８

付図-2

制定　2010年5月6日
改訂　2017年5月15日

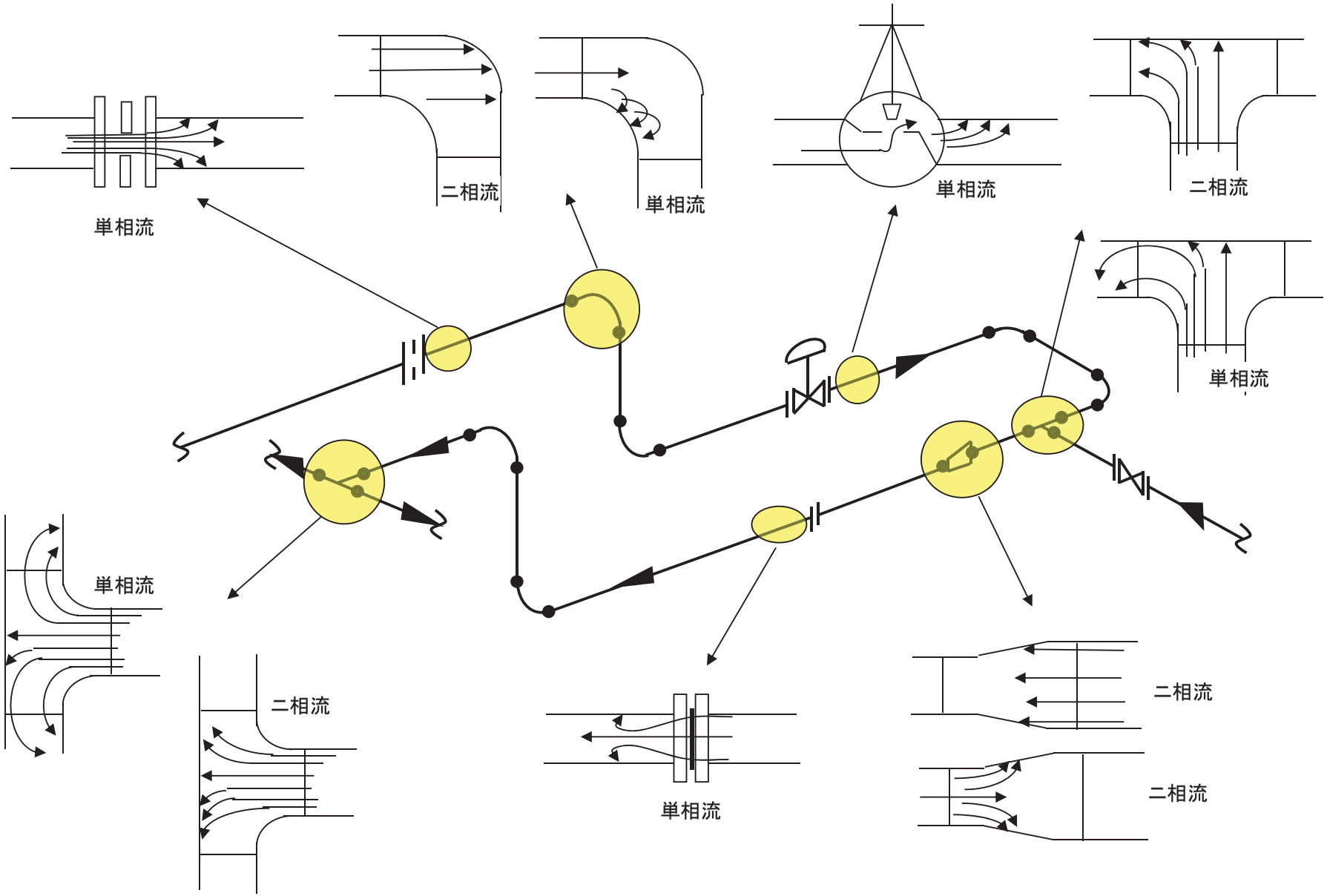
配管内部腐食危険箇所



付図ー3

制定　2010年5月6日
改訂　2017年5月15日

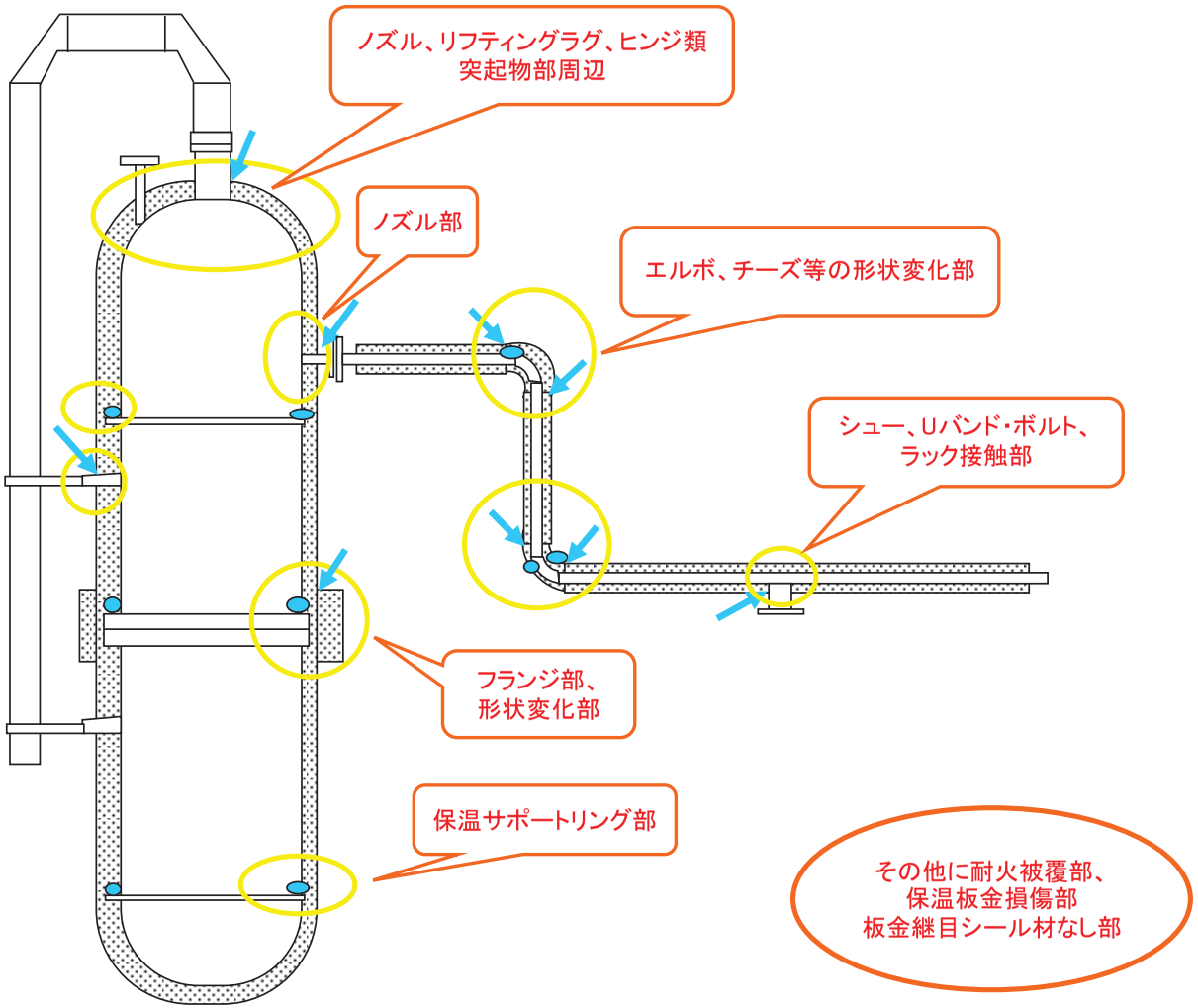
配管内部エロージョン・コロージョン危険箇所



付図－4

制定　2010年5月6日
改訂　2017年5月15日

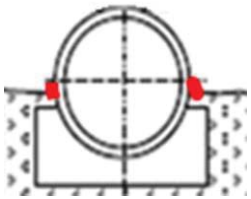
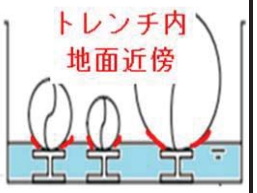
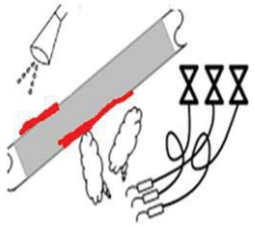
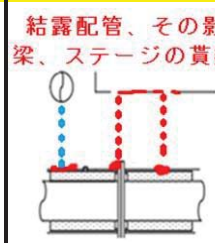
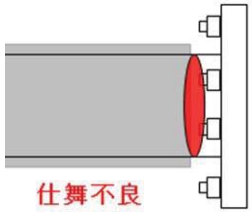
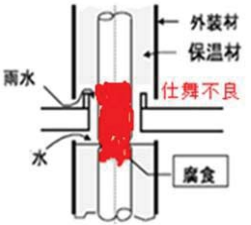
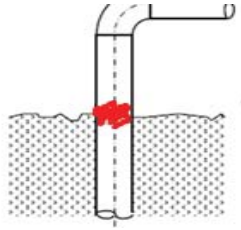
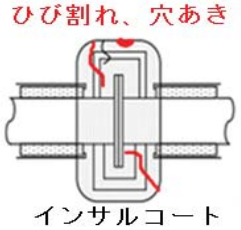
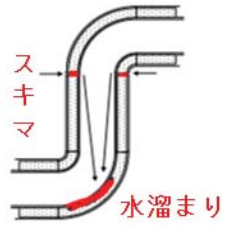
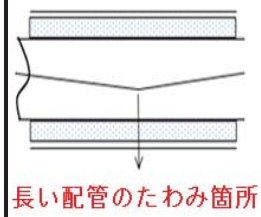
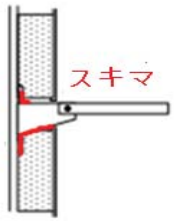
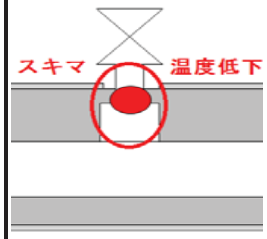
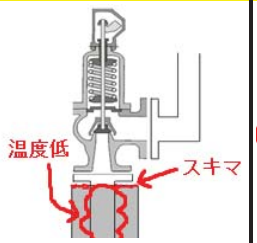
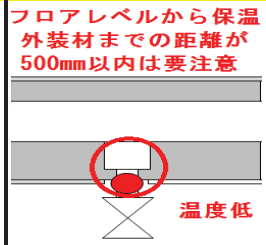
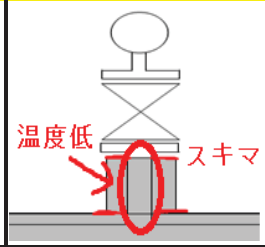
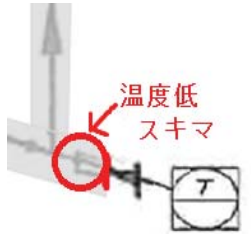
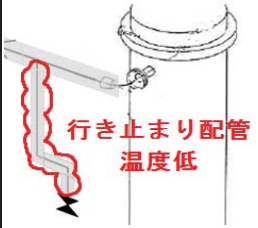
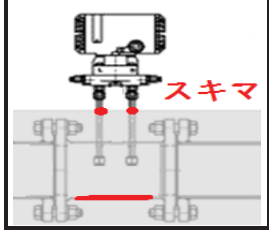
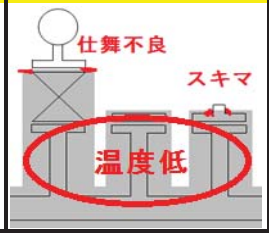
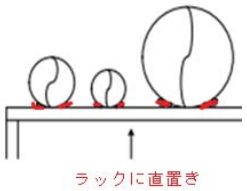
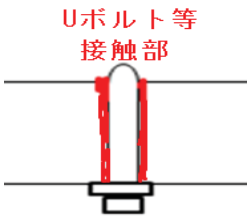
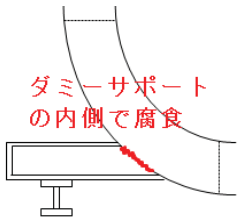
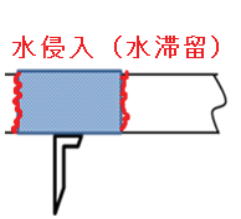
外部腐食の起こりやすい箇所



付図-5

ＮＦ外部腐食の高リスク箇所（モデル図）

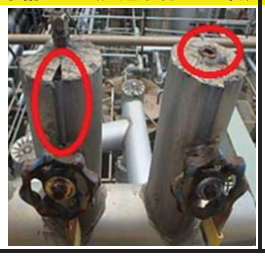
制定　2017年5月15日

A-1 設置環境 配管接地部	A-2 設置環境 トレンチ内/地面に近い配管底部	A-3 設置環境 トラップ近傍（湿潤環境部）	A-4 設置環境 上部構造部からの水暴露部	A-5 設置環境 半屋内　ステンレス配管 変色部	B-1 雨水侵入懸念箇所 保温端末、切欠き部	B-2 雨水侵入懸念箇所 ステージ等貫通部
						
B-3 雨水侵入懸念箇所 埋設境界部	**B-4 雨水侵入懸念箇所 インサルコート部**	**C-1 水滞留箇所 立ち上がり下部**	**C-2 水滞留箇所 たわみ下部**	**C-3 水滞留箇所 サポートリング、ラグ等上部**	**C-4 水滞留箇所 垂直管フランジ上部**	**C-5 水滞留個所 火傷防止（金網）施工**
						
D-1 構造デッド ノズル（ドレン、ベント、サンプリング）	**D-2 構造デッド 安全弁、逃がし弁配管（端末近傍）**	**D-3 構造デッド CVバイパスバルブライン**	**D-4 構造デッド パージ用ノズル**	**D-5 構造デッド 圧力計ノズル（圧力計装ノズル含）**	**D-6 構造デッド 温度計ノズル**	**D-7 構造デッド 行き止まり配管（端部近傍）**
						
D-8 構造デッド オリフィス、ベンチュリー導圧管	**D-9 構造デッド 予備ノズル（用途不明ノズル含）**	**E-1 サポート 梁直置き**	**E-2 サポート Uボルト/Uバンド**	**E-3 サポート ダミーサポート**	**E-4 サポート 防食テープ施工**	**その他**
						

付図-5

ＮＦ外部腐食の高リスク箇所(写真)

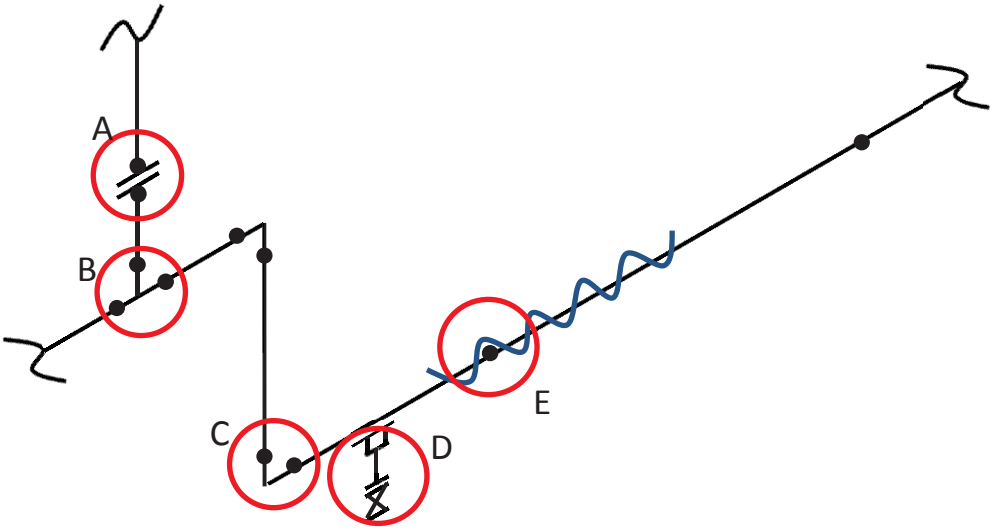
制定　2017年5月15日

A-1 設置環境 配管接地部	A-2 設置環境 トレンチ内/地面に近い配管底部	A-3 設置環境 トラップ近傍(湿潤環境部)	A-4 設置環境 上部構造部からの水暴露部	A-5 設置環境 半屋内　ステンレス配管 変色部	B-1 雨水侵入懸念箇所 保温端末、切欠き部	B-2 雨水侵入懸念箇所 ステージ等貫通部
						
B-3 雨水侵入懸念箇所 埋設境界部	B-4 雨水侵入懸念箇所 インサルコート部	C-1 水滞留箇所 立ち上がり下部	C-2 水滞留箇所 たわみ下部	C-3 水滞留箇所 サポートリング、ラグ等上部	C-4 水滞留箇所 垂直管フランジ上部	C-5 水滞留個所 火傷防止(金網)施工
						
D-1 構造デッド ノズル(ドレン、ベント、サンプリング)	D-2 構造デッド 安全弁、逃がし弁配管(端末近傍)	D-3 構造デッド CVバイパスバルブライン	D-4 構造デッド パージ用ノズル	D-5 構造デッド 圧力計ノズル(圧力計装ノズル含)	D-6 構造デッド 温度計ノズル	D-7 構造デッド 行き止まり配管(端部近傍)
						
D-8 構造デッド オリフィス、ベンチュリー導圧管	D-9 構造デッド 予備ノズル(用途不明ノズル含)	E-1 サポート 梁直置き	E-2 サポート Uボルト/Uバンド	E-3 サポート ダミーサポート	E-4 サポート 防食テープ施工	その他
						

付図-6　ESCC懸念箇所

制定　2017年5月15日

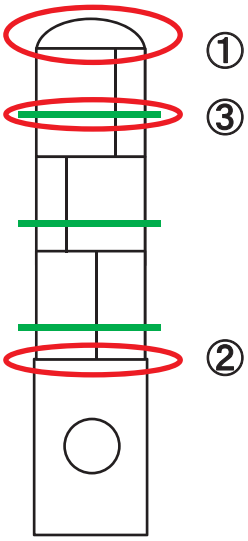
配管『ESCC懸念箇所』



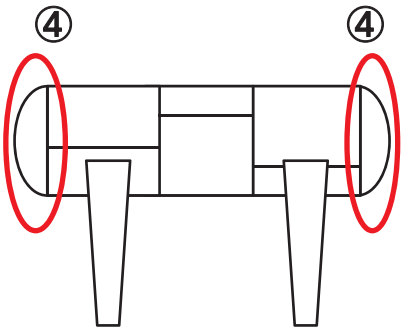
○ :部　PT検査箇所

検査番号	検査箇所
A	垂直配管　フランジ上部溶接線
B	垂直配管　立下りチーズ溶接線
C	垂直配管　立下りエルボ溶接線
D	ドレン配管　立下り上部溶接線
E	トレース敷設配管　溶接線
その他	ラップジョイント（ルーズフランジ）付根

機器『ESCC懸念箇所』



竪型



横型

▬ :部　保温止めリング　又は　補強リング

○ :部　PT検査箇所

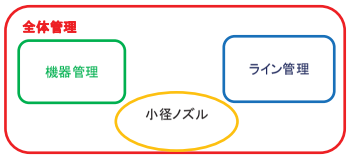
検査番号	検査箇所
①	上部鏡板×胴板　溶接線 及び上部鏡板全面
②	胴板×下部鏡板　溶接線
③	最上部の雨水滞留懸念箇所　保温止めリング/補強リング/フランジ　等
④	鏡板×胴板　溶接線　及び鏡板全面

付図－7　NF外部腐食管理表

制定　2017年5月15日

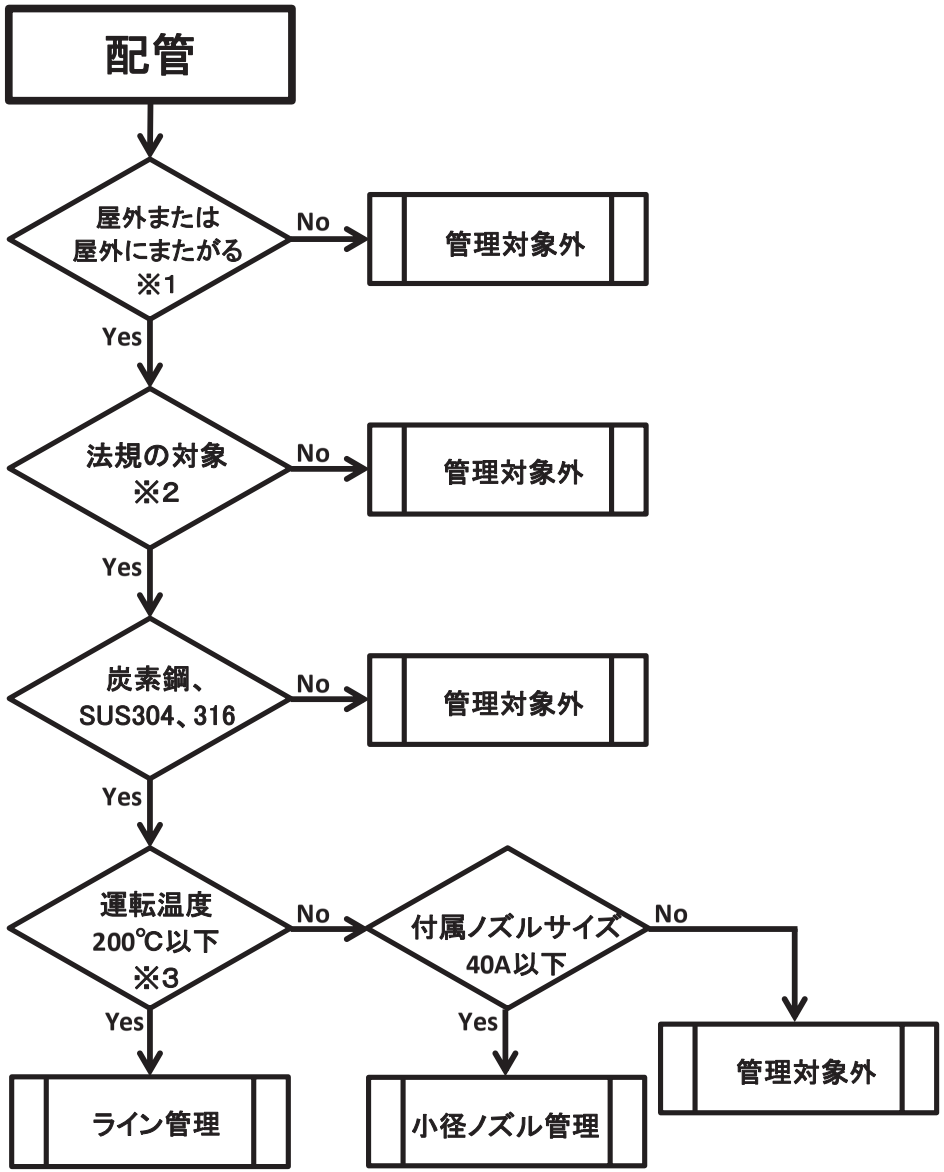
	全体管理			機器管理		ライン管理		小径ノズル管理		共通ラック配管管理
検査概念	運転管理部門自身が運転に関わる全設備を周期的に、外面目視にて一次検査を実施し必要に応じて設備管理部門に二次三次検査を依頼する			運転に関わる重要機器を選定し、周期的に設備管理部門で詳細検査（三次検査）を実施する		運転に関わる重要配管を選定し、周期的に設備管理部門で詳細検査（三次検査）を実施する		運転に関わる重要設備のうち運転温度が200℃を超える機器・配管の40A以下の小径ノズルの詳細検査（三次検査）を実施する		運転に関わる重要ラインは周期的に設備管理部門で検査を実施する。
	一次検査	二次検査	三次検査	運転管理部門	設備管理部門	運転管理部門	設備管理部門	運転管理部門	設備管理部門	設備管理部門
検査対象	・B/L外(法規・重要配管)、出荷／受入設備を含む運転管理部門が所有する全設備（機器・配管・計装・電気設備全般） ・運転管理部門は不具合個所の二次検査を設備管理部門に依頼する	・一次検査にて二次検査が必要と判断された部位 ・三次検査の必要性は設備管理部門が判断する	・二次検査にて三次検査が必要と判断された部位	・管理対象設備選定フローチャートにより機器の選定実施	・運転管理部門により選定された機器全てを星取表に落とし込む	・管理対象設備選定フローチャートにより配管の選定実施	・運転管理部門により選定された配管全てをリスト化する	・管理対象設備選定フローチャートにより該当する設備の選定実施	・運転管理部門により選定された該当設備の40A以下のノズルをP&Iに落とし込む	・ライン管理対象に準ずる
検査手法	・CCDカメラなどを使用した目視検査	・目視検査を基本とする（簡易測定器等の利用、広範囲の場合はｽｸﾘｰﾆﾝｸﾞ検査を含む） ・必要に応じて足場の仮設や断熱材の解体を行う	・検査会社による詳細検査	設備管理部門にて実施 「付図-9　機器管理検査手法」に準ずる		設備管理部門にて実施 「付図-10　ﾗｲﾝ管理検査手法」に準ずる		設備管理部門にて実施 炭素鋼：ノズル断熱材全解体検査 ①全体目視 ②不具合部肉厚測定 ステンレス鋼：ノズル断熱材全解体PT検査 ①溶接線全線		設備管理部門 ライン管理検査に準ずる
検査周期	1回／年	一次検査後速やかに	二次検査後定修完了まで	機器毎8年		配管毎8年		ノズル毎8年		配管毎8年
実施者	製造課／委託業者	製造課及び工務担当者	検査会社	対象機器選定：運転管理部門／検査実施：工務担当者		対象機器選定：運転管理部門／検査実施：工務担当者		対象設備選定：製造課／検査実施：工務担当者		工務担当者
検査記録者	製造課／委託業者	工務担当者	工務担当者	検査会社		検査会社		検査会社		検査会社
検査記録責任者	製造保全担当(設備担当者)	工務担当者	工務担当者	工務担当者		工務担当者		工務担当者		工務担当者
進捗管理者	工務担当者	製造保全担当(設備担当者)	製造保全担当(設備担当者)	工務管理職		工務管理職		工務管理職		工務管理職
進捗確認法	設備定例会議	設備定例会議	設備定例会議	設備定例会議		設備定例会議		設備定例会議		－
記録方法	全体管理点検結果表（Excel）	全体管理点検結果表（Excel）	全体管理点検結果表（Excel）	設備管理システム		A－MIS		機器付ノズル「設備管理システム」、配管付ノズル「A－MIS」		A－MIS
計画/記録管理	製造保全担当	製造保全担当	製造保全担当	工務担当者		工務担当者		工務担当者		工務担当者

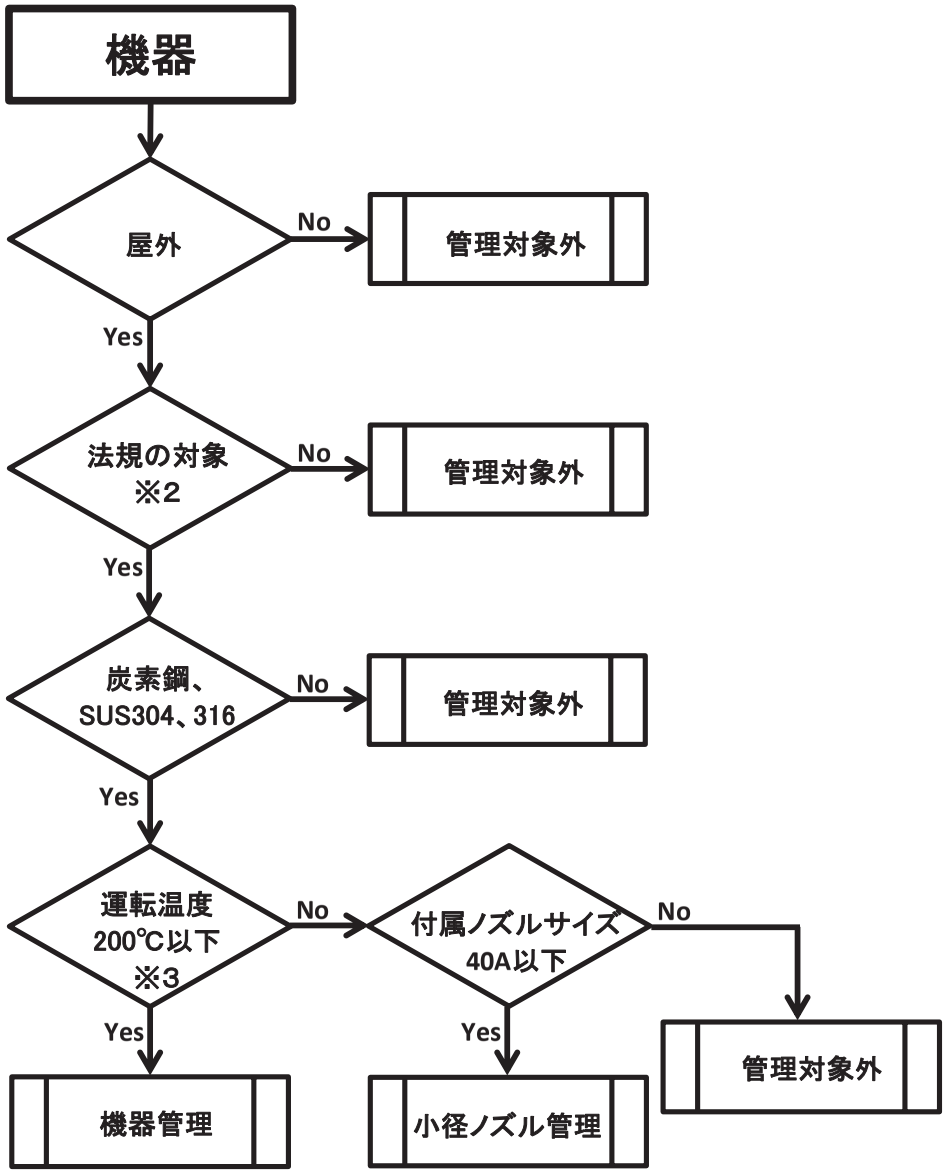
外部腐食検査管理ｲﾒｰｼﾞ図



付図-8　機器管理、ライン管理対象設備選定フローチャート

制定　2017年5月15日

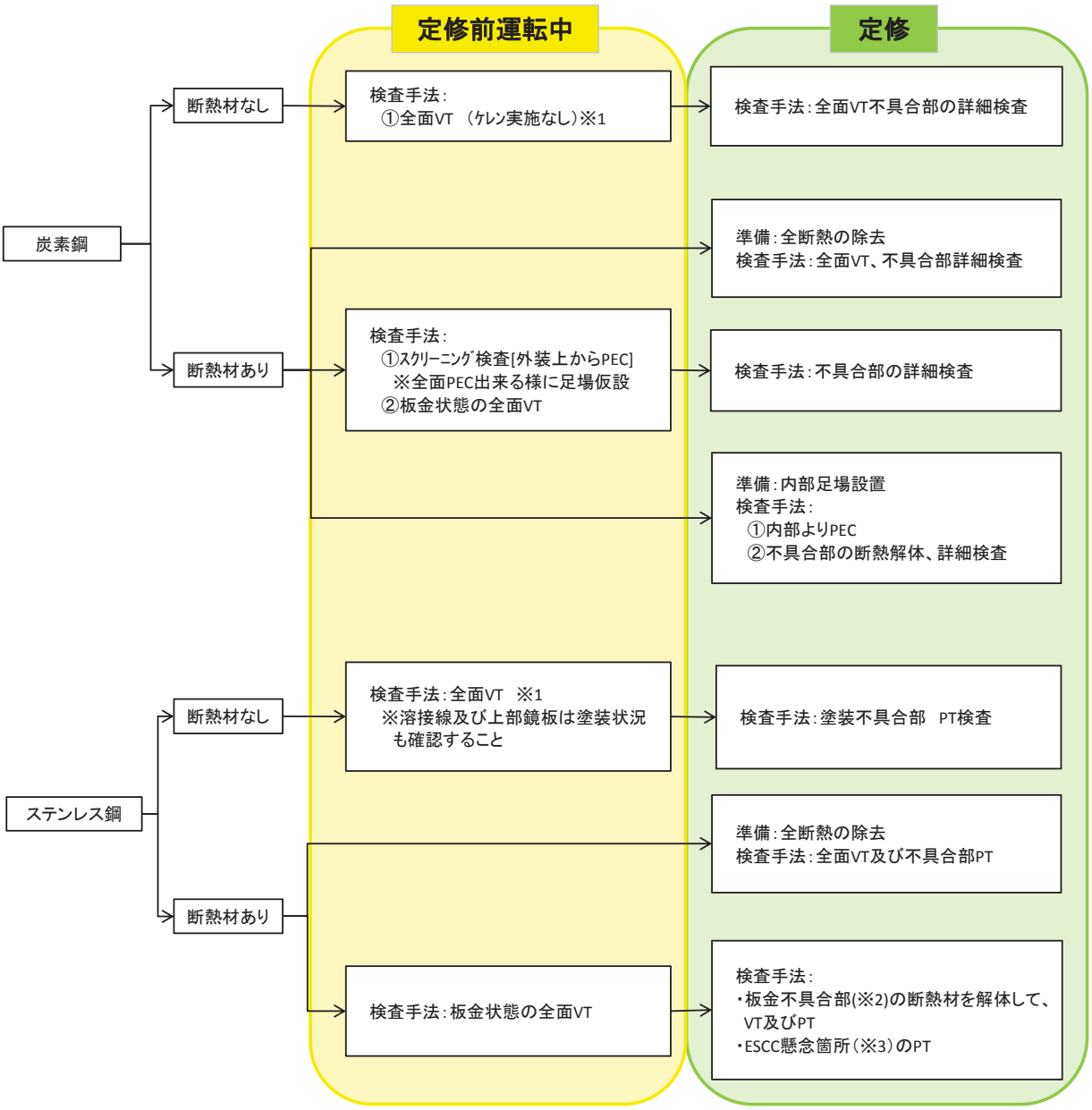




※1：屋内外にまたがる配管は、屋内側300mmから屋外側を管理対象とする
※2：法規とは、高圧ｶﾞｽ保安法、消防法、毒物及び劇物取締法、鉱山保安法
労働安全衛生法（一圧、ﾎﾞｲﾗｰ）、電気事業法
※3：起動・停止が多く、常に温度が高くない場合はライン管理・機器管理を
検討のこと

付図-9 機器管理検査手法

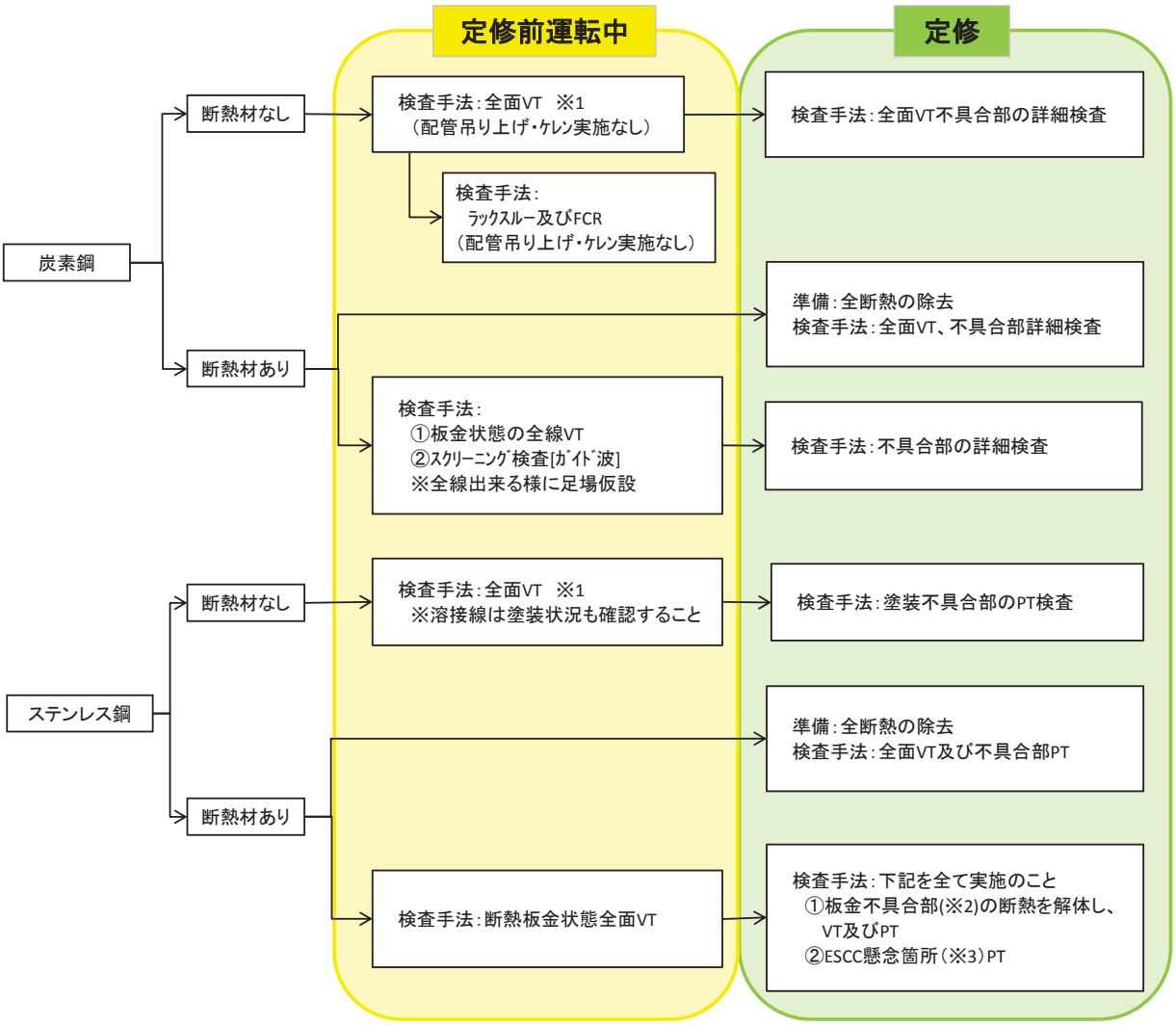
制定 2017年5月15日



※ 検査は全て検査会社に委託して実施すること
※ PT検査は運転中に出来る箇所は運転中に実施すること。
※1 全面VTが出来るようにﾎﾟｰﾙｶﾒﾗや高所作業車を使用し、必要であれば足場を仮設すること。
※2 板金不具合部の検査は板金不具合部のみならず、雨水の浸入経路、滞留箇所等を考慮して、断熱解体・検査範囲を決定すること。
※3 付図-6 機器『ESCC懸念箇所』を参照し、検査部位を決定のこと。

付図-10 ﾗｲﾝ管理検査手法

制定 2017年5月15日



※ 検査は全て検査会社に委託して実施すること
※ PT検査は運転中に出来る箇所は運転中に実施すること。
※1 全面VT が出来るようにﾎﾟｰﾙｶﾒﾗや高所作業車を使用して、必要であれば足場を仮設すること。
※2 板金不具合部の検査は板金不具合部のみならず、雨水の浸入経路、滞留箇所等を考慮して、断熱解体・検査範囲を決定すること。
※3 付図-6 配管『ESCC懸念箇所』を参照し、検査部位を決定のこと。

別紙９

No	機　器　名	点検箇所	着　眼　点
36	１・２重油タンク、重油配管	本体	(1)タンク基礎部の亀裂 (2)底面シール部の損傷 (3)各マンホールからの漏れ (4)タンク内面異常痕跡 (5)タンク内面側壁及び浮屋根上部油付着の有無 (6)シールバックのシール状態 (7)シールバックの亀裂 (8)ウェザーフードの汚損、腐食、脱落 (9)ルーフサポートの損傷 (10)アトモス弁の動作状態 (11)測定孔の閉止状態 (12)ルーフ排水口の詰まり
		昇降設備	(1)手摺り、階段の腐食損傷
		液面計	(1)タンク液面計指示〔KL〕 (2)タンク液面計指示〔㎜〕 (3)タンク(下)液面計指示〔㎜〕 (4)タンク(下)液温計指示〔℃〕 (5)タンク(上)液面計指示〔㎜〕 (6)タンク(上)液温計指示〔℃〕
		タンク散水設備	(1)損傷の有無 (2)詰まり（散水中確認）
		粉末消火装置	(1)損傷の有無 (2)N_2圧力
		浮屋根排水ピット	(1)レベル (2)油の浮遊 (3)積算指示 (4)配水管の漏れ
		重油配管および弁類	(1)弁の開閉状態 (2)弁のグランド、フランジ等からの漏れ (3)ベント弁、ブロー弁　シート漏れの有無

配管点検項目

	項目
1	配管伸縮管、フランジ、ブラインドプレートキャップ、エアーベントに腐食、錆、滲みおよびボルトの緩みはないか.
2	塗装状況はよいか
3	圧力計および温度計は正常か
4	圧力警報器およびリリーフバルブは正常か
5	電動弁バルブのステムからの漏れ、球切れおよび開度指示は正常か
6	手動バルブのグランドパッキンからの漏れはないか
7	架台亀裂はないか
8	固定ボルトに緩みはないか
9	架台配管支柱との接点は正常か
10	バルブおよび配管の漏れはないか
11	電動弁および構内灯の球切れはないか
12	ポンプヤード内の異常はないか

〈以下保温配管〉

1	ウォーターハンマー等の異音はないか
2	保温材およびカバーの損傷はないか
3	トラップの詰まりおよび調整温度は正常か
4	トレースの腐食および漏れはないか
5	ＴＩＣは正常か

ポンプ設備点検項目

1	潤滑油ポンプの運転確認
2	潤滑油油面が正常な範囲にあるか
3	サクション、デリベリ圧力のチェック
4	ストレーナーの差圧計チェック
5	モーター電流計が管理値内か
6	モーターおよびポンプの温度が管理値内か
7	回転計が管理値内か
8	ポンプの吐出圧力およびバルブ開度確認
9	メカ漏れおよびグランド漏れはないか
10	異常振動はないか
11	異音はないか
12	冷却水への潤滑油混入はないか
13	バルブおよび配管の漏れはないか
14	電動弁および構内灯の球切れはないか
15	ポンプヤード内の異常はないか

別紙１０

別紙１１

タンク月例点検結果

[redacted]

タンク番号	[redacted]
年月日	
点検者	

点検箇所				異常の有無
101	屋根部	ローリングラダー	変形、車輪の固定状況、作動状況	無
102	屋根部	ガイドローラー	ウエル部の損傷はないか？	無
103	屋根部	ポンツーン蓋	外れていないか。ロックされているか	無
104	屋根部	ウェザーシールド	変形、アースの断線、側板との間の隙間確認	無
105	屋根部	エマージェンシードレン	適正水量か？	無
106	屋根部	ルーフドレン	金網の詰り・排水状況、油の混入、腐食	無
107	屋根部	検尺孔類	変形、亀裂、周囲の汚損	無
108	屋根部	屋根マンホール	腐食、漏洩	無
109	屋根部	ルーフサポート	腐食、折損、シールの状況、周囲の汚損	無
110	屋根部	除電棒	断線・取付部のゆるみ(ハンマリング)	無
111	屋根部	現場型液面計	ワイヤーの取付け・ゆるみ	無
113	屋根部	エアーフォームダム	腐食、汚損	無
114	屋根部	屋根	塗装、腐食、変形、漏洩、清掃有無、アース断線	無
115	屋根部	屋根保温	めくれ、剥がれ、吸水箇所はないか	有
117	屋根部	クラック補修後	漏れ、にじみ(ポンツーン内部含む)	無
201	側板部	TGS	損傷の有無。取付部のゆるみ	無
202	側板部	エアーフォームチャンバ	腐食	無
203	側板部	側ノズル・マンホール	漏洩、取付ボルトの折損(ハンマリング)	無
204	側板部	側アース	断線・取付部のゆるみ(ハンマリング)	無
205	側板部	法面・アニュラ端部	漏洩はないか。亀裂	無
206	側板部	雨水浸入シール	劣化。亀裂	無
208	側板部	側板	漏洩、著しい腐食	無
209	側板部	側板保温状況	脱落	無
210	側板部	温度計	損傷、ゆるみ	無
211	側板部	電動弁	球切、開度は正常か、グランド部漏れ点検	無
212	側板部	ミキサー	メカ・グランド部からの漏洩の有無、	無
301	ヤード内	階段・歩廊	変形、損傷、腐食	無
302	ヤード内	配管・伸縮管	漏洩、変形、著しい腐食、フランジボルトのゆるみ	有
303	ヤード内	防油堤	亀裂、損傷、洗掘	無
304	ヤード内	雑草	有無(法面、防油堤含む)	無
308	ヤード内	油検知器	腐食、損傷	無
309	ヤード内	水切ピット	腐食、損傷、滞油、滞水、土砂等の堆積	無
312	ヤード内	リング測溝	水確認	無
313	ヤード内	雨水排水弁	漏洩、著しい腐食、塗装状況、開閉テスト、ランプ	無

非常用排水孔油層確認　単位：mm　　**置換完了日**

1孔	2孔	3孔	4孔	5孔	6孔
7孔	8孔	9孔	10孔	11孔	12孔

	A	B	C	D
ミキサー電流値　単位：A	41	38	38	41

定例作業(重点作業)	
異常項目・対応	[redacted]ポンツーン補修後異常なし 屋根保温材剥がれあり・・・工事請求中 加熱コイルB-1折損(台風被害)
スタッフコメント(対応結果)	

AC入力済み

別紙１２

様式例1－1(2)
(1／3)

危険物貯蔵所・取扱所 点検表(屋外タンク貯蔵所)

重油タンク

点検年月日	
点検者	

点検項目		点検内容	点検方法	点検結果	措置年月・内容等
保安距離		保安物件の新設はないか。	目視		
		新設された場合は距離の測定	実測		
保有空地		許可外物件存置の有無	目視		
タンクの沈下測定		不等沈下の有無（記録採取）	末頁(3/3)又は別紙に記載		
基礎		犬走り、法面およびコンクリートリングの損傷の有無	目視		
		水抜き管の目づまりの有無	目視		
底板	底板(アニュラ板を含む)	漏えいの有無	目視		
		張出部の変形、亀裂の有無	目視		
		張出部のめり込み、浮き上がり、土砂堆積、滞水の有無	目視		
		張出部の塗装状況および腐食の有無	目視（著しい腐食が認められた箇所は、計器による肉厚測定）		
		固定ボルトの腐食、ゆるみ等の有無	目視およびハンマーテスト等による		
	雨水進入防止措置	変形、亀裂、剥離等の有無	目視		
	水抜管等	漏えいの有無	目視		
		腐食、変形、損傷の有無	目視		
		取付部廻り低板の腐食の有無	目視		
		ピットの損傷、滞油、滞水、土砂等の堆積の有無	目視		
		水抜管とピットとの間隔の適否	目視		
		ドレン受け口の閉鎖状況	目視		
側板部	側板	漏えいの有無	目視		
		変形、亀裂の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視（著しい腐食が認められた箇所は、計器による肉厚測定）		
	ノズル(水抜管を含む)マンホール等	漏えいの有無	目視		
		変形、損傷の有無	目視		
		取付ボルトの折損等の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視（著しい腐食が認められた箇所は、計器による肉厚測定）		
	タンクアース	断線の有無	目視		
		取付け部のゆるみ等の有無	目視		
	ウインドガーダーおよび階段	変形、損傷の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		

（凡例）✔：異常なし。△：異常あり。□：作業中。

点検項目		点検内容	点検方法	点検結果	措置年月・内容等
屋根部	屋根板	漏えいの有無	目視		
		変形、亀裂の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視（著しい腐食が認められた箇所は、計器による肉厚測定）		
		排水状況	目視		
	通気管(大気弁付通気管、リムベント、オートマチックブリダーベント)	引火防止装置の損傷、目づまり、腐食の有無	目視（ただし、外部から点検不能の場合は、取り外して行う。）		
		弁の作動状況（大気弁付通気管、リムベント）	作動確認		
		管内障害物の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
		バードスクリーンの損傷および目詰まりの有無（大気弁付通気管、ﾘﾑﾍﾞﾝﾄ）	目視		
	検尺口、サンプリング口、マンホール	変形、亀裂、隙間の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
		周囲汚損の有無	目視		
	ウェザフード	変形、損傷の有無	目視		
		側板との接触状況	目視		
	シール機構	変形、損傷の有無	目視		
		側板との接触状況	目視		
	ルーフドレン	ドレン機能の適否	目視		
		集水口付近の油にじみの有無	目視		
		詰まりの有無	目視		
		集水口の腐食の有無	目視		
		排水の油混入の有無	目視		
	エマジェンシードレン	ドレン機能の適否（水封式のものにあっては適正水量の確認）	目視(水封式のものはｳｫｰﾀﾘﾎﾞﾝ等による確認)		
		詰まりの有無	目視		
		集水口の腐食の有無	目視		
	ポンツーン	漏えいの有無	目視		
		変形、亀裂の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
	ガイドポール	変形、傾斜の有無	目視		
		腐食の有無	目視		
		ローラとの間隔の適否	目視		
	ローリングラダー	変形、亀裂の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
		車輪のゆるみの有無等車輪の固定状況の適否	目視およびﾊﾝﾏｰﾃｽﾄ等による		
		作動機能の適否	目視		
	ルーフアース	断線の有無	目視		
		取付部のゆるみ等の有無	目視		
計測装置	直読式液面計	損傷の有無	目視		
		取付部のゆるみ等の有無	目視		
		作動、指示状況	目視		
	液面計	変形、腐食、損傷、塗膜剥離の有無	目視		
		接地線断線、取り付け部の緩み有無	目視		
		電線管取り付け部の変形、腐食の有無	目視		
		作動状況の適否、本体損傷の有無	目視		
		ゲージポール変形、腐食、損傷の有無	目視		
		直読式液面計との器差の有無	目視		
	温度計	損傷の有無	目視		
		取付部のゆるみ等の有無	目視		
		作動、指示状況	目視		
	平均温度計	変形、腐食、損傷の有無	目視		
		電線管取り付け部の変形、腐食の有無	目視		
	液面上(下)限警報設備	損傷の有無	目視		
		機能の適否	作動確認		

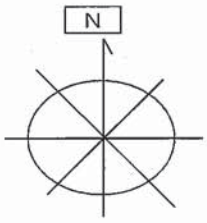
点検項目		点検内容	点検方法	点検結果	措置年月・内容等
配管・バルブ等	配管(可撓部を含む)	漏えいの有無	目視		
		変形、損傷の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視（著しい腐食が認められた箇所は、計器による肉厚測定）		
		地面との離隔状況	目視		
	フランジ、バルブ等	漏えいの有無	目視		
		変形、損傷の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
		バルブ開閉機能の適否	目視		
		フランジボルトのゆるみ等の有無	目視（ゆるみの有無については、ハンマーテスト等による。）		
	注入口	漏えいの有無	目視		
		変形、損傷の有無	目視		
		接地電極損傷等の有無	目視		
	ラックサポート	固定の状況	目視		
		変形、損傷の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
	配管ピット	滞油、滞水、土砂等の堆積の有無	目視		
		亀裂、損傷の有無	目視		
	エアー抜き(ドレンを含む)	漏えいの有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
		機能の適否	作動確認		
電気設備		配線および機器の損傷の有無	目視		
		機能の適否	作動確認		
掲示板等		取付状況、記載事項の適否	目視		
		変形、腐食、損傷の有無	目視		
警報設備		損傷の有無	目視		
		機能の適否	作動確認		
吊装置		変形、腐食、損傷、塗膜剥離の有無	目視		
		アーム位置の良否	目視		

重油タンク接地抵抗測定値	測定箇所	測定値【Ω】
	北側	
	西側	
	南側	
	東側	

接地抵抗、不等沈下測定結果

測定結果は、[下記・別紙]の通り。

接地抵抗の測定



NO	測定値
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

不等沈下の測定



NO	測定値	NO	測定値	対角沈下	不等沈下
1		9			
2		10			
3		11			
4		12			
5		13			
6		14			
7		15			
8		16			

危険物貯蔵所・取扱所 点検表(屋外タンク貯蔵所)

屋外タンク付属施設関係

点検年月日	
点検者	

点検項目			点検内容	点検方法	点検結果	措置年月・内容等
防油堤	防油堤	防油堤等	亀裂、損傷等の有無	目視		
			目地の脱落等の有無	目視		
			波打ち、傾斜、の有無	目視(著しい場合はレベル計等による測定)		
			基礎部分の洗掘の有無	目視		
			堤内雑草その他不必要な物件の存置の有無	目視		
			仕切堤の損傷、ヒビ割れの有無	目視		
		排水溝、溜ます等	排水溝の亀裂、損傷の有無	目視		
			排水溝の滞油、滞水、土砂等の堆積の有無	目視		
			溜ますの亀裂、損傷の有無	目視		
			溜ますの滞油、滞水、土砂等の堆積の有無	目視		
			排水ゲート、止水蓋の腐食、損傷の有無	目視		
			排水ゲート、止水蓋の機能の適否	作動確認		
			流出危険物自動検知装置の機能適否	作動確認		
		排水ポンプ	排水ポンプの腐食、損傷、振動、異音の有無	目視		
			排水ポンプモータ腐食、損傷の有無	目視		
			モータ接地線断線、取付部の緩み有無	目視		
			水位制御機器、計器類の腐食、損傷の有無	目視		
			排水ポンプ制御盤腐食、損傷の有無	目視		
			電線管、取り付け部の変形、損傷、腐食の有無	目視		
			排水配管、弁類の変形、損傷、腐食の有無	目視		
		防油堤の階段および点検歩廊	階段、歩廊の変形、損傷の有無	目視		
			静電気除去設備接地線、棒等の機能の適否	目視		
タンクヤード配管・バルブ等		配管(可撓部を含む)	漏えいの有無	目視		
			変形、損傷の有無	目視		
			保温損傷、脱落の有無	目視		
			塗装状況および腐食の有無	目視(著しい腐食が認められた箇所は、計器による肉厚測定)		
			地盤面との離隔距離状況	目視		
		フランジ、バルブ等	漏えいの有無	目視		
			損傷の有無	目視		
			塗装状況および腐食の有無	目視		
			バルブ開閉機能、表示の適否	目視		
			弁駆動装置の不適合の有無(腐食、亀裂、塗膜剥離の有無)	目視		
			接地線(ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ)断線、取り付け部の緩み有無	目視		
			電線管、取り付け部の変形、損傷、腐食の有無	目視		
			フランジ、ボルト等のゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト		
		ラック、サポート	変形、損傷の有無	目視		
			塗装状況および腐食の有無	目視		
			固定状況の適否	目視		
		配管ピット	亀裂、損傷等の有無	目視		
			滞油、滞水、土砂等の堆積の有無	目視		

(凡例) ✔：異常なし。△：異常あり。□：作業中。

点検項目			点検内容	点検方法	点検結果	措置年月・内容等
受入計量設備	計量設備	空気分離装置	漏れ、変形、損傷、腐食、塗膜剥離の有無	目視		
			基礎、基礎ボルト等の腐食、損傷の有無	目視		
			接地線（ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ）断線、取り付け部の緩み有無	目視		
			弁駆動機構の不適合の有無	目視		
			付属配管、弁類の変形、腐食、損傷の有無	目視		
		濾過器	漏れ、変形、損傷、腐食、塗膜剥離の有無	目視		
			スラッジ洗浄設備の漏れ、損傷、腐食の有無	目視		
			スラッジ洗浄設備駆動機構の不適合の有無	目視		
			基礎、基礎ボルト等の腐食、損傷の有無	目視		
			接地線（ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ）断線、取り付け部の緩み有無	目視		
			付属配管、弁類の変形、腐食、損傷の有無	目視		
		流量計	漏えいの有無	目視		
			損傷の有無	目視		
			取付部のゆるみ等の有無	目視		
			作動、指示状況の適否	目視		
			制御部への指示および機能の適否	目視		
			接地線（ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ）断線、取り付け部の緩み有無	目視		
			電線管、取り付け部の変形、損傷、腐食の有無	目視		
		点検床	腐食、変形、塗膜剥離の有無	目視		
			静電気接地棒、線の取り付け部の緩み、損傷の有無	目視		
		廃油、排水槽	変形、損傷の有無	目視		
			滞油、滞水の有無	目視		
			検知装置の作動状況の適否	目視		
			槽、蓋の損傷、メジの脱落、ヒビ割れの有無	目視		
			付属配管、弁類の変形、腐食、損傷の有無	目視		
			制御盤、制御機器、計器類の腐食、損傷の有無	目視		
			電線管、取り付け部の変形、損傷、腐食の有無	目視		
			接地線（ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ）断線、取り付け部の緩み有無	目視		
			ﾎﾟﾝﾌﾟ・モータの腐食、損傷、振動、異音、漏れの有無	目視		
			塵芥流入防止網の詰まり、変形、腐食の有無	目視		
		防油堤	損傷、メジの脱落、ヒビ割れの有無	目視		
			基礎部分の洗掘の有無	目視		
			排水溝の損傷、土砂の堆積、油分の有無	目視		

点検項目			点検内容	点検方法	点検結果	措置年月・内容等
受入計量設備	配管フランジ等	配管(可撓部を含む)	水平距離内保安物件新設等の有無	目視(該当物件がある場合は実		
			保有空地内許可外物件存置の有無	目視		
			漏えいの有無	目視		
			変形、損傷の有無	目視		
			保温損傷、脱落の有無	目視		
			塗装状況および腐食の有無	目視(著しい腐食が認められた箇所は、計器による肉厚測定)		
			地盤面との離隔距離状況	目視		
		フランジ、切替弁、制御弁等	漏えいの有無	目視		
			損傷の有無	目視		
			塗装状況および腐食の有無	目視		
			バルブ開閉機能、表示の適否	目視		
			弁駆動装置の不適合の有無(腐食、亀裂、塗膜剥離の有無)	目視		
			接地線(ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ)断線、取り付け部の緩み有無	目視		
			電線管、取り付け部の変形、損傷、腐食の有無	目視		
			フランジ、ボルト等のゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト		
		エアー抜き(ドレン管含む)	漏えいの有無	目視		
			塗装状況および腐食の有無	目視		
			機能の適否	作動確認		
		ラック、サポート	変形、損傷の有無	目視		
			塗装状況および腐食の有無	目視		
			固定状況の適否	目視		
	運転状態監視装置	圧力計(圧力警報)	変形、損傷の有無	目視		
			取付部のゆるみ等の有無	目視		
			指示状況の適否	目視(遠隔装置にあっては作動確認)		
			警報機能の適否	目視および作動確認		
		流量計(流量警報)	変形、損傷の有無	目視		
			取付部のゆるみ等の有無	目視		
			指示状況の適否	目視(遠隔装置にあっては作動確認)		
			警報機能の適否	目視および作動確認		
		温度計(温度過昇検知)	変形、損傷の有無	目視		
			取付部のゆるみ等の有無	目視		
			指示状況の適否	目視(遠隔装置にあっては作動確認)		
			警報機能の適否	目視および作動確認		
		漏えい検知装置	損傷の有無	目視		
			ゴミ等のつまり等の有無	目視		
			作動状況の適否	作動確認		
			警報機能の適否	目視および作動確認		
	圧力安全装置(安全弁)		変形、損傷の有無	目視		
			機能の適否	作動確認(圧力計による確認)		
	警報設備および通報設備		変形、損傷の有無	目視		
			取付部のゆるみ等の有無	目視		
			機能の適否	作動確認		
	電気設備		配線および機器の損傷の有無	目視		
			機能の適否	作動確認		
	表示、標識、掲示板		取付状況、記載事項の適否	目視		
			損傷、汚損の有無	目視		

危険物貯蔵所・取扱所 点検表(一般取扱所)

号重油ポンプ室

点検年月日	
点 検 者	

点検項目		点検内容	点検方法	点検結果	措置年月・内容等
保安距離		保安物件の新設はないか	目視		
		新設された場合は保安距離の測定	実測		
保有空地		許可外物件の有無	目視		
建築物	壁、柱、はりおよび屋根	亀裂、損傷等の有無	目視		
		窓枠・ガラスの損傷の有無、侵入表示の適否	目視		
		侵入・消火装置表示等の不適合の有無	目視		
	他用途との区画	亀裂、損傷等の有無	目視		
	防火戸	変形、損傷の有無および閉鎖機能の適否	目視		
	床面	滞油、滞水の有無	目視		
		亀裂、損傷、くぼみ等の有無	目視		
		防油堤の亀裂、損傷の有無	目視		
	点検用階段	変形、損傷の有無および固定状況の適否	目視		
	電気設備	照明機器の損傷および機能の適否	目視および点灯確認		
		接地線の断線、損傷の有無、取付状況の適否	目視		
換気・排出施設等		給排気のダクト等の変形、損傷の有無および固定状況の適否	目視		
		引火防止網の損傷および目づまりの有無	目視		
		換気ガラリー付近の可燃物（蒸気）、火気の有無	目視		
		接地線の断線、損傷の有無、取り付け状況の適否	目視		
		基礎（ボルト）・水仕舞の損傷、亀裂の有無	目視		
油回収槽		槽・水仕舞の損傷、亀裂の有無	目視		
		温度、圧力、油面計等計測器の不適合の有無	目視		
		ﾎﾟﾝﾌﾟ・モータの異音、振動、過熱、油漏れの有無	目視		
		接地線(ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ)断線、取り付け部の緩みの有無	目視		
		付属配管、弁類の漏油、損傷、腐食の有無	目視		
		制御盤・機器の損傷、腐食の有無と機能の適否	目視		
		付属品取り付けボルトの緩み、脱落、腐食の有無	目視		
ポンプ設備等	燃料ポンプ（電動機含む）	漏えいの有無	目視		
		変形、損傷の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
		固定ボルト等ゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト		
		軸受け部、回転部等の給油状況の適否	目視		
		圧力および温度の適否	目視		
		異音、異常振動、異常発熱の有無	目視		
		温度、圧力計等計測器の不適合の有無	目視		
		接地線(ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ)断線、取り付け部の緩みの有無	目視		
		制御盤・機器の損傷、腐食の有無と機能の適否	目視		
		基礎（ボルト）・ﾄﾞﾘｯﾌﾟﾘｯﾌﾟ台盤の損傷、亀裂の有無	目視		

（凡例）✔：異常なし。△：異常あり。□：作業中。

点検項目		点検内容	点検方法	点検結果	措置年月・内容等
ポンプ設備等	油加熱器	本体、付属配管、弁の漏洩、損傷、腐食の有無	目視		
		基礎（ボルト）の損傷、亀裂の有無	目視		
		固定状況の適否	目視		
		機能の適否	目視および作動確認		
		温度、圧力計等計測器の不適合の有無	目視		
		接地線(ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ）断線、取り付け部の緩みの有無	目視		
		保温、ラギングの脱落、損傷の有無	目視		
		基礎（ボルト）の損傷、亀裂の有無	目視		
	ストレーナ（重油）	本体、付属配管、弁の漏洩、損傷、腐食の有無	目視		
		基礎（ボルト）・ﾄﾞﾘｯﾌﾟﾘｯﾌﾟ台盤の損傷、亀裂の有無	目視		
		固定状況の適否	目視		
		機能の適否	目視および作動確認		
		温度、圧力等計測器の不適合の有無	目視		
		スラッジ排出・清掃機能の適否	目視		
		接地線(ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ）断線、取り付け部の緩みの有無	目視		
	ストレーナ（流量計）	本体、付属配管、弁の漏洩、損傷、腐食の有無	目視		
		固定状況の適否	目視		
		機能の適否	目視および作動確認		
		温度、圧力計等計測器の不適合の有無	目視		
		接地線(ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ）断線、取り付け部の緩みの有無	目視		
配管・バルブ等	配管	漏えいの有無	目視		
		変形、損傷の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
		振動、異常音、損傷、腐食、変形、接触の有無	目視		
		加温配管の漏れ、損傷、腐食の有無	目視		
		接地線の断線、損傷の有無、取付状況の適否	目視		
		制御機器の損傷、腐食、の有無と機能の適否	目視		
		配管、弁類、機器との干渉の有無	目視		
	フランジ、バルブ等	漏えいの有無	目視およびガス検知器等による検知		
		損傷の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
		バルブ開閉機能の適否	作動確認		
		フランジ、ボルト等のゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト		
	ラック、サポート	変形、損傷の有無	目視		
		塗装状況および腐食の有無	目視		
		固定状況の適否	目視		
	床面	亀裂、損傷等の有無	目視		
		滞油、滞水、土砂等の堆積の有無	目視		
ドレン回収槽		槽・水仕舞の損傷、亀裂の有無	目視		
		温度、圧力、油面計等計測器の不適合の有無	目視		
		ﾎﾟﾝﾌﾟ・モータの異音、振動、加熱、油漏れの有無	目視		
		接地線(ﾎﾞﾝﾃﾞｨﾝｸﾞ）断線、取り付け部の緩みの有無	目視		
		付属配管、弁類の漏洩、損傷、腐食の有無	目視		
		制御盤・機器の損傷、腐食の有無と機能の適否	目視		
		付属品取り付けボルトの緩み、脱落、腐食の有無	目視		

点検項目	点検内容	点検方法	点検結果	措置年月・内容等
標識、掲示板	取付状況、記載事項の適否	目視		
	損傷、汚損の有無	目視		
重油ポンプ室避雷針設置抵抗測定値	測定箇所	測定値【Ω】		
	東北側			
	東南側			
	南側			
重油ポンプ室内油ポンプ電動機接地抵抗測定値	重油ポンプ電動機			
	Aトーチポンプ			
	Bトーチポンプ（1号のみ）			
	1－所内ボイラ重油ポンプ（1号のみ）			
	2－所内ボイラ重油ポンプ（1号のみ）			
	共通所内ボイラ重油ポンプ（1号のみ）			
	重油受入配管			
	重油受入配管			

資料１－６

調査検討結果を踏まえた配管及び塔槽類に係る定期点検記録表のイメージ

平成 29 年度及び 30 年度の調査検討結果を踏まえ、配管等及び塔槽類に係る定期点検記録表のイメージを表１及び表２に示す。

危険物施設の事故件数が特に多いこれらの箇所については、48 号通知の見直しを図ることで、より適切な維持管理の実施が期待できる。

表１　調査検討結果を踏まえた定期点検記録表（配管等）のイメージ

点検項目	点検内容	点検方法
配管（可撓部含む。）	漏えいの有無	目視又は埋設配管にあっては＊1 【確認事項】 ・表面に汚れやにじみがないか ・周りに垂れた痕跡がないか ・周囲で異臭がしていないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・赤外線カメラ （赤外線で熱異常を確認） ・ガス検知器 （可燃性蒸気の滞留の確認）
	変形、損傷の有無	目視 【確認事項】 ・変形や損傷はないか ・異常音や異常振動が発生していないか ・表面に変色がないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・３Ｄレーザースキャン （レーザーを照射し、外面腐食量を解析） ・振動計 （回転機器等の振動データを監視することにより、ボイラー、コンプレッサー、回転機器等の変形や損傷を推測） ・赤外線サーモグラフィー （外表面の温度を測定し、保温材の劣化部分の検出や配管の腐食潜在箇所を推測）
	塗装状況及び腐食の有無	目視（著しい腐蝕が認められた箇所は、計器による肉厚測定） 【確認事項】 ・錆びが浮き出ていないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・ガイド波（ＣＵＩ） （超音波により、保温・保冷材を外さずに傷を確認） ・デジタルＲＴ（ＣＵＩ） （放射線の量をデジタル化した電気信号として取り出し、画像化して確認） ・パルス超音波（ＣＵＩ） （パルス状の渦電流により、保温材・保冷材・塗料の上から減肉等を推定）
	保温（冷）材の損傷、脱落等の有無	目視 【確認事項】 ・損傷や脱落等はないか ・外装板に隙間や劣化がないか ・保温材が湿潤していないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・赤外線サーモグラフィー （外表面の温度を測定し、保温材の劣化部分の検出や配管の腐食潜在箇所を推測） ・中性子水分計 （保温材の水分量を予測し、腐食潜在箇所を推測）

フランジ バルブ等	漏えいの有無	目視及びガス検知器による検知 【確認事項】 ・フランジ面に汚れやにじみがないか ・フランジ面から煙が出ていないか。 ・フランジ面下に垂れた痕跡がないか ・フランジ周りで臭気がしていないか。 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・赤外線カメラ （赤外線で熱異常を確認） ・ガス検知器 （可燃性蒸気の滞留の確認）
	損傷の有無	目視 【確認事項】 ・変形や損傷はないか ・表面に変色がないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・振動計 （回転機器等の振動データを監視することにより、ボイラー、コンプレッサー、回転機器等の変形や損傷を推測）
	塗装状況及び腐食の有無	目視 【確認事項】 ・塗装のふくれや剥がれはないか ・塗装の変色や腐食がないか
	バルブ開閉機能の適否	目視 【確認事項】 ・バルブの開閉に機能不良はないか
	フランジ、ボルト等のゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト 【確認事項】 ・フランジ、ボルト等にゆるみ等がないか目視又はハンマーテストで確認する
ラック・ サポート	変形、損傷の有無	目視 【確認事項】 ・ラック・サポートに変形、損傷はないか
	塗装状況及び腐食の有無	目視 【確認事項】 ・ラック・サポートに塗装のふくれや剥がれはないか ・ラック・サポートに塗装の変色や腐食がないか
	固定状況の適否	目視 【確認事項】 ・ラック・サポートを固定しているボルト、ナットにゆるみ、折損、脱落等がないか ・ラック・サポートを固定している箇所に割れや亀裂はないか

備考１　腐食等が起こりやすい箇所については、石油学会規格 JPI-8S-1「配管維持規格」の附属書 A「腐食・エロージョンが起こりやすい箇所」を参照すること。

備考２　定期点検記録表は、管轄消防本部と協議の上、事業所の実態に合わせて作成することが望ましい。

表２　調査結果を踏まえた定期点検記録表（塔槽類：20 号タンク等）のイメージ

点検項目			点検内容	点検方法
二十号タンク等	屋外内にあるタンク	本体部（ジャケット、コイル、シール部等を含む。）	漏えいの有無	目視 【確認事項】 ・表面に汚れやにじみがないか ・周りに垂れた痕跡がないか ・周囲で異臭がしていないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・赤外線カメラ （赤外線で熱異常を確認） ・ガス検知器 （可燃性蒸気の滞留の確認）
			変形、亀裂、損傷の有無	目視 【確認事項】 ・変形や損傷はないか ・異常音や異常振動が発生していないか ・表面に変色がないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・３Ｄレーザースキャン （レーザーを照射し、外面腐食量を解析） ・フェーズドアレイ超音波探傷 （超音波により溶接部のクラックや傷の深さ、ボルトの腐食等を観測） ・振動計 （回転機器等の振動データを監視することにより、ボイラー、コンプレッサー、回転機器等の変形や損傷を推測） ・赤外線サーモグラフィー （外表面の温度を測定し、保温材の劣化部分の検出や配管の腐食潜在箇所を推測）
			塗装状況及び腐食の有無	目視又は計器による肉厚測定 【確認事項】 ・錆びが浮き出ていないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・超音波連続板厚測定 （超音波による塔槽内部からの外面腐食を測定）
			ボルト等のゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト
			保温（冷）材の損傷、脱落等の有無	目視 【確認事項】 ・損傷や脱落等はないか ・外装板に隙間や劣化がないか ・保温材が湿潤していないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・赤外線サーモグラフィー （外表面の温度を測定し、保温材の劣化部分の検出や配管の腐食潜在箇所を推測） ・中性子水分計 （保温材の水分量を予測し、腐食潜在箇所を推測）
			強め輪の変形、亀裂、ゆるみ等の有無	目視

		ノズル（水抜管を含む。）、マンホール等	漏えいの有無	目視 【確認事項】 ・表面に汚れやにじみがないか ・周りに垂れた痕跡がないか ・周囲で異臭がしていないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・赤外線カメラ （赤外線で熱異常を確認） ・ガス検知器 （可燃性蒸気の滞留の確認）
			変形、損傷の有無	目視 【確認事項】 ・変形や損傷はないか ・異常音や異常振動が発生していないか ・表面に変色がないか 【モニタリング技術・診断技術の適応例】 ・３Ｄレーザースキャン （レーザーを照射し、外面腐食量を解析） ・振動計 （回転機器等の振動データを監視することにより、ボイラー、コンプレッサー、回転機器等の変形や損傷を推測） ・赤外線サーモグラフィー （外表面の温度を測定し、保温材の劣化部分の検出や配管の腐食潜在箇所を推測）
			取付けボルトの折損等の有無	目視
			塗装状況及び腐食の有無	目視又は計器による肉厚測定 【確認事項】 ・錆びが浮き出ていないか

保温材付きの塔槽類で、定点による肉厚測定で減肉傾向をみる場合は、測定箇所の保温材は容易に外せる構造にする。

資料２－１

様式　　浮き屋根に関するアンケート（事業所毎）

現在実施している浮き屋根の点検について、記入欄にできるだけ詳しくご記入してください。
選択式の場合であっても、記入欄に補足内容をできるだけ詳しくご記入ください。

1	都道府県名	○○県
2	消防本部名	○○市消防本部
3	事業所名	○○石油株式会社○○事業所

○定期点検（年１回以上）

1　点検頻度について　（選択式）１回/月
記入欄

2-1 ポンツーン内部の点検方法　（選択式）目視（マンホールを開けず外部のみ確認）
記入欄

2-2 ポンツーンの漏洩の有無　（選択式）目視
記入欄

2-3 ポンツーンの変形、亀裂の有無　（選択式）目視
記入欄

2-4 ポンツーンの塗装状況及び腐食の有無（非接液部）
（選択式）未実施
記入欄

2-5 ポンツーンの溶接部（非接液部）　（選択式）目視（漏れの有無確認程度）
記入欄

2-6 ポンツーンの付属品　（選択式）目視
記入欄

2-7 ポンツーン点検その他 （実施している内容などについて自由にご記入ください。）

記入欄

3-1 デッキの漏洩の有無 （選択式）未実施

記入欄

3-2 デッキの変形、亀裂の有無 （選択式）未実施

記入欄

3-3 デッキの塗装状況及び腐食の有無 （選択式）未実施

記入欄

3-4 デッキの溶接部 （選択式）目視

記入欄

3-5 デッキの付属品 （選択式）目視

記入欄

3-6 デッキ点検その他 （実施している内容などについて自由にご記入ください。）

記入欄

〇タンク開放時の点検（定期開放点検等）

1 点検内容について （選択式）定期点検＋α（記入欄）

記入欄

2-1 ポンツーン内部の点検方法 （選択式）目視（内部に入らず確認）

記入欄

2-2 ポンツーンの漏洩の有無　（選択式）目視

記入欄

2-3 ポンツーンの変形、亀裂の有無　（選択式）未実施

記入欄

2-4 ポンツーンの塗装状況及び腐食の有無（非接液部）

（選択式）未実施

記入欄

2-5 ポンツーンの腐食の有無（接液部）　（選択式）未実施

記入欄

2-6 ポンツーンの溶接部（非接液部）　（選択式）未実施

記入欄

2-7 ポンツーンの溶接部（接液部）　（選択式）未実施

記入欄

2-8 ポンツーンの漏れ試験　（選択式）真空試験（部分的）

記入欄

2-9 ポンツーンの付属品　（選択式）目視

記入欄

2-10 ポンツーン点検その他 （実施している内容などについて自由にご記入ください。）

記入欄

3-1 デッキの漏洩の有無　（選択式）未実施

記入欄

3-2 デッキの変形、亀裂の有無　（選択式）未実施

記入欄

3-3 デッキ上面の塗装状況及び腐食の有無（非接液部）

（選択式）未実施

記入欄

3-4 デッキ裏面の腐食の有無（接液部）　（選択式）未実施

記入欄

3-5 デッキ上面の溶接部（非接液部）　（選択式）目視

記入欄

3-6 デッキ裏面の溶接部（接液部）　（選択式）目視

記入欄

3-7 デッキの付属品　（選択式）目視

記入欄

3-8 デッキ点検その他 （実施している内容などについて自由にご記入ください。）

記入欄

〇臨時点検（地震、大雨、暴風時等）

1　臨時点検を実施する判断基準についてご記入ください。

記入欄

2　点検内容について　（選択式）定期点検＋α（記入欄）

記入欄

〇日常点検

1　点検で発見した漏洩に至っていない段階の著しい腐食や塗装剥離等に対する対応

（選択式）仮補修実施（補修基準あり）

記入欄

（例）対応時期：１週間程度を目処
著しい腐食：〇ミリ以上の腐食に対して、FRPによる当板を取付け

塗装剥離：できるだけ早急に、2種ケレン＋再塗装

点検頻度を増やし（１回／１日程度）経過観察　等

〇その他

1　浮き屋根式タンクの供用期間中に、浮き屋根上（ポンツーン内、タンク外を含む）へ危険物が漏洩・流出した事例（過去15年程度）があれば、別紙1にその内容をできるだけ詳しくご記入ください。

事例の有無　（選択式）有り（別紙に記入）

2　タンク開放時にポンツーンに対して気密試験を実施している場合には、要領書（標準的なもので可）を添付いただくか、記入欄にその実施方法をできるだけ詳しく記入してください。

ポンツーン気密試験　（選択式）未実施

記入欄

3　点検方法や補修基準について、タンクの設置年数やシングル・ダブルデッキ等の構造の違い、又は貯蔵量や油種毎に違いがあれば、記入欄にその違いの概略を記入いただき、様式をコピー追加して詳細を記入してください。

特性等に応じた基準の違い（選択式）無し

記入欄

（例）
シングルデッキとダブルデッキで違いあり。（ダブルデッキの詳細は様式（2）に記入）
等

4　点検方法や補修基準について、社内基準等があれば、可能な範囲で添付してください。

（選択式）社内基準なし

記入欄

以上

浮き屋根に関するアンケートの集計結果

消防庁が行ったアンケート調査（平成30年12月7日付け消防危第224号　屋外タンク貯蔵所の浮き屋根の維持管理に関する調査への御協力について（依頼））の集計結果を以下に示す。なお、調査に協力頂いた団体は以下である。

石油連盟
石油化学工業協会
電気事業連合会
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

4団体から浮き屋根に関するアンケートについては、68事業所の事業所から回答を得た。

調査を行った68の事業所は、容量500kL（準特定）以上の浮き屋根式タンクを所有する約150の事業所（危険物保安技術協会が保有する2019年1月時点でのデータに基づく）に対し、約45%に相当する数である。

以下、アンケート調査項目ごとに集計した結果を示す。

定期点検（年1回以上）

1　定期点検の頻度について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表1　定期点検の頻度

点検頻度	回答数
数回/月	3
1回/月	14
数回/半年	3
1回/半年	10
数回/年	10
1回/年	23
その他	5
未実施	0
合計	68

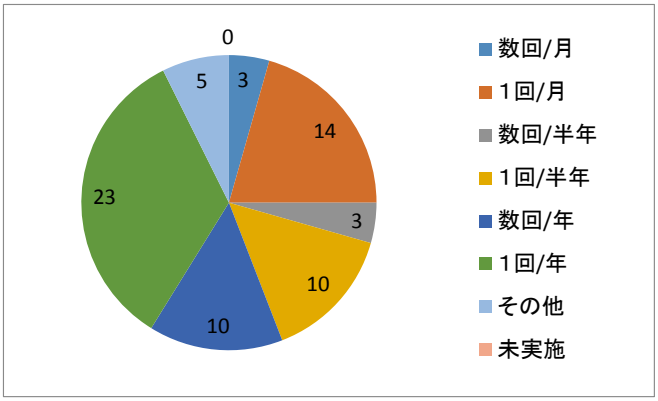


図1　定期点検の頻度

【記入欄の記載内容】

【数回/月】
・毎週目視にて点検を実施している。
・浮屋根上部からの目視点検：2回/月。 ポンツーン内部点検：4回/年 （内2回は法定点検）
・2回/月の周期にて屋根板日常点検
【1回/月】
・容量1万KL以上は1回/月、容量1万KL未満では1回/3ヶ月の点検実施している。
・法定点検　：1回／年、　日常目視点検　：1回／月
・設備管理課による外観目視点検を毎月（12回/年）実施。 検査会社による外観目視点検を5年間隔（1回/5年）で実施。
【数回/半年】
・ポンツーン：年間4回実施(3,6,9,11または12月)、シングルデッキ：年間4回実施（タンクによっては数回/月（通常のタンクパトロールで確認））
・四半期毎（年4回）に目視にて点検を行っている。
【1回/半年】
・1回/6ヶ月、月例点検にて目視点検実施
【数回/年】
・法定点検；1回／年（運転員実施）＋3回／年（協力会社実施）。
・浮屋根外観点検（1回／3ヵ月）、 危険物施設定期点検（1回／年）
・年2回
・3回/年　目視点検にて健全性確認。
・1回/3か月　（3月・6月・9月・12月）
・設備担当グループ年1回定期点検を実施する。運転管理グループによる自主点検は年3回点検を行い、そのうち1回はポンツーン内の点検を実施する
・ポンツーンの点検頻度については年4回（3ヶ月毎に1回）点検を行っている。シングルデッキの点検頻度については毎月点検を行っている。
・2回/年　浮屋根上部構造物(上部デッキ、付属品)、 1回/年　ポンツーン内部
【1回/年】
・目視によるデッキおよびポンツーン内部点検を1回/年実施。外観および任意のポンツーン数か所の蓋を開け内部に入らず点検（確認）を1回/月実施している。
・法定点検：1回／年、自主検査：1回／3ヶ月
【その他】
・容量2万KL以上は1回/2ケ月、容量2万KL以下では1回/4ケ月の点検実施している。
・デッキの漏洩有無と排水詰まり有無の確認を2回/月、腐食・変形・亀裂有無の確認を1回/月、ポンツーンの漏洩有無・腐食・変形亀裂有無の確認を1回/月実施している。
・1回／3ヶ月

2-1 定期点検におけるポンツーン内部の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表2 ポンツーン内部の点検方法（定期）

点検方法	回答数
目視（マンホールを開けて内部に入らず確認）	42
目視（内部に入って確認）	12
目視（マンホールを開けず外部のみ確認）	13
その他	1
合計	68

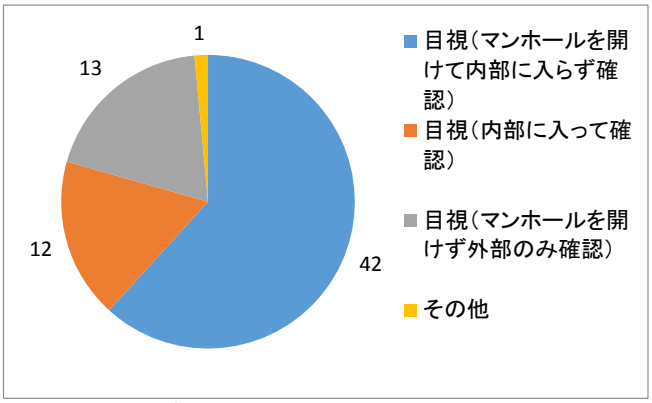


図2 ポンツーン内部の点検方法（定期）

【記入欄の記載内容】

【目視（マンホールを開けて内部に入らず確認）】
・マンホールの留めボルトが蝶ねじタイプのものは開放し目視確認している。また、ボルト止めタイプのものはマンホールを開けず外部のみ確認している。　※順次、タンク開放に合せ蝶ねじタイプへ変更している。
【目視（内部に入って確認）】
全てのポンツーン内に入り塗装状態の良否、腐食の有無、変形・亀裂の有無を確認している。
【目視（内部に入って確認）】
・ポンツーン内面（上下面を含む）全面を目視し、油にじみの有無、構造部材等の変形、亀裂、溶接割れ、塗装の不具合等の確認を行っている。
・ポンツーンM/Hを開放し、臭気及び可視範囲で漏洩の有無を確認している。
【その他】
・ポンツーンマンホールはフランジタイプとなっているため、目視による確認としている。
・マンホールを開けて内部に入らず、内部の目視点検。ただし、3年に1回マンホールを開けて内部に入り、内部の目視点検。

2-2 定期点検におけるポンツーンの漏洩の有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表3 ポンツーン漏洩有無の点検方法（定期）

点検方法	回答数
目視	40
ガス検知のみ	0
目視＋ガス検知	27
その他	0
未実施	1
合計	68

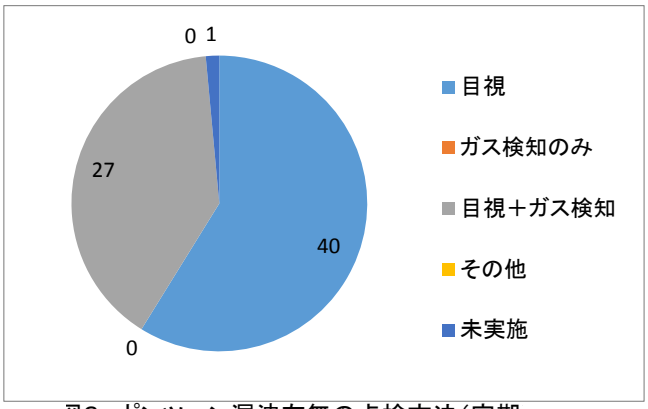


図3 ポンツーン漏洩有無の点検方法（定期

【記入欄の記載内容】

【目視】
（MH開）・溶接部の目視点検を実施している。
・マンホールより漏洩の有無を目視確認している。
・ポンツーンベントパイプ(空気抜きパイプ)から臭気で確認する。
（MH閉）・外部からの目視点検をしている。
【目視＋ガス検知】
・マンホールの留めボルトが蝶ねじタイプのものは開放し目視確認している。また、ボルト止めタイプのものはマンホールを開けず外部のみ確認している。
・目視による危険物の滞留及び滲みの有無の確認、浮き室内の臭気の確認、ガス検知器を利用した可燃性蒸気濃度の測定
・ポンツーン内部は、マンホールを開けて可視範囲を目視検査およびガス検知器による可燃性ガス測定している。
・目視で確認し、滞液や滲み等が認められた場合、ガス検知若しくは内液の分析確認を行う。
・貯液に硫化水素を含むガスがある場合には、ポンツーン蓋のベントより携帯ガス検知器にて異常の有無を確認。異常がなければ内部を目視確認。
【未実施】
・実施していない。

2-3 定期点検におけるポンツーンの変形、亀裂の有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

図4 ポンツーン変形・亀裂有無の点検方法（定期）

点検方法	回答数
目視	68
計器による測定	0
非破壊検査	0
その他	0
未実施	0
合計	68

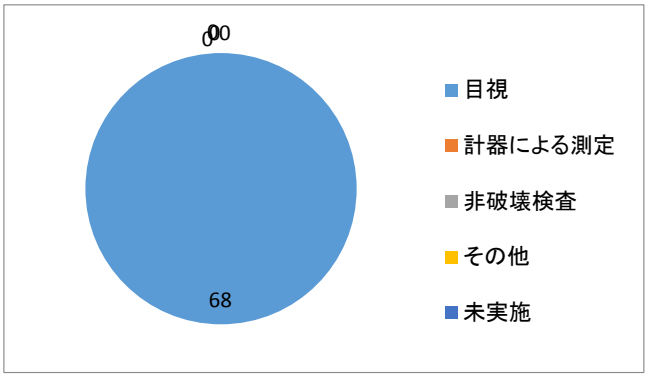


図4 ポンツーン変形・亀裂有無の点検方法（定期）

【記入欄の記載内容】

・ポンツーンの変形、亀裂の有無は目視により確認。
・目視により変形、亀裂の有無を確認している。万一損傷が確認されれば、計測器などを用いて損傷形状、範囲などを追加確認する。

2-4 定期点検におけるポンツーンの塗装状況及び腐食の有無（非接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表5 塗装状況及び腐食有無の点検方法（定期）

点検方法	回答数
目視（腐食状況の確認程度）	67
計器による測定（部分的）	0
計器による測定（全体的）	0
その他	0
未実施	1
合計	68

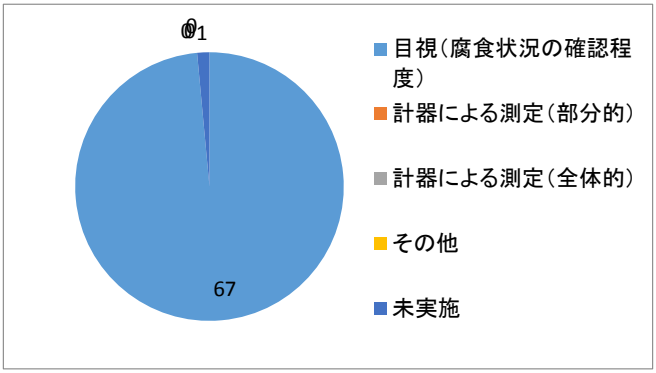


図5 塗装状況及び腐食有無の点検方法（定期）

【記入欄の記載内容】

・ポンツーンの塗装状況は目視により確認している。
・塗装の劣化状況（ひび割れ・剥離等）を目視にて確認する。腐食状況は母材と溶接線について錆こぶや錆堆積を目視にて確認する。
・目視により塗装、腐食状況を確認、万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
・著しい塗装剥がれについては設備管理部門にて計器を使用した検査を実施している。
・外面目視点検による塗膜劣化調査を実施し、点数評価（自社基準）にて管理する。
・腐食が認められた箇所は詳細検査を実施する。
・目視点検を実施し、顕著な減肉が認められた場合には板厚確認している。
・漏洩確認の際に見える範囲での著しいポンツーンの腐食有無の確認している。

2-5 定期点検におけるポンツーンの溶接部（非接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表6　ポンツーン溶接部（非接液部）の点検方法（定期）

点検方法	回答数
目視（漏れの有無確認程度）	58
目視（溶接部の状態確認）	9
非破壊検査（部分的）	0
非破壊検査（全体的）	0
その他	0
未実施	1
合計	68

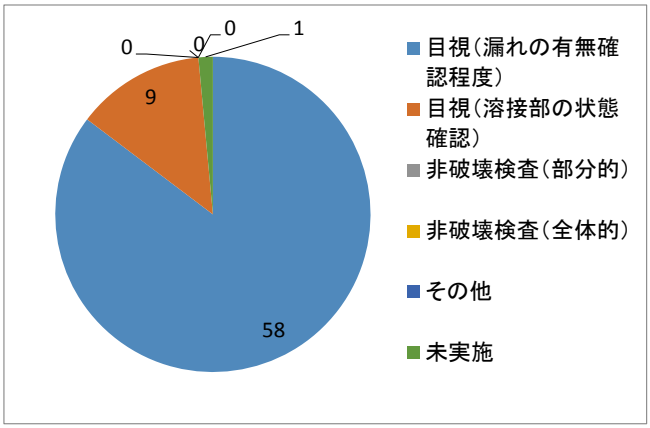


図6　ポンツーン溶接部（非接液部）の点検方法（定期）

【記入欄の記載内容】

・目視による確認を実施している。
・目視により溶接部からの漏洩の有無を確認、万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。

2-6 定期点検におけるポンツーンの付属品の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表7　ポンツーン付属品の点検方法（定期）

点検方法	回答数
目視	65
機能確認	2
整備	1
その他	0
未実施	0
合計	68

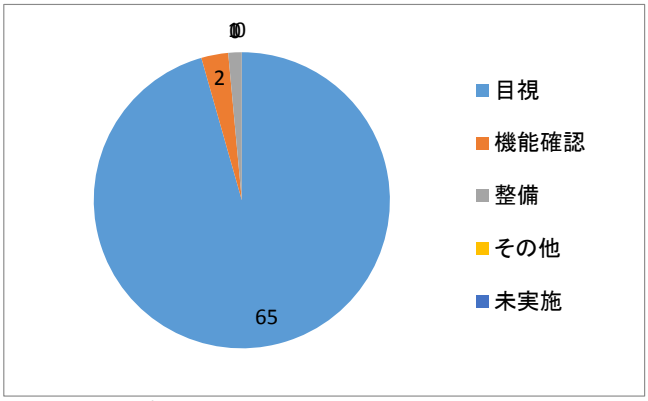


図7　ポンツーン付属品の点検方法（定期）

【記入欄の記載内容】

・目視による確認実施が大数を占める。
・目視にて腐食状況の確認を実施している。
・マンホールが蝶ねじタイプのものはパッキンの劣化状況を確認している。
・ポンツーンマンホールの外観を目視にて点検している。
・マンホール蓋、留め金具、ゴムパッキン、ウェザーフードの目視点検している。
・外部からの目視点検および水封式エマージェンシードレン管の適正水量確認している。
・ガイドポールのローラー部は動作確認し、その他の部位は目視点検をする。
・アトムス弁については1回/年の頻度で分解整備を実施。その他付属品については、目視確認のみ実施している。
・ポンツーンマンホールやベントパイプなどの付属品について、目視にて点検している。
・マンホールハッチのパッキンの破損有無と取付状況を確認している。
・漏洩確認の際に見える範囲での著しいポンツーン付属品の損傷有無の確認している。
・ゴムパッキンの劣化等を確認している。
・目視による、塗装の劣化状況及び腐食状況、異常な変形、亀裂の有無を確認している。

2-7 定期点検におけるポンツーン点検において、その他実施している内容について以下のようであった。(抜粋)

・ゲージポール及び回転止めのダブルデッキ浮屋根貫通部ガイドパイプの超音波面探傷検査を実施している。その検査結果の減肉量見合いで開放時に交換実施している。
・製造部門にて外観目視点検を行い、腐食等が認められた場合は設備管理部門にて検査や補修等を実施している。
・点検に併せて、ローリングラダーの車輪回転部のグリースアップなども実施している。
・内部に立入り実施する目視点検時に合わせて板厚測定(抜取)
・ポンツーン内に異物があれば、分析実施。
・ポンツーンの数が多くあり、フタはボルト数点留めのため、ポンツーン内点検時に大変苦労している。

3-1 定期点検におけるデッキへの漏洩有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表8 デッキ漏洩有無の点検方法(定期)

点検方法	回答数
目視	63
ガス検知	0
目視+ガス検知	5
その他	0
未実施	0
合計	68

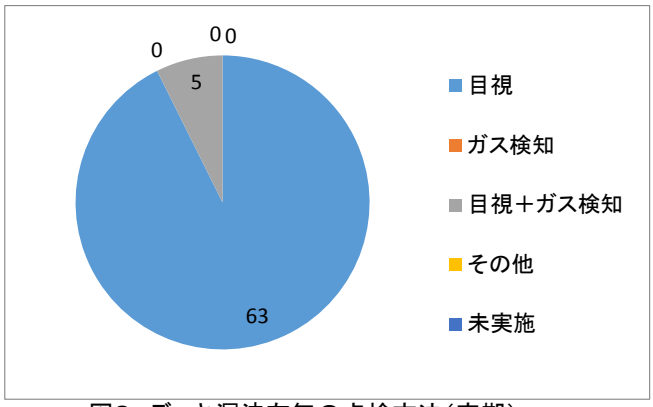


図8 デッキ漏洩有無の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

【目視】
・デッキ上から目視により漏洩有無を確認している。
・毎月目視にて点検を実施している。加えて、ルーフドレンに設置しているガス検知器にて漏洩を常時監視している。
・運転員による日常点検を実施。内部流体の受払時等に点検を実施。
・検尺(1回/月)及び原油受払後(数回/月)の点検時に目視にて確認している。
【目視+ガス検知】
・デッキ漏洩の有無を目視点検およびガス検知にて確認。

3-2 定期点検におけるデッキの変形、亀裂有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表9 デッキ変形・亀裂有無の点検方法(定期)

点検方法	回答数
目視	67
計器使用	0
非破壊検査	0
その他	0
未実施	1
合計	68

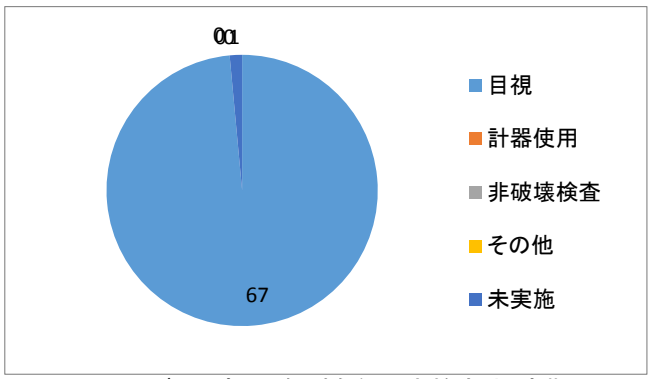


図9 デッキ変形・亀裂有無の点検方法(定期)

【記入欄の記載内容】

・浮屋根上より目視による確認をしている。万一損傷が確認されれば、計測器などを用いて損傷形状、範囲などを追加確認する。
・デッキ上目視により変形、亀裂の有無を確認している。
・検尺(1回/月)及び原油受払後(数回/月)の点検時に目視にて確認している。
・目視点検にて顕著な変形や亀裂の有無について点検し、異常の疑いがあった場合には工務部門にて非破壊検査などの詳細点検を実施している。
・目視にて変形、亀裂の確認をする。補強リング取付部等は十分に注視する。

3-3 定期点検におけるデッキの塗装状況及び腐食有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表10　デッキ塗装及び腐食の点検方法（定期）

点検方法	回答数
目視	66
計器使用	0
非破壊検査	0
その他	1
未実施	1
合計	68

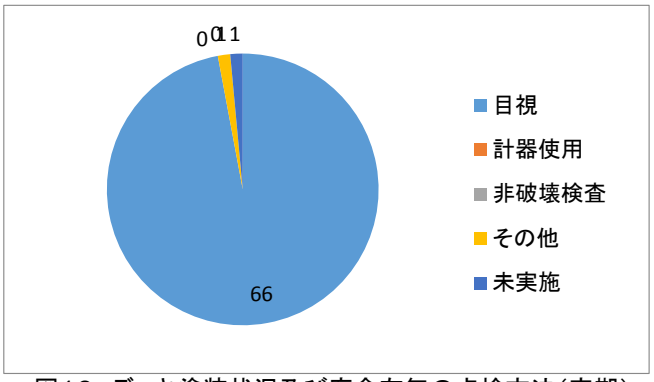


図10　デッキ塗装状況及び腐食有無の点検方法（定期）

【記入欄の記載内容】

【目視】
・塗装：1回/13年でﾀﾝｸ開放点検時に塗装を実施。
・浮屋根上より目視による確認、万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
・設備管理課による外観目視点検を毎月（12回/年）実施、検査会社による外観目視点検を5年間隔（1回/5年）で実施
・目視検査にて塗装状況及び腐食の有無を確認している。
・塗装の劣化状況（ひび割れ・剥離等）を目視にて確認する。腐食状況は母材と溶接線について錆こぶや錆堆積を目視点検をする。
・著しい腐食が認められた箇所は詳細検査
・目視点検を実施し、顕著な減肉が認められた場合には工務部門にて板厚確認している。
・デッキの塗装状況及び腐食の有無を目視点検を実施、雨水や砂塵で点検が出来ない場合は堆積を除去してから、目視検査を実施
【その他】
・目視点検および定点肉厚測定（年1回）を実施。

3-4 定期点検におけるデッキの溶接部の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表11　デッキ溶接部の点検方法（定期）

点検方法	回答数
目視	67
非破壊検査（部分的）	0
非破壊検査（全体的）	0
その他	0
未実施	1
合計	68

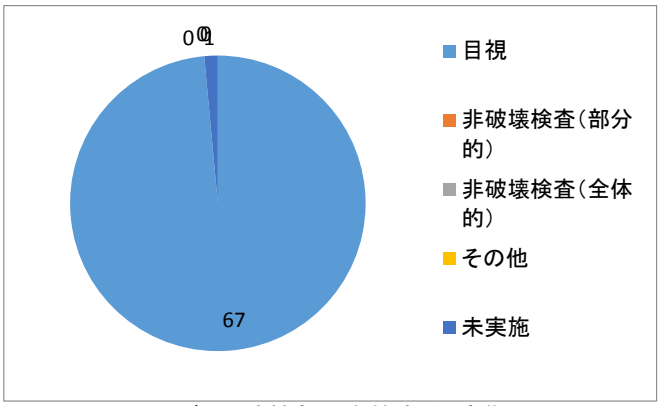


図11　デッキ溶接部の点検方法（定期）

【記入欄の記載内容】

・デッキの溶接部は目視により漏れの有無を確認。
・定期点検にて外観検査を1回/年で実施。
・浮屋根上より目視による確認、万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。
・デッキ溶接部の健全性確認を目視点検にて確認。

3-5 定期点検におけるデッキの付属品の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表12　デッキ付属品の点検方法（定期）

点検方法	回答数
目視	64
機能確認	4
整備	0
その他	0
未実施	0
合計	68

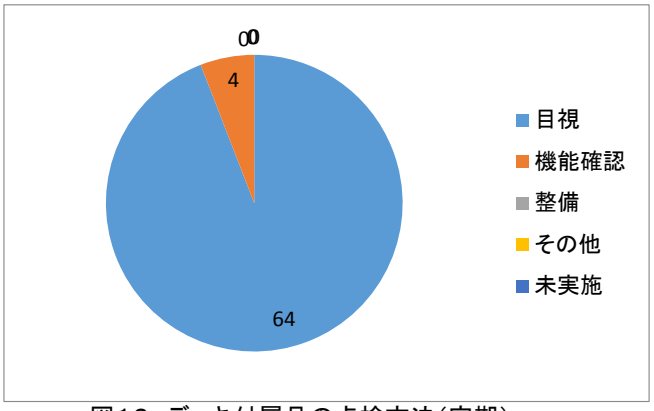


図12　デッキ付属品の点検方法（定期）

【記入欄の記載内容】

・アトモス弁等は定期的に分解整備
・デッキの付属品についてはすべて目視にて状態を確認。
・浮屋根上より目視による確認
・目視による、塗装の劣化状況及び腐食状況、異常な変形、亀裂の有無を確認
・ウェザーシールド及びシール機構の側板との接触状況。マンホールの変形・亀裂等の有無。ルーフドレンの排水状況・腐食・詰まりの有無等
・オートマチックエアーベントの作動確認やスラッジ測定口のゴムパッキンの確認等を併せて実施しています。
・フレームアレスター及びブリーザーバルブについて作動点検を1回/年実施、浮屋根排水設備の清掃を4回/年実施
・検尺(1回/月)及び原油受払後（数回/月)の点検時に目視にて確認している。
・1回/年、目視検査にて塗装状況及び腐食の有無を確認している。
・エマジエンシードレン、シール水位の目視確認、ガイドポール変形および亀裂の目視確認、ウェザーシールドの破損および金属部の露出の目視確認、ローディングラダーの変形および傾斜の目視確認
・デッキ付属品の健全性確認を目視点検にて確認。
・アトモス弁については動作確認をし、その他の部位は目視点検をする。
・デッキ上の付属品（通気管・マンホール・ルーフドレン集水口・エマージェンシードレン・ラダー等）の目視確認等
・屋根マンホールやノズル、雨水排水設備、緊急排水設備などについて、異常や塗装・腐食状況等について点検を実施している。
・各ノズルおよびガイドポールについて変形、亀裂、塗装状況および腐食の有無を目視にて確認。サンプボックスの詰まりの有無、チャッキ弁の作動状況の確認。エマージェンシードレンの適正水位の確認。
・デッキ上点検の際にデッキ付属品の著しい損傷有無の確認、ルーフドレン流入口金網の清掃、非常用排水装置の封水点検、通気弁フレームアレスター清掃等

3-6 定期点検におけるデッキ点検において、その他実施している内容について、その他実施している内容について以下のようであった。（抜粋）

・エマージェンシードレンノズルの水位確認、ルーフドレンストレーナーの清掃
・デッキ上雨水の排水状況を目視にて確認。ルーフ雨水排水集水口の、蓋の金網清掃。エマジェンシードレン排水口の金網清掃。
・定期点検の内容 【外観目視点検】　側板、屋根板、ｼｬﾌﾄ、ｳｪｻﾞｰﾌｰﾄﾞ、ﾌｫｰﾑﾀﾞﾑ、ﾎﾟﾝﾂｰﾝ、ﾙｰﾌﾄﾞﾚﾝｻﾝﾌﾟ、ｴﾏｰｼﾞｪﾝｼｰﾄﾞﾚﾝ、【機能検査及びｸﾞﾘｰｽ給油】　ｶﾞｲﾄﾞﾊﾟｲﾌﾟ及びｹﾞｰｼﾞﾎﾟｰﾙ、ﾛｰﾘﾝｸﾞﾗﾀﾞｰ、自動ﾌﾞﾘｰﾀﾞｰﾍﾞﾝﾄ、ｼｰﾙ間隔測定
・上部デッキの塗装劣化確認
・火山灰の除去等
・ルーフ上に設置している傾斜計で傾きが無い事を常時DCSにて監視している。
・ウェザーシールド屋根板の腐食・変形・損傷の有無、ルーフストレーナーの目詰りの有無、ルーフサポート、マンホール部の漏洩の有無
・ウェザーシールドの変形、損傷の有無確認他、ルーフドレンの詰まりの有無、集水口の腐食の有無他、検尺口、マンホールの腐食の有無他
・ウェザーシールドの変形、汚損の有無、側板との接触状況確認、マンホール部の漏洩の有無
・点検時、ルーフドレン排水口付近に堆積物があれば清掃を実施。
・ルーフドレンストレーナーにゴミが認められた場合は、清掃を実施している。
・ルーフドレン、エマージェンシードレン水封、オートマチックブリーザーベント、ウエザーフード、ルーフシール、ローリングラダー、ルーフアース
・3年に1回、デッキ板厚測定（抜取）
・外面腐食による著しい減肉を確認した場合には、腐食の進展防止処置を実施しています。定期点検では、進展防止処置に劣化がないか目視点検している。
・アトモス弁の分解清掃・作動テスト：2回/年、運転時検査として肉厚検査を実施
・ｴﾏｰｼﾞｪﾝｼｰﾄﾞﾚﾝの水ﾚﾍﾞﾙを測定している。（年2回）
・浮屋根全体、付属品の機能維持として、非常排水装置等の水シール確認、雨水排水管の機能（詰り）の確認、屋根シール部の変形、損傷等の確認を合わせて実施

○タンク開放時の点検（定期開放点検等）

1　タンク開放時の点検内容について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表13　点検内容（開放）

点検内容	回答数
定期点検と同じ	11
定期点検＋α（記入欄）	52
その他	5
合計	68

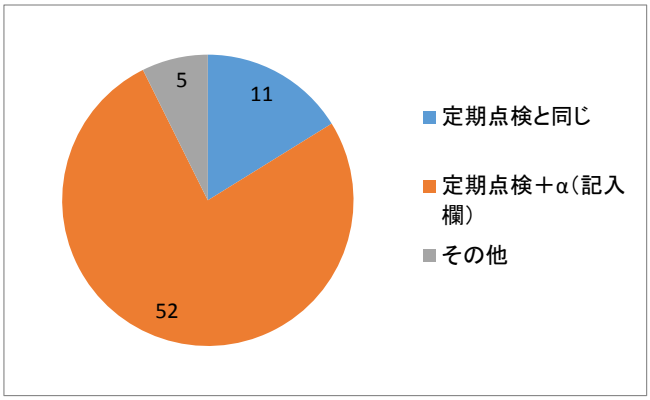


図13　点検内容(開放)

【記入欄の記載内容】

【定期点検＋α】
・気密試験、側板との間隙測定
・ポンツーン内部に入り目視点検
・板厚測定検査、腐食・孔食部検査
・屋根板について、1点以上/1ﾌﾟﾚｰﾄでとった箇所の肉厚測定を実施。
・デッキ上目視により塗装剥離が認められた場合は延命処置として再塗装を実施。
・ロアーデッキ肉厚測定、気密テスト、目視点検
・ポンツーン内部の目視点検，加圧漏れ試験、溶接部.の目視点検、ノズル部肉厚測定，ポンツーンの板厚測定
・目視点検：内面全面、溶接線全線、板厚測定：アウターリム、内面当て板部、浸透液漏れ検査：アウターリム、インナーリム、仕切り板溶接線
・上部デッキ・下部デッキの板厚測定、ポンツーン隔壁・上部デッキ・下部デッキ溶接線の目視検査、腐食部のケレンによる減肉状況確認
・タンク内面・外面・浮き屋根内部の目視点検、浮き屋根シール取替（隔回実施）、ウェザーシールド目視点検
①屋根上・裏面の目視検査（全面および付属品含む）②屋根板付属品（回転内梯子ﾚｰﾙ接続部、浮屋根支柱保護板溶接部）溶接線のMT。③屋根板およびポンツーン板の肉厚測定（抜取　約1,800点）
・各部の変形、亀裂の有無、塗装状況および腐食の有無を目視点検。状況に応じて当板補修、塗装補修を行う。ポンツーンについては、内部に入槽し目視点検を行い、気密試験にて漏れの有無を確認。
・各部板厚測定，エマージェンシードレンの詰りの有無確認等を実施。
・浮屋根付属設備（ｳｪｻﾞｰﾌｰﾄﾞ、ﾙｰﾌﾄﾞﾚﾝ、ｴﾏｰｼﾞｪﾝｼｰﾄﾞﾚﾝ）の目視検査、肉厚測定、　検査内容：腐食の有無、ｻﾝﾌﾟﾎﾞｯｸｽ金網の目詰まりの有無、ｻﾝﾌﾟﾎﾞｯｸｽ肉厚測定、ﾎﾟﾝﾂｰﾝ、ﾙｰﾌｻﾎﾟｰﾄの目視検査
・＋αについて、ポンツーン気密テスト、スイベルジョイント＆スウィングサクション分解点検、液面計分解点検、タンク元自動弁分解点検を実施している。
・屋根板肉厚測定、ポンツーン内部目視検査、浮屋根下面側目視検査、ポンツーン板厚測定（消防危第295号）、浮屋根シール点検等を実施している。
・定期点検にて認められた腐食箇所に対して、錆こぶ等の除去を行い残肉量の特定、補修要否を判断している。
・屋根板：目視及び、タンク毎の腐食状況により、超音波 / 磁気飽和渦流探傷法（SLOFECなど）による定点or連続肉厚測定。ポンツーン：目視及び、補修部はバキュームテストあるいは浸透探傷試験。
・デッキ板の形状測定、水張の上浮上テストにて浮屋根の作動確認。
・ポンツーン全室の詳細点検及び肉厚測定等。デッキ板詳細点検及び肉厚測定等
・外面および内面全面目視　・デッキ板1枚あたり3点の肉厚測定。屋根付属品の肉厚測定　・全ポンツーンの加圧漏れ試験。
・ポンツーンの上板、下板、内リム、外リムの多点肉厚測定。シングルデッキ部の屋根板の多点肉厚測定。
・目視検査、肉厚測定、UT面探傷検査、MT検査の実施
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いた詳細点検を実施。目視検査にて検出された不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認
【その他】
・ポンツーン：内外面目視（入槽実施）、定点板厚測定、シングルデッキ：外面目視、定点板厚測定
・浮屋根上部デッキは塗装補修を実施。下部デッキは3点/枚で肉厚測定を実施。
・開放点検は1回／7年実施。ウェザーシールド点検手入れ、シールバック取替（開放点検3回に1回）、スクレーパー点検、ポンツーン内部目視点検
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。
・定期点検は実施していない。目視検査として腐食の有無を実施、腐食があれば測定を実施している。

2-1 タンク開放時におけるポンツーン内部の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表14 ポンツーン内部の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視(内部に入らず確認)	4
目視(内部に入って確認)	61
外面のみ	0
その他	3
合計	68

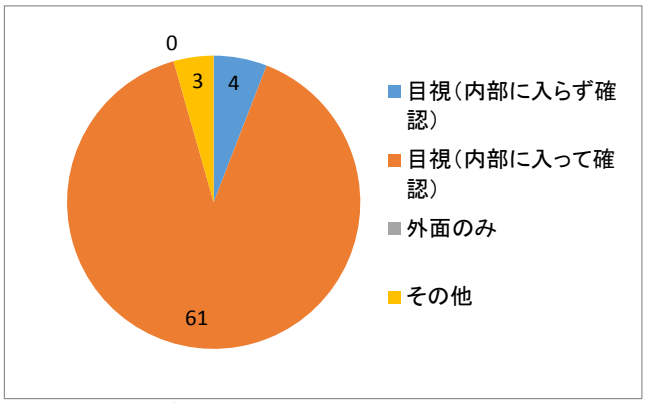


図14 ポンツーン内部の点検方法(開放)

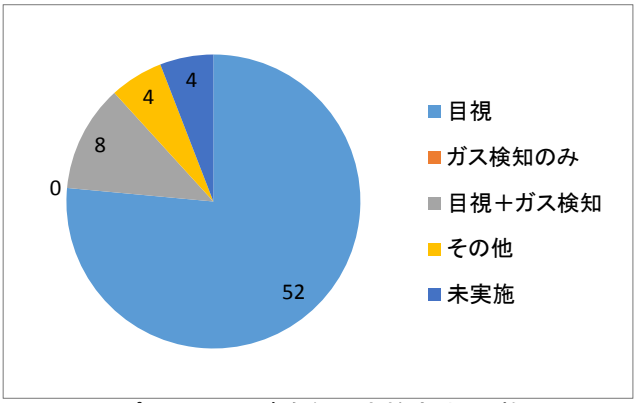
【記入欄の記載内容】

・ポンツーン内部に入って異常の有無について確認。
・目視によるポンツーンの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。検査については、PT・VTを実施。
・マンホールを開放して内部確認、外面肉厚測定で最小値となったポンツーンについて詳細肉厚測定
・ポンツーン接液部側はタンク洗浄後、入槽し目視点検を実施する。ポンツーン非接液部側は随時、隔壁マンホールより入槽し目視点検を実施する。
・内部の全範囲において、目視点検を実施している。
・検査員による、目視。補修部はバキュームテストあるいは浸透探傷試験。
【その他】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

2-2 タンク開放時におけるポンツーン漏洩有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表15 ポンツーン漏洩有無の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	52
ガス検知のみ	0
目視+ガス検知	8
その他	4
未実施	4
合計	68



15 ポンツーン漏洩有無の点検方法(開放

【記入欄の記載内容】

【目視】
・すべてのポンツーン内部に入槽し、漏洩(重油付着)の有無を目視にて確認。タンク水張り検査時には、ポンツーン内部への浸水の有無を確認。
・ポンツーン内部目視により漏洩有無を確認。
・内部入槽しての目視検査(原油もしくは雨水の浸入跡確認)
・内部に入り、油の漏洩の形跡があったか目視にて確認。
・黒油:目視にて油痕跡の有無を確認する。白油:内部塗膜溶解痕跡の有無を確認する。
【目視+ガス検知】
・開放時とオイルイン時の2回実施。
・開放清掃時にポンツーンM/H開放し目視+ガス検知器で漏れ有無の確認を実施している。
【未実施】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。
【その他】
・気密試験による確認
・ポンツーン全室の溶接線等について発泡液による気密テスト(490PaG)を行う。
・水張検査を実施する場合は水張時に漏洩の有無を確認する。

2-3 タンク開放時におけるポンツーンの変形、亀裂有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表16 ポンツーン変形・亀裂有無の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視	62
計器による測定	0
非破壊検査	3
その他	1
未実施	2
合計	68

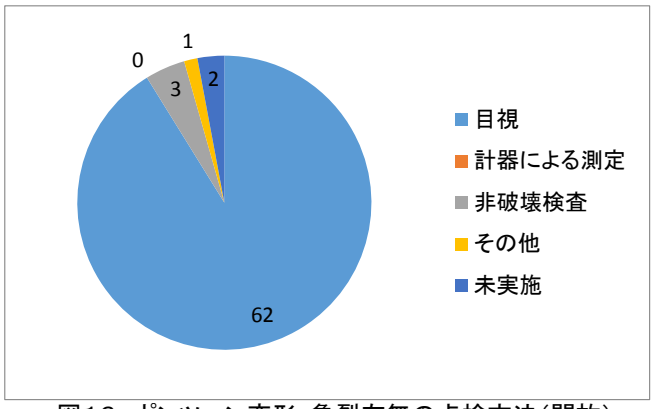


図16 ポンツーン変形・亀裂有無の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視】
・変形箇所は記録にとどめ，経過観察する。亀裂の場合は補修溶接を行い非破壊検査にて健全性の確認を行う。
・基本的に、目視により変形、亀裂の有無を確認。万一損傷が確認されれば、計測器などを用いて損傷形状、範囲などを追加確認する。
・浮屋根上および浮屋根マンホール内より目視による確認
・ポンツーン内・外部について，目視にて確認している。
・目視検査による異常が確認された場合、変形部の形状測定、非破壊検査（PT検査）等による確認
・変形・亀裂については目視で確認。亀裂については、加圧漏れ試験にて確認。
・外部は目視点検、内部の検査は実施せず
・非破壊検査会社による目視検査を実施している。点検結果により、塗膜に割れ等が見られた場合は詳細検査（非破壊検査）を実施する。
・目視にて板の変形や溶接部の亀裂有無確認。亀裂等が認められた場合は浸透探傷検査を行う
・ポンツーン内部から、変形、亀裂を目視点検。
・ポンツーンの外観及び内部の目視検査を実施する。
・目視検査　※著しい変形等を検出した場合は当該部を浸透探傷試験
・ポンツーン内部とタンク内部（ポンツーン外部）から目視点検を実施し、異常の疑いがあった場合には非破壊検査などの詳細検査を実施している。
・目視検査にて、変形、亀裂等の確認を実施。亀裂等が懸念される場合は非破壊検査実施
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認
【非破壊検査】
・全面目視点検および**浸透液漏れ検査**
・デッキ板（ポンツーン内含む）付属品の溶接線は、NDI(PT)を実施する。（ショートビード注意） ただし、保護板等が設置されている場合は除く。
・内外面全面目視検査(溶接線含む)、ポンツーン内面タック溶接部MT検査
【その他】
・目視＋α（ポンツーンと側板との間隙測定）
【未実施】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

2-4 タンク開放時におけるポンツーンの塗装状況及び腐食有無（非接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表17　ポンツーン塗装及び腐食の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視（腐食状況の確認程度）	56
計器による測定（部分的）	6
計器による測定（全体的）	3
その他	1
未実施	2
合計	68

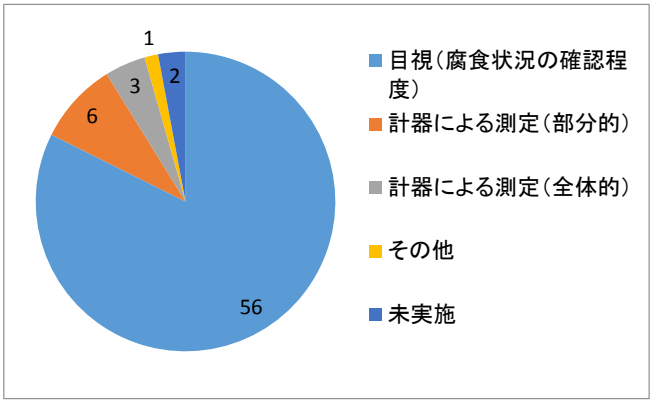


図17　ポンツーン塗装及び腐食の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視】
・ポンツーン内部およびデッキ上から目視により塗装状況および腐食の有無を確認。
・内面：一部で雨水浸入による腐食あり。腐食部は補修または塗装を実施。外面：一部で雨水による腐食あり。腐食部は補修または塗装を実施
・著しい塗装の劣化・剥離・腐食がある場合は、ケレン及び補修塗装を行う。
・基本的に、目視により塗装、腐食状況を確認。万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
・すべてのポンツーン内部に入槽し、塗装状況および腐食の有無を目視にて確認。
・腐食ありの場合、腐食深さ計測。
・内外面から目視検査
・タンク側板外面と同様のウレタン系樹脂塗料にて塗装を施工している。定期開放検査時に塗装の剥離や軽微な腐食が発生している場合もあり、タッチアップ塗装を実施している。
・塗装状況を目視で確認。腐食検査は目視にて確認し、腐食箇所をﾃﾞﾌﾟｽｹﾞｰｼﾞにて計測・記録。定点の超音波肉厚測定を実施。
【計器による測定（部分的）】
・目視による確認及び錆瘤、層状酸化等の著しい腐食については、ケレンを実施した上で計器（超音波板厚計もしくはデプスゲージ）による測定を実施する。
・内部・外部の目視点検を実施するとともに，著しい腐食が確認された箇所および各面の定点について，内部から板厚測定(超音波検査)を実施。
・塗装状況を目視で確認。腐食検査は目視にて確認し、腐食箇所をﾃﾞﾌﾟｽｹﾞｰｼﾞにて計測・記録。定点の超音波肉厚測定を実施。
・入槽の上、詳細目視点検。　肉厚測定(部屋毎に　ポンツーン底板、天板、アウターリム、インナーリムそれぞれ3点）
・内外面全面目視検査(溶接線含む)及び外リム全面目視検査、定点肉厚測定(上板、内リム、外リム)、外リム及びガイドウェル抜取りUT面探傷検査
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認。
【計器による測定（全体）】
・消防法通達　危第295号による板厚測定、②目視検査による腐食部板厚測定、③上板板厚測定
・目視（外面腐食点検）、デプスゲージを使用し腐食深さを測定、近傍板厚の肉厚測定。　定点肉厚測定
・基本検査として目視検査及びポンツーンの上板、下板、内リム、外リムの肉厚測定を実施している。
【その他】
・目視検査、肉厚測定（上板を板毎に3点）
【未実施】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

2-5 タンク開放時におけるポンツーンの腐食有無（接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表18　ポンツーン腐食有無（接液部）の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視（腐食状況の確認程度）	51
計器による測定（部分的）	11
計器による測定（全体的）	1
その他	3
未実施	2
合計	68

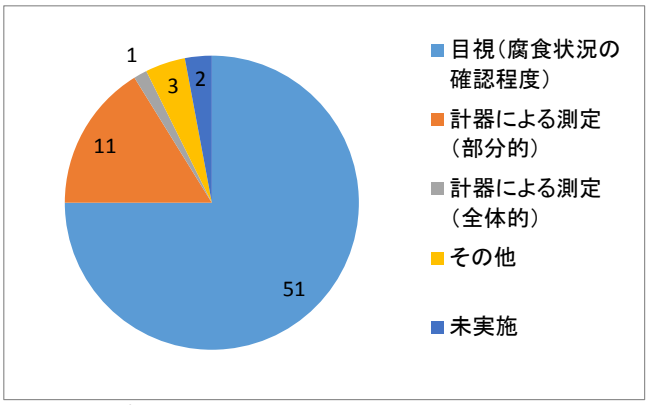


図18　ポンツーン腐食有無（接液部）の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視（腐食状況の確認程度）】
・目視によるポンツーンの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
・内面：一部で雨水浸入による腐食あり。腐食部は補修または塗装を実施。外面：基本は検査なし。概ね変形、亀裂の履歴なし。状況に応じ目視実施
・腐食がある場合は、ケレン及び補修塗装を行う。
・目視により腐食の有無を確認、万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
・タンク内および浮屋根マンホール内より目視による確認
・定点の肉厚測定、腐食部の腐食深さ測定。
・ポンツーン内部に腐食を確認し、ケレン、バフ掛け、溶接線真空検査、塗装を実施。
・タンク内部より、腐食の有無を目視にて確認。
・ポンツーン内面は結露による腐食等の確認をする。タンク内からはリム板、下板及び補強材等の付属品の確認をする。
・目視点検を実施し、顕著な減肉が認められた場合には板厚確認している。
・内外面全面目視検査　・ﾎﾟﾝﾂｰﾝ11点×8方向の肉厚測定(消防危第295号に準ずる)。　・腐食性ありの場合、ﾎﾟﾝﾂｰﾝ全室のうち1/2をｱｳﾀｰﾘﾑおよびｲﾝﾅｰﾘﾑを概ね3等分した方向について200mm幅で全長抜き取りUTを追加。
・ポンツーン内外面の目視による確認を実施し、加えて接液部の健全性確認のため肉厚測定を実施している。
・屋根板内外面の全面腐食検査。ﾎﾟﾝﾂｰﾝ底板肉厚測定：板1枚につき3箇所測定
・浮屋根下面に対し、目視検査（ディプスゲージ等による測定含む）を実施している。
・目視点検による腐食部について、ディプスゲージを使用し、深さ測定実施。
【計器による測定（部分的）】
・目視による確認及び錆瘤、層状酸化等の著しい腐食については、ケレンを実施した上で計器（超音波板厚計もしくはデプスゲージ）による測定を実施する。
・塗装状況を目視で確認。腐食検査は目視にて確認し、腐食箇所をﾃﾞﾌﾟｽｹﾞｰｼﾞにて計測・記録。定点の超音波肉厚測定を実施。
・入槽の上、詳細目視点検。肉厚測定(部屋毎に　ポンツーン底板、天板、アウターリム、インナーリムそれぞれ3点)
・ポンツーン内部目視点検に合わせて、抜取の肉厚測定を実施。
・内面全面目視検査(溶接線含む)及び外リム全面目視検査・定点肉厚測定(下板)・外リム及びガイドウェル抜取りUT面探傷検査
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認
【計器による測定（全体）】
・基本検査として目視検査を実施している。
【その他】
・ポンツーン内外面の目視による確認を実施し、加えて接液部の健全性確認のため肉厚測定を実施している。
・内外面全面目視検査　・ﾎﾟﾝﾂｰﾝ11点×8方向の肉厚測定(消防危第295号に準ずる)。　・腐食性ありの場合、ﾎﾟﾝﾂｰﾝ全室のうち1/2をｱｳﾀｰﾘﾑおよびｲﾝﾅｰﾘﾑを概ね3等分した方向について200mm幅で全長抜き取りUTを追加。
・目視検査、肉厚測定（下板を板毎に3点）
【未実施】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

2-6 タンク開放時におけるポンツーン溶接部（非接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表19　ポンツーン溶接部（非接液部）の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視（漏れの有無確認）	25
目視（溶接部の状態確認）	40
非破壊検査（部分的）	0
非破壊検査（全体的）	0
その他	1
未実施	2
合計	68

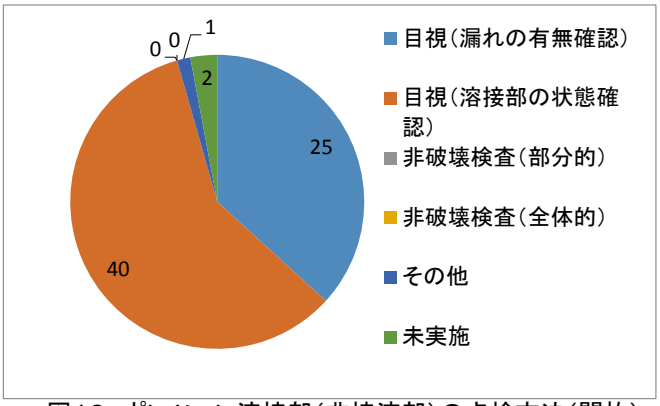


図19　ポンツーン溶接部（非接液部）の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視（漏れの有無確認）】
・すべてのポンツーン内部に入槽し、溶接部を目視にて確認。
【目視（溶接部の状態確認）】
・目視により溶接部の状態を確認。万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。
・入槽による全線目視検査を行う。腐食による欠損や外力による破断等の有無について、確認する。
・目視点検を実施し、異常の疑いがあった場合にて非破壊検査などの詳細検査を実施している。
・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
・内部・外部の目視点検を実施し，欠陥が確認された場合は，非破壊検査等を実施。
・目視点検による腐食部について、ディプスゲージを使用し、深さ測定実施。
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は
・目視にて溶接部の状態確認。異常を確認した場合、PT試験にて確認。
【その他】
・塗膜上から全線目視検査および加圧漏れ検査
【未実施】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・定期開放では、定期点検で発見された不具合の補修を実施。点検未実施。

2-7 タンク開放時におけるポンツーン溶接部（接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表20　ポンツーン溶接部（接液部）の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視（溶接部の状態確認）	61
非破壊検査（部分的）	0
非破壊検査（全体的）	2
その他	1
未実施	4
合計	68

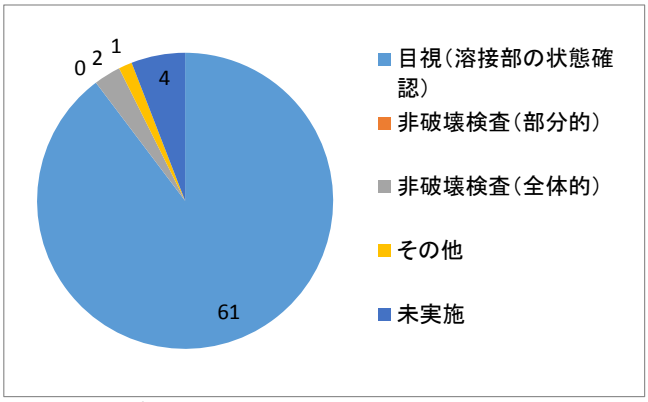


図20　ポンツーン溶接部（接液部）の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視（溶接部の状態確認）】
・目視によるポンツーンの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
・タンク開放後、タンク内部目視により溶接部状態を確認。
・内面：一部で雨水浸入による腐食あり。腐食部は補修または塗装を実施。外面：溶接部腐食等の履歴なし
・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
・入槽による全線目視検査を行う。腐食による欠損や外力による破断等の有無について、確認する。
・目視により溶接部の状態を確認。万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。
・ポンツーン内部に腐食を確認し、ケレン、バフ掛け、溶接線真空検査、塗装を実施。
・目視にて溶接部の状態確認。異常を確認した場合、PT試験にて確認。
・塗装を剥がしてまでは行っていない
・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認
【非破壊検査（全体的）】
・ポンツーン内面タック溶接線MT検査
【その他】
・塗膜上から全線目視検査および加圧漏れ検査
【未実施】
・検査員による目視、補修部はバキュームテストあるいは浸透探傷試験。

2-8 タンク開放時におけるポンツーン漏れ試験の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表21　ポンツーン漏れ試験の点検方法（開放）

点検方法	回答数
真空試験（部分的）	7
真空試験（全体的）	0
加圧漏れ試験	19
油浸透試験（部分的）	1
油浸透試験（全体的）	1
その他	14
未実施	26
合計	68

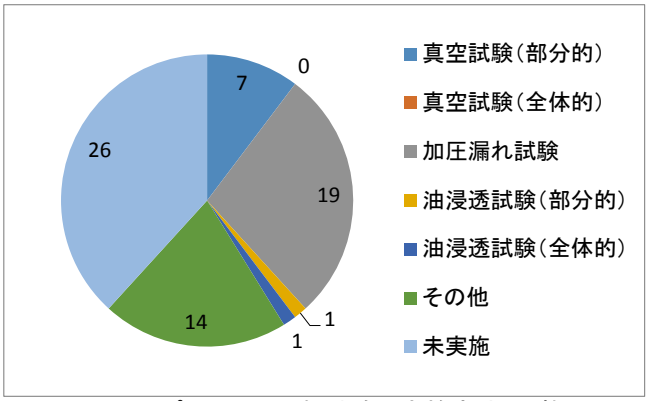


図21　ポンツーン漏れ試験の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【真空試験（部分的）】
・ポンツーン内部に腐食を確認し、ケレン、バフ掛け、溶接線真空検査、塗装を実施。
・補修無しは未実施、補修時は対象ポンツーンを実施
・詳細目視検査にて疑義が認められた場合、真空試験を実施し漏洩の有無を確認している。
・補修部はバキュームテストあるいは浸透探傷試験。
・点検結果に対して不具合部は必要に応じて真空検査にて確認
【加圧漏れ試験】
・空圧テスト（30mmH2O）、溶接線リークテスト（油浸透等による）
・検査対象ポンツーンを空気にて昇圧（50mmAq）し、隣接するポンツーン及びデッキ側内リムの溶接線に発泡液をかけ、漏洩の有無を確認
・貫通を伴うような腐食または開口を伴う工事の場合のみ実施している。試験圧力：490Pa、試験方法：ポンツーンマンホール内を試験圧力まで空気圧縮機で加圧後、補修部分に発泡剤を塗布し、漏れがないことを確認している。
・ポンツーンマンホールに治具を取付け、圧縮空気にて加圧（圧力：30mmAq）し、発泡剤にて漏洩の有無を確認。
・50mmAq～150mmAq　空圧にて確認。外部より発泡液にて漏れ確認。
・全室（気密試験：40mmAg以上）実施
・気密試験圧力：（≠300mmAq）
・ポンツーン内に漏油懸念がある場合、加圧漏れ試験（50mmAq）にて外面より不具合位置の特定を行う。
・微加圧試験の実施。ただし、溶接補修や一部板切取りの部分補修の場合は浸透探傷試験で代替え検査。
・点検の結果、異常の疑いがあった場合や、ポンツーンの補修工事を行った場合には、加圧漏れ試験（気密試験）を実施している。
【油浸透試験（部分的）】
・インナーリム、アウターリム、仕切り板溶接線の浸透液漏れ試験
・部位、ポンツーンの大きさ等により、加圧試験、真空試験、油浸透試験から試験方法を選定する。
・概ね完成検査前検査（水張り検査）実施。完成検査前検査時はポンツーン内目視実施。水漏れなし。浮屋根新基準対応でポンツーン改修を実施したものは改修時に気密検査実施
【油浸透試験（全体）】
・浮き屋根新基準適合に伴う浮き屋根改修で油浸透試験を実施した。①検査液：軽油、②判定時間：塗油後1時間後及び5時間後
【その他】
・部位、ポンツーンの大きさ等により、加圧試験、真空試験、油浸透試験から試験方法を選定する。
・水張検査を実施する場合は水張時に漏洩の有無を確認する。
・タンク水張り検査時に合わせて、ポンツーン部の漏洩の有無を確認している。
・目視にて漏れ跡等の異常が認められた場合は、非破壊検査を行い必要に応じ溶接補修を実施し、加圧漏れ試験にて漏洩確認を実施する。
・目視検査で異常を認めた個所及びポンツーンの補修等が発生した場合に補修場所によって真空検査、油浸透試験、浸透探傷検査を実施。
・補修があれば加圧漏れ試験実施
・漏洩懸念時に部分的な真空試験を実施します。
・水張試験時に漏洩の有無を確認。　補修溶接箇所は真空試験を実施。
・ポンツーンの補修が発生した場合は補修したポンツーンの気密試験、または補修箇所のみ真空検査を実施
【未実施】
・気密試験等の漏洩に関する試験は実施していない。
・ゲージポール、浮き屋根回転止めポンツーンガイドパイプ交換時は、その部屋のみ気密テストを行っている
・ポンツーン改修及び補修工事があった場合は加圧試験を実施。
・概ね完成検査前検査（水張り検査）実施。完成検査前検査時はポンツーン内目視実施。浮屋根新基準対応でポンツーン改修を実施したものは改修時に気密検査実施。

（コメント）
・開放検査開始直後（補修前）に行うものと、補修後に行うものとが混在している。実施及び未実施ともに記述欄を読むだけでは判別できないものもあり、先述のQ＆A開放点検2-8（タンク開放時におけるポンツーン漏れ試験について）についても加味する、不明な場合には、再度調査しないと判別できないものがある。
・

2-9 タンク開放時におけるポンツーン付属品の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表22 ポンツーン付属品の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視	54
機能確認	5
整備	3
その他	3
未実施	3
合計	68

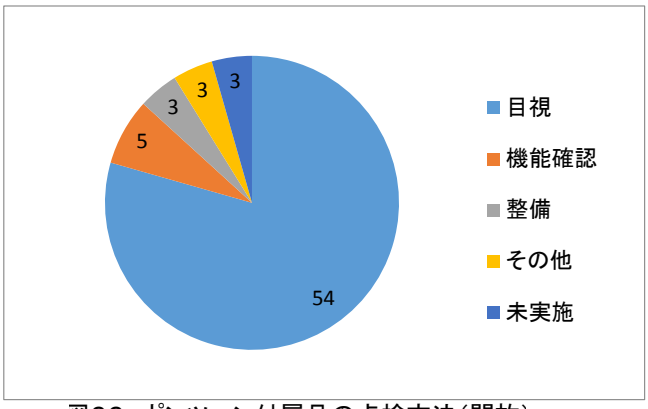


図22 ポンツーン付属品の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

・目視によるポンツーンの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
・ポンツーン蓋の腐食状況について目視確認。
・概ね完成検査前検査（水張り検査）実施。完成検査前検査時に動作確認実施。マンホールガスケット、ボルト、ナット等は目視で確認。支柱は開放前に目視、肉厚測定実施。
・割れの場合は補修溶接を行い非破壊検査にて健全性の確認を行う。
・目視点検及びノズル部肉厚測定
・目視点検および水封式エマージェンシードレン管の適正水量確認
・ポンツーンマンホールノズル及び蓋の整備
・アトモス弁点検整備、・浮き屋根回転止め，ルーフストッパー目視点検、ポンツーンマンホール点検
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・①ポンツーンマンホール蓋の腐食確認。②ウエザーフードの可動状況確認。③火災検知器設備の作動確認　など
・リムプレート（側板/隔壁）、スリーブ（貫通部）、アングルなどの付属品を目視点検
・ﾙｰﾌｻﾎﾟｰﾄの外面腐食検査
・1）ｳｴｻﾞｼｰﾙﾄﾞ、ﾀﾝｸｼｰﾙ機構、各ﾉｽﾞﾙ(M/H含む)：目視点検。2）回転止め、ｹﾞｰｼﾞﾎﾟｰﾙ、ﾌﾛｰﾄ液面計ﾎﾟｰﾙ：目視点検。3）ﾌﾛｰﾄ液面計：点検、整備
・検査会社によるマンホール蓋、留め金具、ウェザーフードの目視点検
・アトモス弁の作動点検、ガイドポール及びゲージポールのガイドローラー及びスライディングプレート点検、浮屋根シール目視点検を実施している。
・ルーフサポートスリーブ管打音検査（状況により板厚測定）。
・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
・目視、ポンツーン内インナーパイプ（リムベント）肉厚測定
・ガイドポールのローラー部は動作確認し、その他は目視検査を実施する。付属ノズルについては、肉厚測定を実施する。
・ポンツーンマンホールやベントパイプなどの付属品について、目視にて点検している。
・シールガスベントは、肉厚測定も実施。
・ガイドパイプの腐食、変形、亀裂の有無を目視にて確認。
・ポンツーン，デッキ含め浮屋根廻りのシール機構
・腐食状況の確認及び肉厚測定を実施。
・支柱ガイドおよびノズルの下端及び上端より50mmを各4点×全数肉厚測定 ・腐食性ありの場合、支柱ガイドおよび屋根貫通ノズルを20本程度抜き取りで全長×20mm幅UT
・付属品の目視、支柱ｶﾞｲﾄﾞ、ﾉｽﾞﾙの肉厚測定を実施。
・目視検査及び非破壊検査（肉厚測定）を実施する。
・パッキンの目視を含む。
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施

2-10 タンク開放時におけるポンツーン点検において、その他実施している内容について以下のようであった。(抜粋)

・ポンツーン全室の目視検査を実施し、最も腐食している浮き室を対象に板厚測定を実施する。
・点検の容易さと漏洩の早期発見につなげるため、ポンツーン内部を白色で塗装している。
・屋根板を溶接補修した場合は、PTおよび油浸透検査を実施。・地中タンクについてはシャフト部のシールを隔回の開放点検で取替実施
・ポンツーンマンホールパッキンの取替を行う。ポンツーンの腐食状況に応じて当板補修、塗装補修を行う。
・目視検査、定点肉厚測定、腐食部腐食深さ、肉厚測定
・ソフトシールの目視検査(摩耗、クラックの有無)、ソフトシールの劣化検査(シート厚さ、引っ張り強度、伸び、硬さ)
・腐食防止措置として、内部塗装を実施。
・検査目的:FRTのポンツーンの内面は、発錆によるスケールの付着や腐食の有無、溶接部のにじみや漏れの有無を検査する。検査内容:外面天板腐食及びマンホール蓋シール不良による雨水の漏れ込み有無。検査方法:目視検査。
・【定点肉厚測定】・原油ﾀﾝｸに関しては全室肉厚測定実施(ﾎﾟﾝﾂｰﾝ底板、ｲﾝﾅｰﾘﾑ、ｱｳﾀｰﾘﾑ各1点)。・ﾀﾝｸﾐｷｻｰ取付上部のﾎﾟﾝﾂｰﾝに切欠き部がある箇所は切欠きの天板を肉厚測定。・ﾘﾑﾍﾞﾝﾄ配管、ﾎﾟﾝﾂｰﾝ貫通部(回転止め等)、貫通ﾏﾝﾎｰﾙ等のﾍﾞｰﾊﾟｰｿﾞｰﾝが存在し局部腐食の懸念がある箇所。
・タンク開放前に事前の目視検査等を行い、必要に応じてタンク開放時の補修計画に反映している。

3-1 タンク開放時におけるデッキ漏洩有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表23 デッキ漏洩有無の点検方法(開放)

点検方法	回答数
目視	61
ガス検知	0
目視+ガス検知	1
その他	2
未実施	4
合計	68

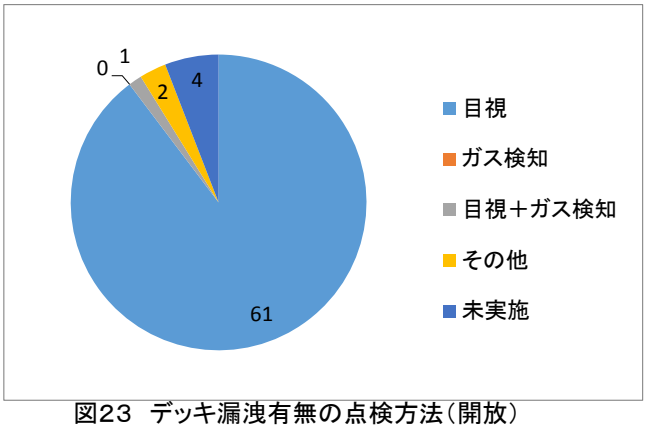


図23 デッキ漏洩有無の点検方法(開放)

【記入欄の記載内容】

【目視】
・目視によるデッキの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
・浮屋根上および浮屋根マンホール内より目視による確認
・黒油:目視にて油痕跡の有無を確認する。白油:塗膜溶解痕跡の有無を確認する。
・水張試験時に漏洩の有無を確認。
・目視検査を実施し滲み箇所や滲み跡の有無の確認を実施
・水張り検査時に確認実施。波返し部はデッキ上から振動を与えて検査実施。
・検査会社による目視検査。部分的に計器(デプスゲージ、肉厚測定器等)を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査(浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等)を用いて確認
【その他】
・ポンツーン内部に腐食を確認し、ケレン、バフ掛け、溶接線真空検査、塗装を実施。
・水張試験時に漏洩の有無を確認。補修溶接箇所は真空試験を実施。
【未実施】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・タブルデッキであるため、デッキ部への漏洩なし。
・日常点検において確認しているため、開放検査時に別途実施はしていない。

3-2 タンク開放時におけるデッキの変形、亀裂有無の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表24　デッキの変形・亀裂有無の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視	64
計器による測定	0
非破壊検査	0
その他	0
未実施	4
合計	68

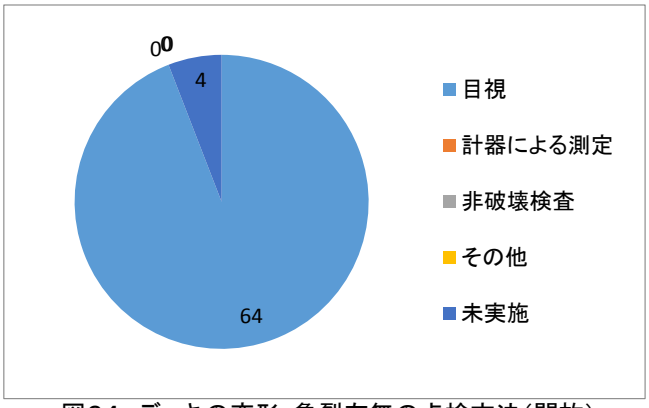


図24　デッキの変形・亀裂有無の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視】
・変形箇所は記録にとどめ，経過観察する。亀裂の場合は補修溶接を行い非破壊検査にて健全性の確認を行う。
・変形箇所は記録にとどめ，経過観察する。亀裂の場合は補修溶接を行い非破壊検査にて健全性の確認を行う。
・台風などの強風により繰り返し応力が発生する箇所（屋根支柱部補強板やポンツーン内部のリブ板溶接部など）は非破壊検査（MT、PT）を＋αで実施している。
・基本的に、目視により変形、亀裂の有無を確認している。万一損傷が確認されれば、計測器などを用いて損傷形状、範囲などを追加確認する。
・外観目視検査を実施しており、検査結果により非破壊検査を行うこととしているが、これまで外観目視検査で変形、亀裂等の不具合は確認されていない。
・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
・デッキの変形、亀裂の目視点検および形状測定を実施。
・目視にて変形、亀裂の確認をする。　・補強リング取付部等は十分に注視する。
・タンク内外面から目視にて顕著な変形や亀裂の有無について点検し、異常の疑いがあった場合には非破壊検査などの詳細点検を実施している。
・著しいデッキの変形、亀裂の有無を目視点検を実施
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認
【未実施】
・定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・目視検査と臭気有無の確認を実施している。ガス検は実施していない。
・対象タンクは、全てタブルデッキであるため実施していない。
・日常点検において確認しているため、開放検査時に別途実施はしていない。

3-3 タンク開放時におけるデッキ上面の塗装状況及び腐食有無（非接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

図25　デッキ上面の塗装及び腐食状況の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視	56
計器による測定	7
非破壊検査	2
その他	2
未実施	1
合計	68

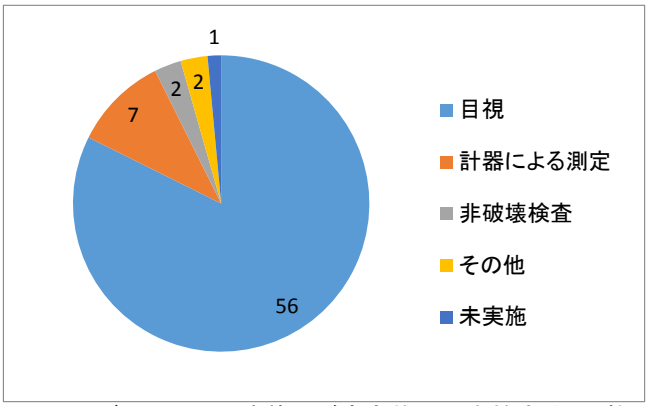


図25　デッキ上面の塗装及び腐食状況の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視】
・デッキ上目視により塗装状況および腐食の有無を確認。
・著しい塗装の劣化・剥離・腐食がある場合は、ケレン及び補修塗装を行う。
・目視点検、・浮き屋根上部板全面塗装
・上部デッキ上面の目視検査にて発見された不具合は、塗装補修を実施。下部デッキは上記定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・基本的に、目視により塗装、腐食状況を確認している。万一腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを追加確認する。
・腐食を確認した箇所のケレン・塗装補修、取替え補修・真空試験を実施。取替え補修・真空試験
・腐食の有無。・目視にて，不適合箇所があれば別途修理を実施する。
・全体的な目視確認と併せて，定点および著しい腐食が認められた箇所の板厚測定(超音波検査)を実施。
・目視（外面腐食点検）、デプスゲージを使用し腐食深さを測定、近傍板厚の肉厚測定。・定点肉厚測定
・定期開放の前年度に錆、剥がれ、傷等について目視検査を行っている。
・浮屋根（ポンツーン含む）上面の塗装修理に合わせて、発錆箇所確認を実施している。（発錆状況によっては、ディプスゲージによる測定含む）
・目視点検による腐食部について、ディプスゲージを使用し、深さ測定実施。
・デッキ上面の塗装状況及び腐食の目視点検および肉厚測定を実施。
・塗装の劣化状況（ひび割れ・剥離等）を目視にて確認する。腐食状況は母材と溶接線について錆こぶや堆積を目視にて確認する。
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認
【計器による測定】
・全体的な目視確認と併せて，定点および著しい腐食が認められた箇所の板厚測定(超音波検査)を実施。
・塗装状況を目視で確認。腐食検査は目視にて確認し、腐食箇所をﾃﾞﾌﾟｽｹﾞｰｼﾞにて計測・記録。定点の超音波肉厚測定を実施。
・目視（外面腐食点検）、デプスゲージを使用し腐食深さを測定、近傍板厚の肉厚測定。定点肉厚測定
・目視検査、定点肉厚測定を実施。腐食部位について前処理（ブラスト等）を実施し、詳細肉厚を確認。
【非破壊検査】
・デッキ全面目視点検及び肉厚測定
・目視点検：デッキ全面。板厚測定：各板1～3箇所
【その他】
・該当なし
・目視検査、肉厚測定（上板を板毎に3点）
【未実施】
・側板外面と同様のウレタン系樹脂塗料にて塗装を施工している。定期開放検査時に外面腐食が発生している場合もあり、嵌め板交換又は、タッチアップ塗装を実施している。

3-4 タンク開放時におけるデッキ裏面の腐食有無（接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

図26　デッキ裏面の腐食有無（接液部）の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視	47
計器による測定	13
非破壊検査	3
その他	3
未実施	1
合計	67 ※

※ダブルデッキタイプのデッキ裏面はポンツーン内部となり接液しない。そのため選択式回答に的確な選択肢がなく、1件空欄回答

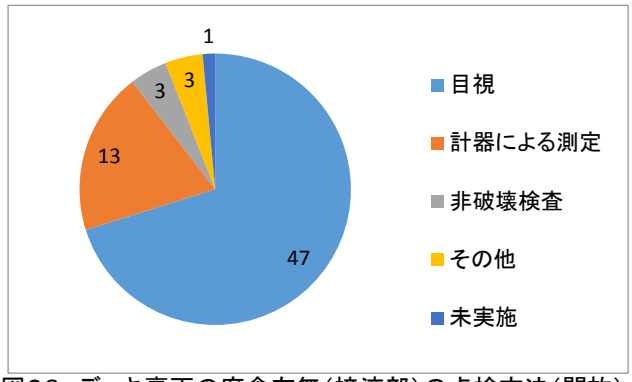


図26　デッキ裏面の腐食有無（接液部）の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視】
・目視によるデッキの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
・著しい塗装の劣化・剥離・腐食がある場合は、ケレン及び補修塗装を行う。
・下部デッキ裏面に塗装はないため、開放時表面錆は発生する。しかし、開放点検における3点/枚の肉厚測定において問題なし。
・タンク内部より、デッキ裏面の腐食の有無を目視にて確認。
・裏面側からは目視のみの確認となるが、上面からの肉厚測定により裏面減肉状況を評価している。
・形状不良、損傷等の有無、腐食状況、その他設備の健全性を損なう不具合がないか目視検査を行っている。
・検査会社による外観目視検査を実施
・浮屋根下面に対し、目視検査（ディプスゲージ等による測定含む）を実施している。
・目視点検による腐食部について、ディプスゲージを使用し、深さ測定実施。
・タンク内部から、デッキ裏面腐食状況の目視点検を実施。（ディプスゲージを用いる）
・目視点検を実施し、顕著な減肉が認められた場合には板厚確認している。また、タンクの構造によってベーパースペースが懸念される部位について、板厚測定を実施している。
・基本検査として目視検査を実施している。ダブルデッキの場合は肉厚測定も実施している。
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認
【計器による測定】
・タンク開放後、タンク内部目視によりデッキ裏面の腐食を確認。デッキ上からの肉厚測定によりデッキ裏面腐食の程度を確認。
・デッキ上面より超音波厚さ測定を実施している。最小厚さ以下が認められた箇所については、嵌め板交換を実施している。
・デッキ上面より、定点の超音波肉厚測定を実施。
・裏面側からは目視のみの確認となるが、デッキ上面からの肉厚測定により裏面減肉状況を評価している。
・肉厚測定　板一枚当たり5点
・目視及び、タンク毎の腐食状況により、超音波 / 磁気飽和渦流探傷法（SLOFECなど）による定点or連続肉厚測定。
・超音波厚さ測定を実施する。板1枚につき3点測定。
【非破壊検査】
・屋根板内外面の全面腐食検査、屋根板肉厚測定：板1枚につき3点測定
・板一枚当たり、3点程度の肉厚測定を実施し確認している。
・定点肉厚測定
【その他】
・目視検査、肉厚測定（下板を板毎に3点）
・目視検査。　非接液側より肉厚測定　→板毎3点、　→ﾍﾞｰﾊﾟｰ溜り懸念部については抜取りで詳細検査
・目視検査＋肉厚測定を実施している。
【未実施】
・記述なし

3-5 タンク開放時におけるデッキ上面の溶接部（非接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表27　デッキ上面溶接部(非接液部)の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視	65
非破壊検査（部分的）	2
非破壊検査（全体的）	0
その他	1
未実施	0
合計	68

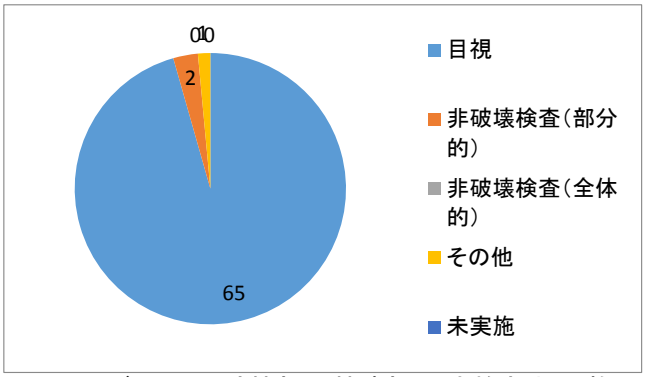


図27　デッキ上面溶接部(非接液部)の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視】
・目視を実施している。必要に応じてブラスト又はケレン等で処理したあとにMT検査を実施している。
・詳細な目視検査により健全性の確認を実施している。
・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
・定期開放の前年度に錆、剥がれ、傷等について目視検査を行っている。
・塗装を剥がしてまで点検は行っていない。
・上部デッキ上面の目視検査にて発見された腐食部は、塗装補修を実施。下部デッキは上記定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。
・目視により溶接部の状態を確認している。万一溶接部の損傷が懸念されれば、当該部を非破壊検査などにて詳細点検を実施する。
・腐食等の不適合無し・目視にて，不適合箇所があれば別途修理を実施する。
・全体的な目視確認と併せて，著しい腐食が認められた箇所の計器による検査を実施。・不適合箇所があれば別途修理を実施する。
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認。
・外観目視検査を実施しており、検査結果により非破壊検査を行うこととしているが、これまで外観目視検査で変形、異常は確認されていない。
・目視にて確認。デッキ板とポンツーンとの取り合い溶接部（ｺﾝﾌﾟﾚｯｼｮﾝﾘﾝｸﾞ）のみPT試験を実施。
・基本検査として目視検査を実施している。目視で気になる箇所はPT及びバキュームテストを実施している。
・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じて非破壊検査を実施。
【非破壊検査（部分的）】
・検査員による目視点検及び過去肉盛溶接補修部の浸透探傷試験を実施。
【未実施】
・記述なし

3-6 タンク開放時におけるデッキ裏面の溶接部（接液部）の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表28　デッキ裏面溶接部(接液部)の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視	57
非破壊検査（部分的）	1
非破壊検査（全体的）	0
その他	1
未実施	8
合計	67 ※

※ダブルデッキタイプのデッキ裏面はポンツーン内部となり接液しない。そのため選択式回答に的確な選択肢がなく、1件空欄回答

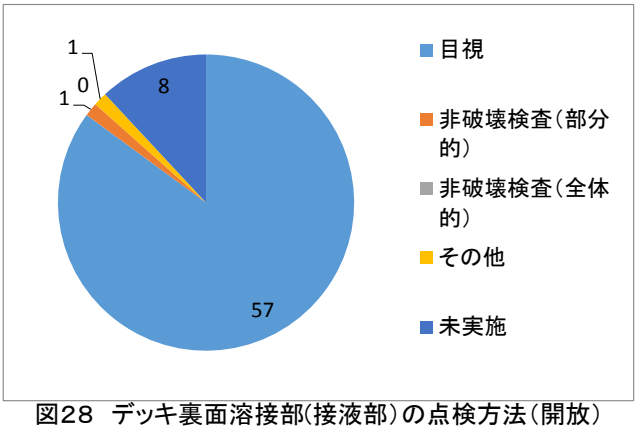


図28　デッキ裏面溶接部(接液部)の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

【目視】
・目視によるデッキの点検を実施。不具合が認められた場合は、点検修理を行う。
・タンク開放後、タンク内部目視により溶接部状態を確認。
・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
・上部デッキ裏面は上記定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。下部デッキ裏面は開放時の目視検査実施。
・デッキ（上部板）の裏面はポンツーンとなるため、接液部は無し。
・浮屋根マンホール内より目視による確認
・タンク内部より、デッキ裏面の溶接部を目視にて確認。
・腐食等の不適合無し。・目視にて，不適合箇所があれば別途修理を実施する。
・塗装を剥がしてまでは行っていない
・検査会社による外観目視検査を実施
・浮屋根下面に対し、目視検査の範囲内で実施している。
・目視点検による腐食・形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
・外面溶接線の健全性を確認しているため、裏面溶接線の検査については未実施。
・タンク内部から、デッキ裏面腐食状況の目視検査を実施。
・目視点検を実施し、異常の疑いがあった場合には非破壊検査などの詳細検査を実施している。
・基本検査として目視検査を実施している。目視で気になる箇所はPT等を実施している。
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施後、不具合部は必要に応じて非破壊検査（浸透探傷試験、磁粉探傷試験や真空検査等）を用いて確認
【非破壊検査（部分的）】
・基本的に目視検査をしているが、補強リングの溶接部は割れが発生しやすため、非破壊検査（MT）を実施している。
【その他】
・全面目視およびデッキ板1枚あたり3点の肉厚測定
【未実施】
・一部断続溶接が行っているが、補助的な溶接のため検査は行わない。
・重ね溶接部のため確認できず。
・外面溶接線の健全性を確認しているため、裏面溶接線の検査については未実施。

3-7 タンク開放時におけるデッキ付属品の点検方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表29 デッキ付属品の点検方法（開放）

点検方法	回答数
目視	51
機能確認	5
整備	8
その他	4
未実施	0
合計	68

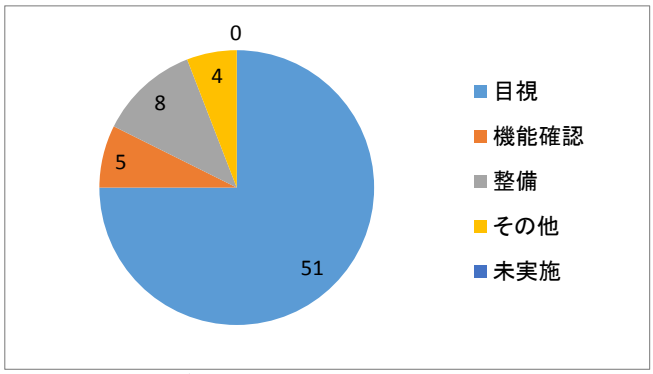


図29 デッキ付属品の点検方法（開放）

【記入欄の記載内容】

・デッキポスト・スリーブ部肉厚測定
・デッキの付属品についてはすべて目視にて状態を確認。
・ノズル類、ルーフドレンは肉厚測定実施。（スイベルジョイントは分解点検実施） 支柱は開放前に目視、肉厚測定実施。 リムベント（アトモス弁、フレームアレスター）は分解点検実施。 減肉部は補修実施
・目視で割れの兆候が確認された場合、非破壊検査を行い、補修溶接を行う。
・溶接線全線目視点検及びノズル部肉厚測定
・フォームダム目視点検。・漲水堰板目視点検清掃
・上部デッキ付属品は上記定期点検にて1回/年の内部点検を実施しているため、開放における点検はなし。下部デッキ付属品は開放時目視点検実施。
・ブリザーバルブ：分解整備。浮き屋根排水装置：分解整備。緊急排水装置、オートマチックブリザーベント：目視検査。ゲージポール・回転止め：目視検査。
・デッキポスト、自動空気抜き、検尺口、液面計、センターサンプ、ウレタンシール設備、仕切り板、ローリングラダーなどの付属品を目視点検、整備、機能確認などを実施している。
・ウェザーシールドの取外し点検整備を実施。
・自動排気弁、ブリーザーバルブ、フレームアレスター、エマゼンシードレン管、ルーフドレン管の点検を行う。
・腐食等の不適合無し。・目視にて，不適合箇所があれば別途修理を計画実施する。・ﾌﾞﾘｰｻﾞﾍﾞﾝﾄ・自動ﾌﾞﾘｰﾀﾞｰ・ｴｱｰｼﾞｪﾝｼｰﾄﾞﾚﾝ・ﾛｰﾘﾝｸﾞﾗﾀﾞｰ・ｳｴｻﾞｰﾌｰﾄﾞ。 ・ｿﾌﾄｼｰﾙ(ｳﾚﾀﾝﾌｫｰﾑ)・ﾙｰﾌｻﾎﾟｰﾄ
・外観目視点検に加え，エマージェンシードレンの詰りの有無等を確認。 ・不適合箇所があれば別途修理を計画実施する。
・デッキ内・外部について，目視にて確認している。
・ﾙｰﾌﾄﾞﾚﾝﾊﾟｲﾌﾟのｽｲﾍﾞﾙｼﾞｮｲﾝﾄの目視、作動点検。 ｴﾏｰｼﾞｪﾝｼｰﾄﾞﾚﾝの本体及びｴｷｽﾊﾟﾝﾄﾞﾒﾀﾙの腐食検査。 ｶﾞｲﾄﾞﾎﾟｰﾙの変形、腐食検査、自動ﾌﾞﾘｰﾀﾞｰ点検
・外観目視検査、センターサンプボックス及びエマージェンシーボックスについては、超音波厚さ測定を実施している。
・各部品の点検・整備を実施（スイベルジョイント等）
・ノズル及びマンホール 肉厚測定。 ・ブリザー弁、フレームアレスター分解整備。 ・雨水排水升、非常用排水升目視、肉厚測定
・通気管、ﾘﾑﾍﾞﾝﾄﾞ、ｵｰﾄﾏﾁｯｸﾌﾞﾘｻﾞｰﾍﾞﾝﾄ：開放点検整備。ｴﾏｼﾞｪｰｼﾝﾄﾞﾚﾝ、各ﾉｽﾞﾙ(M/H含む)：目視点検。ﾙｰﾌﾄﾞﾚﾝ、ｽｲﾍﾞﾙｼﾞｮｲﾝﾄ：開放点検整備実施、加圧漏れ試験。
・シール装置、ローリングラダー、ワックススクレーパー、アウターリム、インナーリムを目視点検している。
・シール装置、ワックススクレーパー、アウターリム、インナーリム、ローディングラダーを目視点検している。
・ワックススクレーパー、カウンターウエイト、ウェザーシールドを目視点検している。
・形状不良、損傷等の有無、腐食状況、その他設備の健全性を損なう不具合がないか目視検査を行っている。
・アトモス弁、フレームアレスター、オートマチックブリーザー分解整備を年1回実施
・フレームアレスター、ブリザーバルブ、浮屋根排水装置、浮屋根サポート等の分解整備、作動確認を実施。
・オートマチックブリーダーベントの機能点検実施、エマージェンシードレンの外観目視等を実施している。
・目視点検による腐食、形状不良部について、必要に応じてNDI実施。
・ブリーザーバルブの分解整備点検。浮上テストにて、ラダーの動き・回転止めポール作動・ウエザーシールド作動確認を実施。
・アトモス弁については動作確認をし、その他は目視を実施する。付属ノズルについては肉厚測定を実施する。
・屋根マンホールやノズル、雨水排水設備、緊急排水設備、その周辺のデッキ板について、異常の有無や腐食状況等について点検を実施している。
・各ノズル及びガイドポールについて変形、亀裂、塗装状況および腐食の有無を目視にて確認、4方向の肉厚測定を実施。
・ローリングラダー、支柱，排水管類、ゲージポール廻りシール機構他 付属品点検一式
・付属品の目視検査による腐食及び損傷の有無確認、ノズル類の目視点検及び肉厚測定、ルーフドレンサンプの目視点検及び肉厚測定、非常用排水設備の目視点検及び肉厚測定、通気弁フレームアレスターの整備。
・支柱ガイドおよびノズルの下端及び上端より50mmを各4点×全数肉厚測定。・腐食性ありの場合、支柱ガイドおよび屋根貫通ノズルを20本程度抜き取りで全長×20mm幅UT
・目視検査 ・付属ノズル(デッキポスト含む)肉厚測定。
・付属品の目視、ﾙｰﾌM/Hの肉厚測定を実施している。
・目視検査及び非破壊検査（肉厚測定）を実施する。
・検査会社による目視検査。部分的に計器（デプスゲージ、肉厚測定器等）を用いて、詳細点検を実施。

3-8 タンク開放時におけるデッキ点検において、その他実施している内容について以下のようであった。(抜粋)

・点検時、腐食箇所のタッチアップ塗装を実施。
・ルーフドレンは点検復旧後、気密検査実施。
・屋根デッキ板を1点／枚肉厚測定している。
・屋根板を溶接補修した場合は、PTおよび油浸透検査を実施。
・浮屋根上より代表点(数点)の肉厚測定。
・デッキの腐食状況に応じて当板補修、塗装補修を行う。
・目視検査、定点肉厚測定、腐食部腐食深さ、肉厚測定
・デッキ板については、設置後約40年が経過し、経年劣化による減肉が進行している状況であることから、今後は全面探傷検査を行い、減肉傾向を把握し、計画的な更新が必要であると考えている。
・ガイドポール肉厚測定(他社不具合事例反映)。・ルーフドレン配管目視、肉厚測定、スイベルジョイント整備。・ルーフドレン肉厚測定　・ルーフサポート目視、塗装
・ガイドポール肉厚測定(他社不具合事例反映)　・ルーフドレン配管目視、肉厚測定、スイベルジョイント整備　・ルーフドレン肉厚測定　・ルーフサポート目視、塗装　・ルーフサポートガイド肉厚測定
・ｼﾝｸﾞﾙﾃﾞｯｷ上面、ﾎﾟﾝﾂｰﾝ室内外面：開放検査都度全面塗装補修
・板1枚あたり、3点以上の板厚測定
・タンク開放前に事前の目視検査等を行い、必要に応じてタンク開放時の補修計画に反映している。

○臨時点検（地震、大雨、暴風時等）

1　臨時点検を実施する判断基準について、以下のようであった。（抜粋）

・地震　：二次点検として（必要に応じ）、大雨、暴風：甲号防災活動(※)解除後。　※：台風等により事業所へ被害の恐れがあると判断した際に発令
・設備の設計基準を超える自然災害等の場合に実施
・地震規模25ガル以上にて点検
・地震：震度3以上で実施。台風通過後に実施。
・地震発生/大雨時/台風通過等の後　ルーフ上の目視点検実施。
・タンクレベルの異変動時、ルーフドレン排水異常時、天災時（大雨、地震等）
・地震の場合、25ガル以上もしくは震度4以上で実施する。 ・台風接近前と通過後に実施する。 ・暴風、大雨警報発令時等、必要と判断した場合に実施する。
・感振計25ガル以上で点検実施。大雨、暴風雨については特に無し
・震度3以上の地震発生時
・地震：震度4以上
(1)震度5弱以上の地震を観測した場合。 (2)平均風速25m/s以上又は最大瞬間風速40m/s以上を観測した場合。 (3)降雨量が、浮き屋根の通常の排水能力を超えた場合。 (4)竜巻が基地内を通過した場合
①地震：震度5弱以上又は80ガル以上、ｽﾛｯｼﾝｸﾞ250mm以上、台風：瞬間最高風速30m/s以上、大雨：降水量40mm/h以上、大雪：積雪111cm以上 ②地震：震度5強以上又は250ガル以上、ｽﾛｯｼﾝｸﾞ500mm以上、台風：瞬間最高風速50m/s以上、大雨：降水量100mm/h以上、大雪：積雪111cm以上
①瞬間最大風速25m／sec以上 ②1時間当りの最大雨量　50mm超 ③震度　4以上
・震度4以上の地震、台風および大雨後に実施する。
・地震・津波、強風・大雨・波浪等荒天が発生した場合および風速20m/s以上の強風および雨量が50mm/h以上の大雨が発生した場合に臨時点検を実施。
・発電所で地震発生した場合、点検を実施している。
・他所の事故事例の水平展開，行政からの要請時 ・台風襲来時，事業所で震度3以上の地震が発生したとき ・その他，必要に応じて実施
・震度4以上の地震発生時または，地震により地震観測装置が動作し，地表面の加速度が8ガルを超えた場合
・震度4以上の地震が発生した場合
・雨天等の点検基準はないが雨天時にはルーフドレン抜き状態を確認することとしている。ドレン抜きの状態により、デッキ上の目視確認も行うようにしている。 ・地震時には工場点検基準に則り点検。
・判断基準なし
・台風暴風雨圏に入った場合、台風通過後に実施する。 ・震度5弱（80ガル以上）の地震が発生した場合、沈静化後に実施する。 ・その他、竜巻等の異常気象が発生した場合、沈静化後に実施する。
①地震加速度（25gal以上）の場合、設備の臨時点検を実施する。 ②大雨（50㎜/時以上）の場合、設備の臨時点検を実施する。
・地震：8GAL以上でパトロール実施。
・事業所規則・基準により現場目視点検実施 例）地震時は加速度25gal以上
・事業所規則・基準により現場目視点検実施 例）地震時は加速度40gal以上
・地震発生後に市消防局より要請があった時 ・他社事例水平展開
・地震：強い揺れを感じたとき、及び弱い地震であっても長時間ゆっくりとした揺れを感じたとき ・台風：台風接近前、通過後に点検実施 ※大雨、暴風時は、状況により判断
・台風：予防処置指令発令（気象情報を勘案し発令）時 ・地震：震度6弱以上又は震度3以上で設備被害発生もしくは発生の恐れがある時
・震度3以上の地震が発生時に点検実施。
・異常処置標準で定めており、台風通過前後・地震鎮静後（震度3以上）設備点検を行う
・最大瞬間風速25m/s以上、最大降雨量50mmを超える場合、地震にて震度4又は5弱が観測された場合に浮屋根上の臨時点検を実施。
①台風事前措置指令発令時 台風が24時間以内に基地に接近し、強風域（平均風速が15m/s以上の風が吹いている領域）に入ることが予想される場合。 ②台風事前措置指令解除時 ③異常気象観測後平均風速25m/s以上、瞬間最大風速35m/s以上、雨量40mm/h以上のいずれかを観測した場合。 ④地震発生時 10ガル以上（1次点検） ⑤地震発生時 25ガル以上（2次点検）

・地震;50ガル以上は精密点検、50ガル未満でスロッシングが300mm以上の場合。暴風;台風通過後。
・瞬間最大風速25m/sec以上＆最大降水量(50mm/hr)＆震度4～5弱は浮き屋根の外観目視点検 ・瞬間最大風速30m/sec以上＆最大降水量(100mm/hr)＆震度5強以上は浮き屋根の浮き室内部破損の有無点検
・地震:震度4および5弱(ポンツーン内部は5強以上) ・最大降水量50mm/時間超(ポンツーン内部は100mm/時間超) ・瞬間最大風速25m/s超(ポンツーン内部は30m/s超)
①【風】 瞬間最大風速25m/s以上: 浮屋根外面目視点検 瞬間最大風速30m/s以上: 浮屋根外面目視点検＋ポンツーン点検 ②【雨】 1時間当り最大降雨50㎜超: 浮屋根外面目視点検 1時間当り最大降雨100㎜超: 浮屋根外面目視点検＋ポンツーン点検 ③【地震】 震度4及び5弱 : 浮屋根外面目視点検 震度5強以上、25ガル以上、スロッシング幅が500mm以上のいずれかの場合: 浮屋根外面目視点検＋ポンツーン点検
① 風(25m/s)以上、② 雨(50㎜/H)以上、 ③ 地震(震度4以上)、④ 津波等
・瞬間最大風速　25m/sec以上 ・1時間当たりの最大降水量　50mm超え ・震度　4以上　の発生後／通過後に臨時点検を実施する。
・強風後 最大瞬間風速 25m/s以上:浮屋根目視点検 最大瞬間風速 30m/s以上:浮屋根目視点検およびポンツーン内部の目視点検 ・大雨後 1時間当たりの降水量50mm超:浮屋根目視点検 1時間当たりの降水量100mm超:浮屋根目視点検およびポンツーン内部の目視点検 ・地震後 震度4～5弱:浮屋根目視点検 震度5強以上:浮屋根目視点検およびポンツーン内部の目視点検
・地震: 震度3 簡易点検: 計器室等で警報等の発生の有無 を確認する 震度4 一次点検: 巡視による簡便かつ迅速な点検を実施する。概ね10分～20分程度で確認する。 震度5 二次点検: 設備点検リストに基づき詳細な点検を実施する。 ・強風後 最大瞬間風速25m/sec以上 ・大雨 1時間当たり最大降水量50mm超 ・その他 高潮・波浪警報、それらの特別警報の区域に含まれた場合 ・上記に加え、浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無は、「瞬間最大風速30m/sec以上」、「最大降水量100mm/h超の雨」、「震度5強以上の地震」時に実施
・瞬間最大風速30m/sec.以上・1時間当たりの最大降水量100mm超・震度5強以上で浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無を確認
・地震 : 震度4以上 浮屋根外観目視点検、震度5強以上 左記＋浮き室内部点検 ・大雨 : 50mm/h超 浮屋根外観目視点検、100mm/h超 左記＋浮き室内部点検 ・暴風 : 25m/s以上 浮屋根外観目視点検、30m/s以上 左記＋浮き室内部点検 ※ 社内規準『地震強風等終息後の対応要領』による。
①瞬間最大風速25m/s以上、または1時間当たりの最大降水量が50mm超となった場合、または震度4および5弱の地震が発生した場合 ②瞬間最大風速30m/s以上または1時間当たりの最大降水量が100mm超となった場合、または震度5強以上の地震が発生した場合
①浮き屋根タンクの浮き屋根の外観目視による異常の有無 ・瞬間最大風速:25m/sec以上 ・1時間当たり最大降水量:50mm超 ・震度4or5弱 ②浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無(ポンツーン) ・瞬間最大風速:30m/sec以上 ・1時間当たり最大降水量:100mm超 ・震度5強
・瞬間最大風速25/ms以上 ・大雨40mm/hr超 ・震度4or5弱 －点検内容の① ・瞬間最大風速30/ms以上 ・大雨100mm/hr超 ・震度5強以上 －点検内容の②
・地震＝震度4以上、暴雨風＝瞬間風速25m/s以上, 大雨＝50㎜/h以上、津波＝構内浸水
・地震時40gal以上もしくは震度4以上 ・強風時平均風速20m/s以上 ・降水量50mm以上の場合は臨時点検を実施する。
・40ガル以上の地震
・大雨 : 雨量64mm/h以上、暴風 : 60m/s以上、地震 : 150gal以上
・浮き屋根ﾀﾝｸにて、タンク設計値以上(下記記載)の強風、大雨、又は大きな地震が発生した場合。 ・ 尚、点検実施期間については、事後速やかに(1ヶ月以内)実施する事とする。 風速・・・60m/S以上 降雨量・・・浮き屋根改修実施ﾀﾝｸ＝60mm/H以上
・地震時に点検を実施
・下記基準値を設け、基準値を超えた場合は臨時点検を実施している。 ①強風時(10分平均で20m/sを越えた場合) ②豪雨時(降り始めから連続して総雨量50㎜以上)
①台風接近時、瞬間最大風速40m/h以上が発生した場合。 ②地震、大雨、暴風等により液面計スロッシングアラーム発報時。
・地震・・・80gal以上、地震発生時措置手順表に則り25gal以上で一次点検実施。 ・大雨(洪水)注意報発令(台風も含む)発令下に於ける降雨時。 ・暴風時・・・瞬間最大風速30m/s以上、強風対策要領に則り点検

2　臨時点検時における点検内容について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表30　点検内容（臨時）

点検内容	回答数
定期点検と同じ	17
定期点検＋α（記入欄）	20
その他（記入欄）	31
合計	68

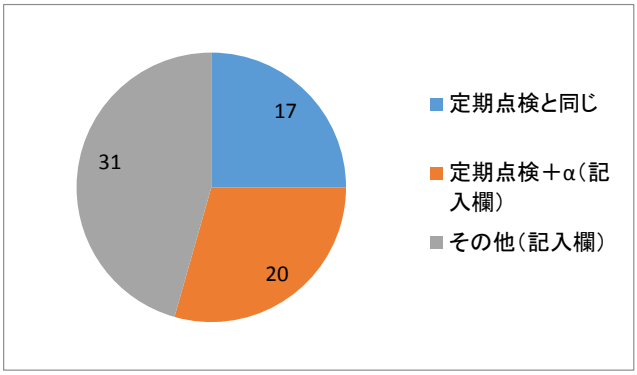


図30　点検内容（臨時）

【記入欄の記載内容】

・ポンツーン内部を含む浮屋根の損傷状況を確認
・巡視点検を行い、異常を認めた箇所については修繕を実施
・液面変位（ﾀﾝｸｽﾛｯｼﾝｸﾞ）の調査実施 ・地震が発生した場合は、タンク液面変位をタンク形状（CRT・FRT等）ごとに液面計　の液面変位を所定記録用紙に記録、記載し提出する。
・目視による外観点検を実施。設備の異常が認められるものおよび予想される場合は詳細点検（分解点検等）を実施。
・ルーフデッキの変形/歪み、ポンツーン蓋の状態確認。
・大雨時は特にFRTﾙｰﾌ上の排水ｼｽﾃﾑを入念に点検している。
・ポンツーンは漏洩の有無を確認する。 ・デッキは変形、亀裂の有無を確認する。
・目視外観点検実施 ・平日通常時間帯は定期点検と同じく目視（マンホールを開けて内部に入らず確認）を実施
・外部からの目視点検
・自然現象終息後にマンホールを開放し、浮き室内には入らず、目視及びガス検知器を使用して点検を実施。
①ルーフ上点検 ②ポンツーン内部点検(原則外周（48室)のみ、そこで被害が確認された場合は全ポンツーンを実施する)
・浮き屋根タンクの浮き屋根外観目視による異常の有無
・浮き屋根のデッキおよびポンツーンマンホール開による目視点検を実施。
・浮屋根および浮屋根付属品の変形、破損、沈下等の有無について外観より目視点検を実施
・地震・津波、強風・大雨・波浪等荒天が発生した場合 →日常巡視点検に準じ実施 ・風速20m/s以上の強風および雨量が50mm/h以上の大雨が発生した場合 →危険物定期点検表のうち屋外タンク貯蔵所定期点検記録表に基づき実施
・震度1～4の場合、燃料タンク廻りの外観点検 ・震度4以上の場合、燃料タンク廻りの外観点検+精密点検を実施している。 ※精密点検とは燃料タンクの基礎、底板（アニュラ）、側板、浮き屋根、付属品（弁他）、ルーフドレンに関する「変形・損傷」、「油漏洩」等の点検を実施している。
【点検項目】 ・タンク本体（屋根板含む）　・配管　・フレキシブルチューブ 【点検内容】 ・変形,亀裂の有無　・漏洩の有無　・液状化現象の有無　・シール機構の確認
・他所事故の水平展開，行政からの要請時においては，内容に応じた点検を実施 ・台風襲来時，事業所で震度3以上の地震が発生したときは，日常点検と同様に全体的な外観目視点検を実施。
・大雨時には、ルーフドレン抜き状態を確認し、問題なく排出されているか、油分等が出ていないか確認する。 ・地震時にはデッキ上に油分等が無いか、デッキ及びポンツーンに問題はないか目視により点検、確認する。(但し、詳細点検項目はなし)
・地震発生後には、目視にてタンク本体等に損傷のないことを確認
・直後点検として外観目視による確認を行う。 ・翌日にマンホールを開放して内部の目視による確認を行う。
①定期点検内容と同じ。 ②雨水排出ドレン配管出口からの雨水排出状況、ルーフ上の雨水溜まり状況。
・地震発生時（8GAL以上）はスロッシング調査を行う。 ・大雨時はルーフドレン出口の油膜確認、排水溝の枯草除去、ためますの油膜確認を特に注意して行っている。 暴風時は飛来物による本体への損傷の有無の確認。暴風によるスロッシングが多発するため、浮き屋根部の点検を特に注意して行っている。
・浮き屋根、他各所の液漏れ，損傷がないかを確認 ※加速度150gal以上、また基準以上の大雨・暴風となった場合は浮き室（ポンツーン）マンホールを全室開放し目視にて異常（破損・漏洩等）が無い事を点検。
・浮き屋根，タラップ（浮き屋根付帯設備）の液漏れ，損傷確認
・基礎：き裂、沈下、ボルトの緩みの有無 ・タンク本体：変形、き裂、漏洩の有無 ・配管：取り合い部の変形、漏洩の有無

・台風：浮き屋根排水状況の目視点検 ・地震：タンク本体の変形・亀裂の目視点検
・タンクポンツーン仮補修箇所の目視点検を実施する。
・台風通過前後・地震鎮静後の点検については、上記標準の中でチェックリストを設けている。 ・台風通過前後：屋根上点検（ルーフドレン排水口の清掃およびポンツーン内部） ・地震鎮静後：タンク本体・基礎部、ルーフ上の設備およびポンツーン内部の異常有無、防油堤等の損壊有無
・最大瞬間風速30m/s以上、降雨量100mmを超える場合、震度5強以上が観測された場合はポンツーン内部点検を追加で実施。
①陸上タンクのルーフドレンストレーナーにゴミ等がないこと。 ②浮き屋根の変形、傾き、異常な滞水、漏油がないこと。 ③浮き室の損傷、油、水等の侵入がないこと。 ④各タンクの漏れ、亀裂、破損はないこと。 ⑤タンク本体の沈下、傾き、側板、屋根に亀裂、湾曲はないこと。 ・浮き屋根（浮き室内含む）に亀裂、変形、沈降、傾き、漏油はないこと。 ・内容物の漏れはないか ・付属機器、配管に異常はないか
・地震；点検表に従い点検実施。 ・スロッシング；ルーフ点検、シール部よりの漏えい有無点検。 ・暴風・台風；ウエザーフード点検 ・大雨；基準はないが日常点検としてルーフドレン排出状況を確認。
・瞬間最大風速25m/sec以上＆最大降水量（50mm/hr）＆震度4～5弱は浮き屋根の外観目視点検 ・瞬間最大風速30m/sec以上＆最大降水量（100mm/hr）＆震度5強以上は浮き屋根の浮き室内部破損の有無点検
・浮き屋根タンクの浮屋根の外観目視による異常の有無 ・屋根タンクの浮屋室内部破損の有無（降水100mm超又は、風速30m/s超、震度5強以上）
・デッキ上への漏洩の有無、ポンツーンM/Hを開放し、ポンツー内部の漏洩の有無を確認している。
・通常の点検が困難な場合は、監視カメラで外観目視とする。
・浮き屋根タンクの浮屋根の外観目視による異常の有無。 ・さらに、瞬間最大瞬間風速30m/S以上、最大降水量100㎜超、震度5強以上の場合は浮屋根タンクのポンツーン内部破損の有無。
1．漏洩の有無　2．変形・損傷の有無　3．塗装状況・腐食の有無　4．アースの断線有無　5．タンク周囲異常の有無 6．ベント等の閉塞有無　7．ルーフドレン排水状況　8．浮き屋根部の歪み
・浮き屋根タンクの浮屋根の外観目視による異常の有無 ・浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無　「瞬間最大風速30m/sec以上」、「最大降水量100mm/h超の雨」、「震度5強以上の地震」時に実施する。
・浮屋根外観目視点検は、デッキやポンツーン、付属品の漏洩や損傷、変形、その他異常の有無について目視点検を実施している。 ・浮き室内部点検は、マンホールを開けて覗き込んで目視点検を実施し、異常の疑いがあった場合には状況に応じて詳細確認している。
・①の場合：浮屋根タンクの浮屋根の外観目視による異常の有無 ・②の場合：上記①の点検に加えて、浮屋根タンクの浮き室内部破損の有無を点検(ダブルデッキは外周の浮き室を対象)
・浮き屋根タンクの浮き屋根の外観目視による異常の有無 ・浮き屋根タンクの浮き室内部破損の有無（ポンツーン）
・デッキの外観目視による異常の有無 ・ポンツーン内部の破損の有無
・タンク外周外観、ルーフドレン、浮屋根上部、ポンツーン内部の異常有無漏洩を目視点検
・浮き屋根タンクの浮き屋根（デッキ上）の外観目視点検 ・瞬間最大風速：30m/sec以上、1時間当たり最大降水量：100mm超、震度5強以上の場合は、浮き室内部（ポンツーン）の目視点検も実施（ダブルデッキは最外周のみ点検）
・油、ガス等の臭気およびタンクの変形等を防油堤の外回りを自転車等で点検する。・ルーフ排水弁からの油流出がないか確認し、目視で、タンクルーフの傾き、損傷、漏油の有無を確認する。
・地上からのタンク点検又は監視カメラによる点検　・ルーフドレンの排水に油分が含まれていないか確認　・受払い量を超える内容量に変化がないか確認(アラームあり)　【スロッシングの疑いがあるタンクについて以下追加実施】・屋根板上点検実施
・ルーフ上及びポンツーン内の点検（目視点検、ガス検） ・80ｶﾞﾙ未満の地震時の対応（80ｶﾞﾙ以上の地震の場合は安全確保出来次第実施）　・ウエーザーフードの変形破損状況。　・アトモス弁・PV弁の変形破損状況。　・ローリングラダー車輪脱輪・変形状況。　・ルーフ上・屋根板の傾き、変形破損。
・定期点検＋下記項目を確認：①ルーフに著しい傾きが無い事　②局部的に滞水が無い事　③滞水状況をスケール等で確認　④ポンツーン点検（ガス検知器にてガス濃度確認）＊浮き屋根構造強化未完タンク
・タンクポンツーンの内部及びマンホール閉鎖状況に異常がないか点検。　・タンク屋根上および液面計点検。
・地震・・・定期点検と同じ、タンク屋根上に異常が無いか点検する ・大雨（洪水）・・・事前にタンク排水系統点検 降雨時は，タンクレベルの増減を確認 通過後、浮き屋根の通常の排水能力を超える降雨量を目安 に定期点検と同じ。 20㎜～30㎜／Hr日常巡回点検に基づき点検実施 ・暴風時・・・定期点検と同じ、強風被害防止対策表に則り実施

○日常点検

1　日常点検にて発見された漏洩に至っていない著しい腐食や塗装剥離等に対する対応について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表31　補修の対応方法

対応方法	回答数
仮補修実施（補修基準あり）	18
仮補修実施（補修基準なし）	39
仮補修未実施	8
恒久的補修を実施	3
合計	68

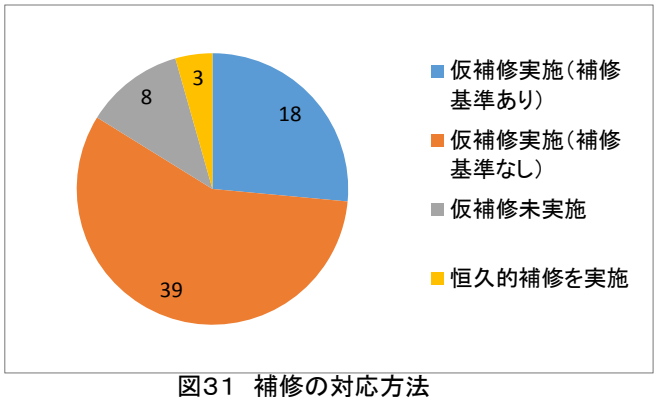


図31　補修の対応方法

【記入欄の記載内容】

・対応時期　：発見から1週間以内を目途に著しい腐食：検査部門の検査結果により対応 ・塗装剥離　：状況に応じて対応（ケレン、再塗装）
・対応時期　　腐食：原則として当日中に応急処置（鉄ｾﾒﾝﾄ等）を実施する。 塗装：早い段階で作業を計画し、腐食進行防止のためタッチアップ塗装を実施する。
・保全管理部門に連絡するとともに、日常点検を強化する。
・エポキシ樹脂または塗装による仮補修を実施。
・著しい腐食は事象無し。 ・塗装剥離は軽度な時点でケレン・塗装を行う。
・日常点検で著しい腐食は見受けられていない。 ・開放点検時にアッパーデッキ部の塗装を実施している。
・腐食減肉部に対して、金属パテによる補修。　塗装剥離：できるだけ早急に、2種ケレン＋再塗装。　点検頻度を増やし（1回／1日程度）経過観察　等
・塗装剥離：できるだけ早急に、2種ケレン＋再塗装。　点検頻度を増やし（1回/1日程度）経過観察　等
・手工具によるケレン、タッチアップ塗装。　次回開放時にブラストによる本塗装
・浮き屋根（ﾊﾛｹﾞﾝ化物消火設備のVE下部）に関して、開口部あり。 ｺｰｷﾝｸﾞによる応急補修を実施済み。 恒久補修は開放点検時に当て板補修等を実施。
・対応時期：特に取り決めはなし。　著しい腐食や減肉：特に減肉が激しい場合は、金属補修材(デブコン)にて仮補修。 塗装剥離：できるだけ早急に、ケレン＋再塗装。 程度によるが、点検頻度を増やし（1回／1か月程度）経過観察
・当社業務課員（運転員）にてケレン作業行い、さび止め塗装等仮補修
・腐食が確認されれば、計測器などを用いて腐食範囲、深さなどを確認し、応急対策として腐食抑制のため補修塗装を実施する。その後、タンク開放点検時に恒久的な補修を実施する。
・著しい腐食　：　経年監視。　塗装剥離　：　経年監視
・腐食・塗装剥離状況に応じて適宜補修方法を検討。現時点で日常点検による腐食・塗装剥離状況は異常なし。
・これまで対応実績なし。状況に応じて適切な修繕を行う。
・対応時期：できるだけ早急に対応　・著しい腐食：当板取付，または取替　・塗装剥離：3種ケレン（手ケレン）＋再塗装
・事象が確認された場合は，日常点検を重点的に行う等により傾向管理し，状況によるが，補修は開放点検時に実施する。
・対応時期：可能な限り早急に対応を行う。　・著しい腐食：金属補修材による応急補修等　・塗装剥離：2種または3種ケレン＋再塗装
・著しい腐食：腐食部に対して補修材（スーパーEメタル）を塗布し、仮補修を行う。
・著しい腐食：著しい腐食に対して、FRP等による樹脂塗布 ・塗装剥離：できるだけ早急に、2種、3種ケレン＋再塗装
・対応時期：1週間程度を目処 ・著しい腐食：必要最小板厚を下回った場合に応急処置として応急処置（ｽｰﾊﾟｰﾒﾀﾙ等）を実施 但し、補修実績はなし ・塗装剥離：2週間程度を目処に、2種ケレン＋再塗装
・日常点検等で腐食の発生が認められた場合は、タッチアップ塗装を実施している。
・製造部門による点検で腐食等が認められた場合、設備部門において検査や補修等を実施し、その結果により開放点検時期を早めて、計画的に補修を実施する。
・著しい腐食：スーパーメタル等の応急補修材による仮補修 ・塗装剥離：塗装劣化部の3種ケレン＋塗装
・塗装剥離：できるだけ早急に、2種ケレン＋再塗装
・著しい腐食：デブコン（金属セメント）補修。　塗装剥離：3種ケレン（手ケレン）＋再塗装
・点検で発見した漏洩に至っていない段階の著しい腐食や塗装剥離等は無し
・腐食状況等により、都度、補修内容を検討し対応
・状況により対応を判断
・仮補修実施の可否については、現場の状況を確認した上で、都度判断している。
・ポンツーン内部は錆止め塗装を実施しており、著しい腐食は認められていない。なお、定期点検で認められた塗装剥離箇所については、開放工事にて塗装を実施し腐食防止に努めている。
・塗装剥離：年度当初に発注しているタッチアップ塗装の中で塗装補修を行う。 ・補修基準については、タンク保守標準にて定めている。

・開放点検以外で対応は行っていない。
・著しい腐食に対する対応は、これまで発生していないため無し。 ・塗装剥離及び発錆箇所の対応として、仮設足場設置不要範囲に対し、供用中適用可能なケレン方法（手工具）＋再塗装にて塗装修理を実施する。
・工事・検査管理部門に検査依頼し、その結果をもって判断している。
・対応時期：即日または速やかに実施 ・著しい腐食：残肉厚3.2ミリ以下の腐食に対して、冷間溶接材施工（スーパーメタル） 日常重点監視項目として（1回／6M程度）経過観察実施 ・塗装剥離：次回、定期開放点検時に再塗装
・サビシャット等の防食塗装塗布 ・メタルパテ等での漏洩防止対策
対応時期：2～3日程度を目処 著しい腐食：腐食進行防止の目的でマルチメタルを施工する。 塗装剥離：できるだけ早急に、2種ケレン＋再塗装 施工後の点検：年次点検にて、腐食防止箇所の施工状況確認及び異常の有無を確認する。
（個々に状況が異なるため、状況により判断としている。） ・腐食・塗装剥離（錆除去可能な場合） ⇒ 冷間補修・塗装補修など（状況に応じた補修方法を選択） 時期もリスクに応じた状況による。
・外面の防食塗装は次回開放検査までに、本体に著しい発錆が生じないことを目安に補修の要否を判定する。
・過去の日常点検で著しい腐食や塗装剥離を確認したことはない。 ・今後、日常点検にて著しい腐食等を発見した場合は、その時点で対応詳細を検討する。
・対応時期：著しい腐食を認めた場合速やかに実施。 ・応急補修前処理：入念な手工具によるケレンおよび脱脂処理。 ・応急補修内容：エポキシ硬化剤パテ、アクリル樹脂硬化剤シート、FRP等を状況に合わせて適用。
・腐食状況に応じ、著しい箇所の塗装を実施する
・対応時期：2か月以内を目標 ・著しい腐食：樹脂で環境遮断し腐食進展を抑制 ・塗装剥離：腐食進展の傾向が窺える場合は2種ｹﾚﾝ 錆不活性剤+耐候性塗料を塗装 ※樹脂補修箇所は恒久補修するまで年1回の点検を行う。
・著しい腐食の対応 対応基準 ： 1.3mm以上の腐食に対して金属パテ等を取付け 対応時期 ： 漏洩リスク（腐食深さ）に応じて設定 その他 ： 工務部門にて経過監視している
・著しい腐食の場合は、塗装を実施。（軽微な場合は、年１回の定期点検で次回経過観察）
・著しい腐食：応急補修材（デブコン）による処置をおこなったことがある。定期開放時に恒久補修の実施。
・著しい腐食があれば金属パテ等による補強を実施。
・著しい腐食は、点検頻度を増やし経過観察等（腐食状況により頻度決定）その部分の塗装剥離は、出来るだけ早く再塗装 休止タンクは、除く
・著しい腐食は、点検頻度を増やし経過観察等 (腐食状況により頻度決定)その部分の塗装剥離は、できるだけ早く再塗装
・目視点検・肉厚測定の確認後、塗装補修等を実施する
・著しい腐食のうち、残存肉厚3.2mm以上の場合、塗装等の防食措置を実施。 ・著しい腐食のうち、残存肉厚3.2mm未満の場合、□300×4.5mmの鋼板を接着剤で補強し、恒久補修時期について検討する。
・残肉3.2mmを満足しない外面腐食進行を認めた場合、環境遮断を目的とし、接着剤による応急補修を実施。
・応急補修（再塗装等）を行い、機能を維持している。タンク開放時に恒久補修を計画し、実施している。
・塗装剥離時は、速やか（おおむね１週間以内）に3種ケレン及び塗装を実施する
・腐食、塗装剥離：できるだけ早急に、2種ケレン＋再塗装
・対応時期：即日～1ヶ月程度を目処（腐食や塗装の状況による） 著しい腐食：板厚3.2㎜を次回開放までに下回ると予測される箇所には、応急補修材（デブコン、ベロメタル、FRP）等の取付け 塗装剥離：塗装の損傷程度により、できるだけ早急に塗装、年次計画の塗装。又は次回開放時の塗装補修かを判断する。

○その他

1　浮き屋根式タンクの供用期間中に、浮き屋根上（ポンツーン内、タンク外を含む）へ危険物が漏洩・流出した事例（過去15年程度）の有無について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表32　漏洩・流出事例の有無

漏洩・流出事例の有無	回答数
有り（別紙に記入）	27
無し	41
合計	27

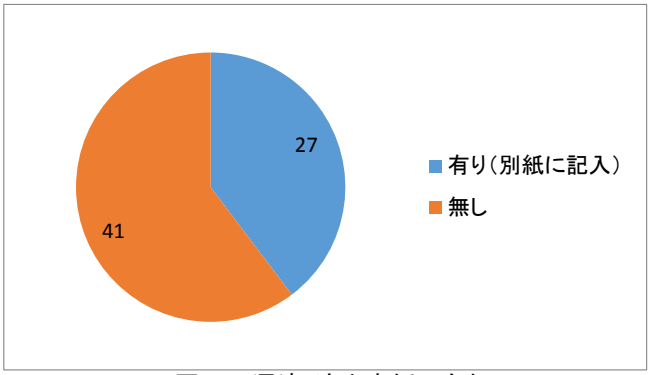


図32　漏洩・流出事例の有無

2　タンク開放時にポンツーンに対して気密試験を実施している場合の実施方法について、以下に集計した結果を表と円グラフにし、主な記載内容を列記した。

表33　気密試験の実施状況

気密試験の実施有無	回答数
未実施	46
実施（要領書添付）	1
実施（記入欄に記入）	21
合計	68

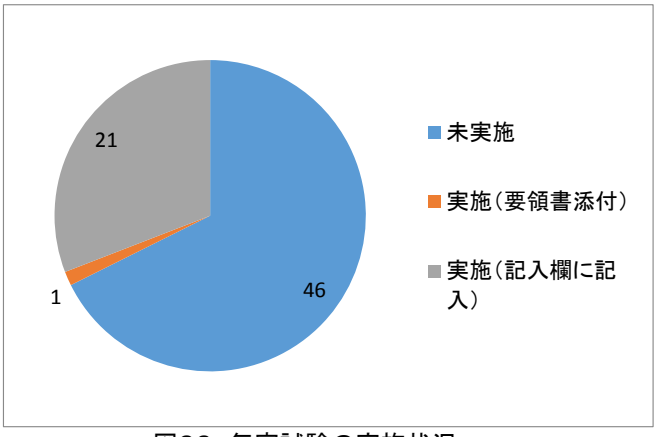


図33　気密試験の実施状況

【記入欄の記載内容】

・試験圧力490PaG(50mmAq)にて気密試験(発泡液塗布)を行い、漏れがある場合は補修を行う。
・一般の開放点検時は実施しないがポンツーン更新、改修、補修時に実施する。ポンツーンマンホールに不活性ガス供給ノズルおよびマノメーター付きのテスト用マンホールを設置し石鹸水による溶接部の発泡試験を行う。
・空圧テスト（30mmH2O）、溶接線リークテスト（油浸透等による）
・ポンツーンマンホールより圧縮空気を封入し、30分保持し、各シール部、圧力降下を確認する。
・検査対象ポンツーンを空気にて昇圧（50mmAq）し，隣接するポンツーン及びデッキ側内リムの溶接線に発泡液をかけ，漏洩の有無を確認する。
・ポンツーンマンホールに治具を取付。圧縮空気にて微加圧を行う。（圧力：30mmAq、保持時間：10分以上）、発泡剤（石鹸水）を用いて漏洩のないことを確認。
・浮き屋根新基準適合に伴う浮き屋根改修で気密試験を実施した。検査方法：加圧による気密試験（空気）、検査圧力：36mmAq以上（簡易マノメータで圧力確認）、保持時間：10分以上
・マンホールの液密化対応工事は以下の方法で実施（以前は未実施）。エアー抜き弁から空気を入れる。マノメーターにて圧力を計測。目視できる部分は発泡液により確認。目視できない部分は放置により降圧の有無を確認。
・ポンツーンのベント配管に窒素を繋ぎ、減圧弁にて0.49kPaの圧力をかけ発泡液による気密試験を実施する。
・50mmAq～150mmAq　空圧にて確認。外部より発泡液にて漏れ確認。下部の溶接継ぎ手が内側からの重ね溶接になってる箇所は、ハンマリングして、錆等を落として実施。
・ﾎﾟﾝﾂｰﾝ各室の気密性を保持する全溶接線を発砲剤を用いた加圧による気密試験を実施。圧源：空気、試験圧力　：40mmAq、保持期間　：10分以上
・実施したポンツーン気密試験報告書を添付
・ポンツーン各室に設置したエアーベントへエアーホースを接続し、空気にて2.95kPaまで加圧する。2分間状態を保持し、漏れがないことを確認する。
・ベントパイプに治具を取り付け、エアー注入用ホースとマノメーターを取り付け、0.49kPa以上の圧力をかけて規定圧力昇圧後、試験個所に石鹸水等の発泡剤をかけて漏えいのないことを確認する。
・ポンツーン1室毎に空気による気密試験を実施し、漏洩が無いことを確認。気密試験圧力：(≠300mmAq)
・補修時にポンツーンに圧力　600Paで気密試験を行い、発砲剤を用いて漏れを確認している。連続溶接線に対しては、真空度-53.3KPa以上にて真空試験を実施。
・目視検査により、漏えい有無の確認の必要のある溶接線に実施する。浸透液漏れ試験要領：浸透液は蛍光漏えい試験剤を水1Lに1～1.5g溶解したものを使用する。浸透液を塗布した継手の裏面側に浸透液が浸透してくるか否かを検査する。検査は浸透液を塗布してから30分経過してから行う。　真空試験要領：真空度は400mmHg以上、保持時間は5秒以上で行う。判定：漏れの無いこと

・ポンツーンの補修工事を実施した場合や、漏水・漏洩（油分の付着）が疑われてた場合に、気密試験（加圧試験）を実施している。気密試験は、ポンツーンに設置しているベントから加圧して50mmAqで保持し、圧力降下の有無なと石鹸水などによる漏洩検査を実施している。
・ポンツーンの板を取替える等の工事を実施した場合は、ポンツーン内に50mmH2Oの空圧を掛け、当該部位について発泡水を用いて漏洩のないことを確認している。
・ポンツーン内部の溶接線全線に対して真空漏洩検査を実施。当該検査ができない箇所についてはPT（浸透探傷）検査を実施。
・ポンツーンマンホールを閉止し、ベント管から500Paに加圧した後に圧力保持および監視を行う。同時に溶接線へ石鹸水を散布し、漏れが無いことを確認する。10分以上圧力が保持できていれば異常無しと判断。
・ポンツーンM/Hを閉止し、加圧保持（10分）、石鹸水での漏れ確認を実施。
・ポンツーン構造強化時に実施、それ以降は未実施。

（コメント）
・開放検査開始直後（補修前）に行うものと、補修後に行うものとが混在している。実施及び未実施ともに記述欄を読むだけでは判別できないものもあり、先述のQ＆A開放点検2-8（タンク開放時におけるポンツーン漏れ試験について）についても加味する、不明な場合には、再度調査しないと判別できないものがある。
・加圧漏れ試験圧力について、最大300mmAq、最低30mmAqと幅が見られた。圧力50mmAqとする回答が多くみられた。

3　点検方法や補修基準について、タンクの設置年数やシングル・ダブルデッキ等の構造の違い、又は貯蔵量や油種毎に違いがあれば、その違いの概略について回答された内容を以下に集計した。違いの有無について、選択式の回答結果を表と円グラフにした。加え、記述式の回答については、主な内容をまとめた。

表34　点検方法及び補修基準の違い

項目	回答数
無し	66
有り（様式（ｺﾋﾟｰ）に記入）	0
有り（記入欄に記入）	2
合計	68

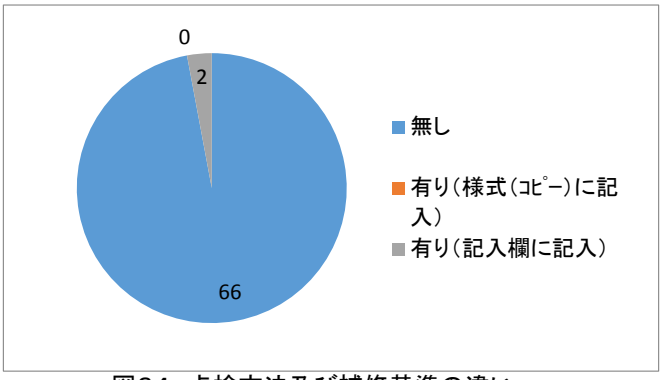


図34　点検方法及び補修基準の違い

【記入欄の記載内容】

・各燃料タンクで油種が違うが点検内容は同じ。
・全て同じ構造であり，点検方法・補修方法は同じである。
・特性等に応じた基準の違いは無し。いずれのタンクも、浮屋根については目視検査を基本の結果とし、塗装劣化や異常の有無など認められれば、拡大検査（詳細検査）を実施する運用としています。
・原油・未洗ナフサ等の腐食性があるものに関しては、気液境界部の肉厚測定を手厚くする。
・屋根（接液側）に減肉を認めた場合は、最上段の減肉状況をあわせて確認するようにしている。

4　点検方法や補修基準について社内基準等があるか調査し、以下に結果を集計し表と円グラフにした。また記載内容について列記した。

表35　社内基準の有無

点検方法	回答数
社内基準なし	19
社内基準有り（添付）	3
社内基準有り（添付不可）	44
回答なし	2
合計	68

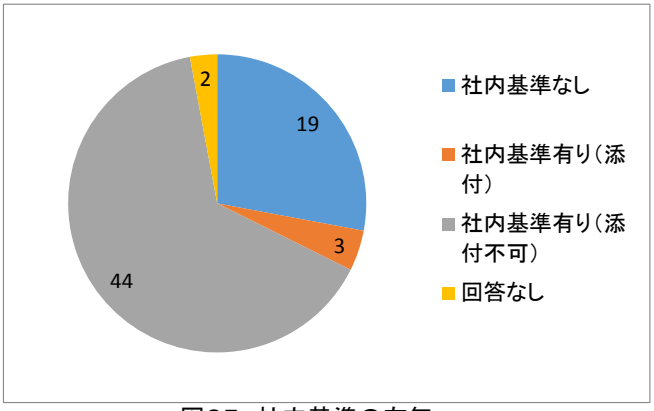


図35　社内基準の有無

【記入欄の記載内容】

・定期点検は法定点検に基づき行い、開放時の点検については「屋外貯蔵タンク検査作業指図書」（社外秘）に基づき実施。
・点検方法：基準なし、補修基準：メーカ推奨　ポンツーン板厚3.2mm以下（旧法タンク　政令１１条の４　参考）
・設備仕様標準では、定期検査の点検内容として漏洩、亀裂、変形、塗装状況及び腐食の有無、排水の状況を、その点検方法は、目視、肉厚測定について仕様を決めている。　定期開放検査では、屋根板表面及び裏面の形状不良、ポン
・点検方法の社内基準等は定めていない。補修基準は次としている。①屋根板（4.5mm）：残板厚3.1mm以下は溶接肉盛り補修、②ポンツーン上板（6.0mm）：残板厚3.1mm以下は溶接肉盛り補修、③ポンツーン外リム板：残板厚3.5mm以下は
・日常点検＝燃料設備パトロール要領（添付参照）、定期点検＝消防法第１４条の３の２　および　消防危第48号
・溶接等の一般的な基準書による部分も多いが、基準書が多数になるのでタンク検査基準のみを添付する。
・点検方法については、社内基準「設備設計施工技術基準」が有りますが、補修基準については社内基準は有りません。　※ 社内資料故、添付は出来ません。
・「気密試験をすること」程度の手順書しか社内基準はなく、手順の詳細についてはKHGKの講習資料等を用いて実施している。
・浮き屋根、ポンツーンの詳細基準はなし、点検方法について記載があるのは、以下の基準『平底貯槽（タンク）保全標準』
・補修基準：デッキおよびポンツーン主要部に関して、次回開放時まで肉厚3.2mmを下回らぬよう補修を行う。
・タンク開放時の点検は、法規（通達含む）、所轄消防局からの指導、自社基準等に準じて点検を実施している。（目視、非破壊検査、気密試験等）
・定期点検要領、台風対策要領、タンク検査仕様書を作成している。

別紙　　浮き屋根に係る流出事例（事例毎）

浮き屋根式タンクの供用期間中に、浮き屋根上（ポンツーン内を含む）へ危険物が流出（にじみ、漏えい等）した事例について、事例毎に内容をできるだけ詳しくご記入ください。

選択式の場合であっても、補足内容を記入欄にできるだけ詳しくご記入ください。

1　都道府県名　#REF!
2　消防本部名　#REF!
3　事業所名　　#REF!

〇流出事例の概要

1　タンク種別　*1　（選択式）
2　浮き屋根形式*2　（選択式）
3　容量　KL
4　内径　mm
5　高さ　mm
6　内容物
7　漏洩場所　（選択式）
　記入欄
8　漏洩の原因　（選択式）
　記入欄
9　流出の程度　（選択式）
10　概要

例を参考に、応急措置に至った経緯、応急措置の具体的内容、措置後の点検頻度、また恒久措置までの期間について記載してください。

〇補修方法について

1　補修方法　（選択式）

記入欄

2　1の補修方法に至った経緯　（選択式）

3　応急措置（仮補修）の具体的内容　（選択式）

記入欄

4　応急措置後の点検頻度　（選択式）

記入欄

5　応急措置後、恒久補修までの期間　　年　　月

6　当該仮補修で使用可能と考える期間の程度　　年　　月　程度

*1　特定新法タンク：　昭和52年2月15日以降に設置許可申請がされた特定屋外タンク貯蔵所、又は昭和52年2月15日より前に設置許可を受けた、若しくは設置許可申請がされていた特定屋外タンク貯蔵所で、その構造及び設備が危険物の規制に関する政令第11条第1項第3号の2及び第4号に定める技術上の基準に適合したもの
特定旧法タンク：　昭和52年2月15日より前に設置許可を受けた、又は設置許可申請がされていた特定屋外タンク貯蔵所で、その構造及び設備が危険物の規制に関する政令第11条第1項第3号の2及び第4号に定める技術上の基準に適合しなかったもの
*2　シングルデッキ（耐震基準該当）：　危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示（昭和49年自治省告示第99号）第4条の21の3に規定するもの（一枚板構造の浮き屋根のうち、容量2万キロリットル以上又はHcが2.0メートル以上となるもの。）

浮き屋根に係る流出事例（事例毎）の一覧表

浮き屋根に関するアンケート（事業所毎）調査先（68事業所）のうち、27の事業所から計173件の浮き屋根に係る流出事例（事例毎）の別紙回答があった。その流出事例を一覧表にした。

No.	都道府県	容量（kL）	内容物	浮き屋根形式	漏洩場所	漏洩原因
1	北海道	9,900	原油	シングルデッキ	その他	地震
2	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	その他	地震
3	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	その他	地震
4	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
5	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
6	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
7	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
8	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
9	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
10	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
11	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
12	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
13	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
14	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
15	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
16	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
17	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
18	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
19	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
20	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
21	北海道	114,832	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
22	北海道	114,900	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
23	北海道	114,800	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
24	北海道	114,800	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
25	北海道	114,800	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
26	北海道	114,900	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
27	北海道	114,800	原油	ダブルデッキ	デッキ母材部	地震
28	北海道	114,800	原油	ダブルデッキ	デッキ母材部	地震
29	北海道	114,800	原油	ダブルデッキ	デッキ母材部	地震
30	北海道	114,800	原油	ダブルデッキ	ポンツーン母材部	地震
31	宮城県	65,700	原油	シングルデッキ（耐震基準該当）	ポンツーン溶接部	経年劣化
32	宮城県	98,000	原油	シングルデッキ（耐震基準該当）	デッキ溶接部	経年劣化
33	宮城県	98,240	灯油	シングルデッキ（耐震基準該当）	ポンツーン母材部	経年劣化
34	宮城県	98,130	灯油	シングルデッキ（耐震基準該当）	ポンツーン母材部	経年劣化
35	宮城県	65,700	原油	シングルデッキ（耐震基準該当）	デッキ溶接部	経年劣化
36	宮城県	65,700	原油	シングルデッキ（耐震基準該当）	デッキ溶接部	経年劣化
37	宮城県	65,700	原油	シングルデッキ（耐震基準該当）	デッキ溶接部	経年劣化
38	宮城県	10,950	ガソリン	シングルデッキ	デッキ溶接部	滞水
39	宮城県	98,240	灯油	ダブルデッキ	デッキ母材部	経年劣化
40	宮城県	97,960	灯油	シングルデッキ（耐震基準該当）	ポンツーン溶接部	経年劣化
41	宮城県	65,700	原油	シングルデッキ	デッキ母材部	経年劣化
42	宮城県	19,990	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン母材部	経年劣化
43	宮城県	98,060	原油	ダブルデッキ	デッキ母材部	経年劣化
44	宮城県	97,960	原油	ダブルデッキ	デッキ母材部	経年劣化
45	宮城県	98,240	原油	ダブルデッキ	デッキ母材部	経年劣化
46	宮城県	98,240	原油	ダブルデッキ	デッキ溶接部	経年劣化
47	宮城県	53,370	軽油	シングルデッキ（耐震基準該当）	デッキ溶接部	経年劣化
48	宮城県	98,630	原油	ダブルデッキ	デッキ溶接部	経年劣化
49	宮城県	98,240	灯油	ダブルデッキ	デッキ溶接部	経年劣化
50	宮城県	53,360	ｶﾞｿﾘﾝ	シングルデッキ（耐震基準該当）	デッキ溶接部	溶接不良
51	宮城県	53,370	軽油	シングルデッキ（耐震基準該当）	デッキ溶接部	経年劣化
52	宮城県	65,700	原油	シングルデッキ（耐震基準該当）	デッキ母材部	経年劣化
53	宮城県	5,540	ガソリン	シングルデッキ	デッキ溶接部	滞水
54	宮城県	98,060	原油	ダブルデッキ	デッキ溶接部	経年劣化

No.	都道府県	容量(kL)	内容物	浮き屋根形式	漏洩場所	漏洩原因
55	宮城県	5,550	ガソリン	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ母材部	塗装剥離
56	宮城県	65,700	原油	シングルデッキ	ポンツーン母材部	経年劣化
57	秋田県	35,000	原油	ダブルデッキ	付属品	その他
58	秋田県	35,000	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
59	福島県	50,000	原油	ダブルデッキ	調査中	調査中
60	茨城県	50,000	重油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
61	茨城県	4,990	ナフサ	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
62	茨城県	29,026	ガソリン	シングルデッキ	付属品	地震
63	茨城県	53,122	ナフサ	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
64	茨城県	43,049	原油	ダブルデッキ	ポンツーン母材部	地震
65	茨城県	125,294	原油	シングルデッキ	ポンツーン母材部	地震
66	茨城県	123,239	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
67	茨城県	125,057	原油	シングルデッキ	ポンツーン母材部	地震
68	茨城県	153,968	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
69	茨城県	154,410	原油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
70	茨城県	154,743	原油	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	地震
71	茨城県	154,918	原油	シングルデッキ	その他	地震
72	茨城県	97,047	原油	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
73	茨城県	154,580	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	ポンツーン溶接部	その他
74	千葉県	65,000	灯油	シングルデッキ(耐震基準該当)	ポンツーン母材部	溶接不良
75	千葉県	100,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	湿気
76	千葉県	100,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ母材部	その他
77	千葉県	100,000	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ母材部	塗装剥離
78	千葉県	65,000	ジェット燃料	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	滞水
79	千葉県	100,000	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	その他	その他
80	千葉県	12,000	ナフサ	シングルデッキ	デッキ母材部	地震
81	千葉県	75,000	原油	シングルデッキ	デッキ母材部	地震
82	千葉県	75,000	原油	シングルデッキ	デッキ母材部	地震
83	神奈川県	4,253	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
84	神奈川県	4,240	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
85	神奈川県	7,927	ナフサ	シングルデッキ	デッキ母材部	溶接不良
86	神奈川県	7,927	C8留分	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
87	神奈川県	9,771	ナフサ	シングルデッキ	ポンツーン母材部	溶接不良
88	神奈川県	9,950	ナフサ	シングルデッキ	ポンツーン母材部	溶接不良
89	神奈川県	9,950	ナフサ	シングルデッキ	デッキ溶接部	溶接不良
90	神奈川県	9,990	灯油	シングルデッキ	付属品	経年劣化
91	神奈川県	31,593	原油	シングルデッキ	付属品	経年劣化
92	神奈川県	5,217	ナフサ	シングルデッキ	デッキ溶接部	経年劣化
93	神奈川県	5,576	キシレン	シングルデッキ	デッキ溶接部	塗装剥離
94	神奈川県	995	スロップ油	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
95	神奈川県	3,850	ガソリン	シングルデッキ	デッキ溶接部	経年劣化
96	神奈川県	29,051	原油	シングルデッキ	デッキ溶接部	溶接不良
97	神奈川県	47,236	軽油	シングルデッキ	デッキ溶接部	経年劣化
98	神奈川県	34,625	原油	シングルデッキ	デッキ母材部	溶接不良
99	神奈川県	27,326	原油	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
100	神奈川県	9,800	スロップ油	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
101	神奈川県	9,800	ガソリン	シングルデッキ	デッキ溶接部	溶接不良
102	神奈川県	9,800	ガソリン	シングルデッキ	その他	その他
103	神奈川県	31,291	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン母材部	経年劣化
104	神奈川県	9,276	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化
105	神奈川県	5,000	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化
106	神奈川県	5,000	ガソリン	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化
107	神奈川県	40,978	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	ポンツーン母材部	その他
108	神奈川県	46,363	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化
109	神奈川県	46,363	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化
110	神奈川県	46,363	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化
111	神奈川県	46,363	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化
112	神奈川県	9,800	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	その他	経年劣化
113	神奈川県	17,420	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化
114	神奈川県	46,363	原油・ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化

No.	都道府県	容量(kL)	内容物	浮き屋根形式	漏洩場所	漏洩原因
115	神奈川県	3,040	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン母材部	湿気
116	神奈川県	18,583	ガソリン	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	その他
117	神奈川県	11,256	重油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ母材部	滞水
118	神奈川県	72,407	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ母材部	滞水
119	神奈川県	48,196	原油	シングルデッキ	その他	その他
120	神奈川県	18,583	ガソリン	シングルデッキ(耐震基準該当)	ポンツーン溶接部	溶接不良
121	神奈川県	72,407	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	その他
122	神奈川県	99,263	原油	シングルデッキ	デッキ母材部	滞水
123	神奈川県	48,108	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	その他	滞水
124	神奈川県	72,407	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	その他
125	神奈川県	72,428	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	その他
126	神奈川県	18,583	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	その他	その他
127	新潟県	27,800	原油	ダブルデッキ	付属品	地震
128	新潟県	27,700	原油	ダブルデッキ	付属品	地震
129	福井県	50,000	重油	ダブルデッキ	付属品	その他
130	愛知県	55,000	原油	シングルデッキ	デッキ溶接部	溶接不良
131	愛知県	27,000	灯油	シングルデッキ(耐震基準該当)	その他	その他
132	三重県	67,220	ナフサ	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	経年劣化
133	大阪府	50,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	ポンツーン母材部	その他
134	大阪府	9,610	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	ポンツーン溶接部	その他
135	大阪府	15,000	ガソリン	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	その他
136	大阪府	50,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	滞水
137	大阪府	50,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	ポンツーン溶接部	湿気
138	大阪府	110,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	経年劣化
139	大阪府	81,320	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ母材部	経年劣化
140	大阪府	8,830	揮発油	シングルデッキ	その他	その他
141	和歌山県	9,900	軽油	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	経年劣化
142	岡山県	2,000	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
143	岡山県	3,690	C8留分	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
144	岡山県	108,000	原油	シングルデッキ	ポンツーン母材部	経年劣化
145	岡山県	108,000	原油	シングルデッキ	デッキ母材部	経年劣化
146	岡山県	3,690	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
147	岡山県	3,690	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン母材部	経年劣化
148	岡山県	2,000	ガソリン	シングルデッキ	付属品	経年劣化
149	岡山県	9,170	C8留分	シングルデッキ	ポンツーン母材部	その他
150	岡山県	9,170	C8留分	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
151	岡山県	48,370	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン溶接部	溶接不良
152	岡山県	48,370	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン母材部	経年劣化
153	岡山県	9,190	ガソリン	シングルデッキ	ポンツーン母材部	経年劣化
154	山口県	13,395	ナフサ	シングルデッキ	その他	その他
155	山口県	48,210	原油	シングルデッキ	デッキ母材部	その他
156	山口県	68,247	原油	シングルデッキ	デッキ母材部	その他
157	山口県	46,822	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	ポンツーン母材部	その他
158	山口県	61,200	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	その他
159	山口県	46,822	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	ポンツーン母材部	湿気
160	山口県	4,555	ガソリン	ダブルデッキ	ポンツーン母材部	その他
161	山口県	1,995	ガソリン	ダブルデッキ	ポンツーン溶接部	その他
162	大分県	25,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	滞水
163	大分県	10,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ溶接部	台風
164	大分県	100,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	その他	地震
165	大分県	60,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ母材部	地震
166	大分県	20,000	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ母材部	地震
167	大分県	20,000	ナフサ	シングルデッキ(耐震基準該当)	デッキ母材部	地震
168	大分県	20,000	ガソリン	シングルデッキ(耐震基準該当)	その他	地震
169	大分県	75,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当)	付属品	その他
170	鹿児島県	121,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当	その他(記入欄)	その他
171	鹿児島県	121,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当	その他(記入欄)	その他
172	鹿児島県	121,000	原油	シングルデッキ(耐震基準該当	ポンツーン溶接部	その他
173	不明 ※	25,000	ナフサ	シングルデッキ	その他	台風

※匿名回答による

浮き屋根に係る流出事例（事例毎）の集計結果

浮き屋根に関するアンケート（事業所毎）に回答のあった68事業所のうち、27事業所から浮き屋根に係る流出事例（事例毎）の回答があり、合計173件の漏洩事例の回答を得た。

以下、漏洩事案の調査項目ごとに集計した結果を示す。

・流出事例の概要について

1　**タンク種別ごと**の流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表1　タンク種別ごとの流出件数

タンク種別	件数
特定新法タンク	50
特定旧法タンク	122
準特定タンク	1
合計	173

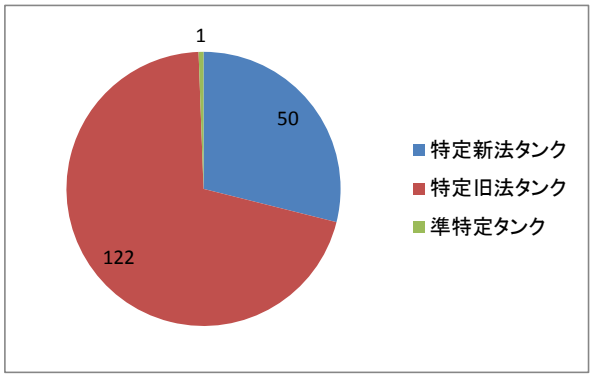


図1　タンク種別ごとの流出件数

・特定新法タンクより特定旧法タンクの方が件数多い。設置基数の割合が、特定旧法タンクの方が多いことから、比例して多いと考えられる。
・特定新法タンクも流出事例が多く見られた。

2　**浮き屋根形式ごと**の流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表2　浮き屋根形式ごとの流出件数

浮き屋根形式	件数
シングルデッキ	58
シングルデッキ（耐震基準該当）	63
ダブルデッキ	52
合計	173

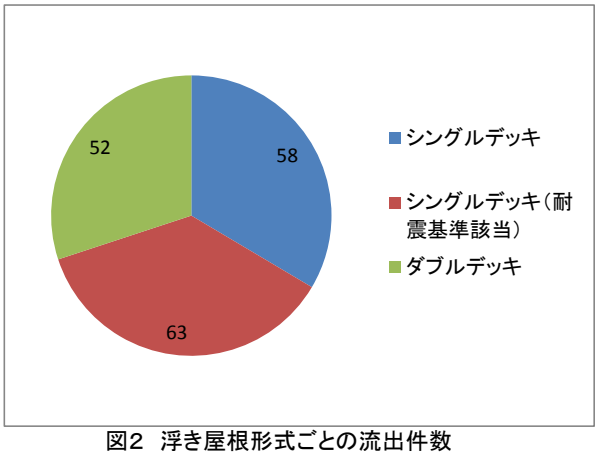


図2　浮き屋根形式ごとの流出件数

・どの浮き屋根形式にも流出事例がみられ、浮き屋根形式の違いによる差異はみられなかった。

3　**タンク容量ごと**の流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表3　容量ごとの流出件数

容量	回答数	
1,000kL未満	1	（準特定）
1,000kL以上10,000kL未満	36	（特定）
10,000kL以上20,000kL未満	11	↓
20,000kL以上50,000kL未満	31	↓
50,000kL以上100,000kL未満	46	↓
100,000kL以上	48	↓
合計	173	

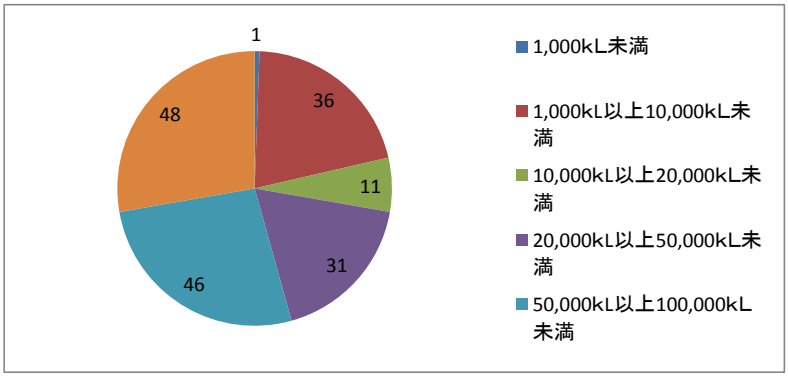


図3　容量ごとの流出件数

・容量毎に流出件数を整理したが、事例数の偏りはみられなかった。

4　**タンク内径別**の流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表4　内径別の流出件数

内径	回答数
10m未満	0
10m以上30m未満	28
30m以上50m未満	30
50m以上70m未満	45
70m以上	70
合計	173

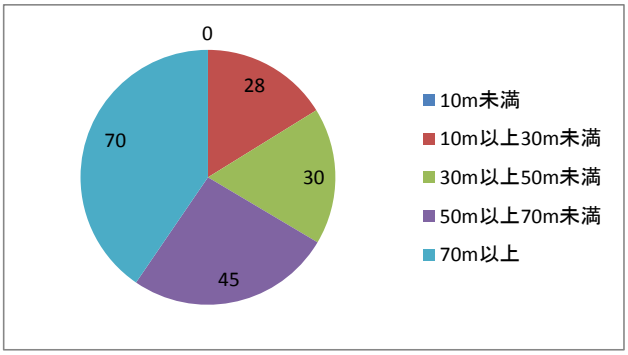


図4　内径別の流出件数

・タンク内径別に流出件数を整理したが、事例数の偏りはみられなかった。

5　**タンク高さ別**の流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表5　高さ別の流出件数

高さ	回答数
10m未満	1
10m以上15m未満	25
15m以上20m未満	51
20m以上	96
合計	173

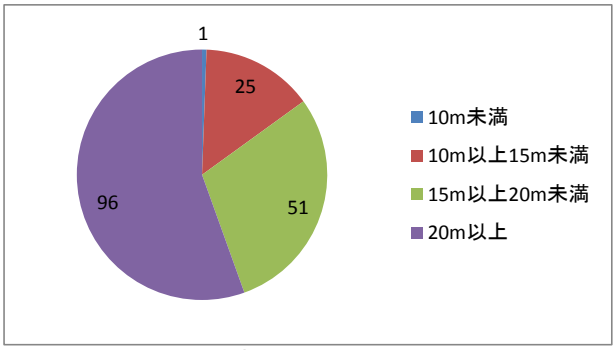


図5　高さ別の流出件数

・タンク高さ別に流出件数を整理したが、事例数の偏りはみられなかった。

6　**内容物ごと**の流出件数について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表6　内容物ごとの流出件数

内容物	件数
原油	97
原油・ナフサ	1
ナフサ	24
ガソリン	28
重油	3
軽油	4
灯油	9
スロップ油	2
C8留分	4
キシレン	1
合計	173

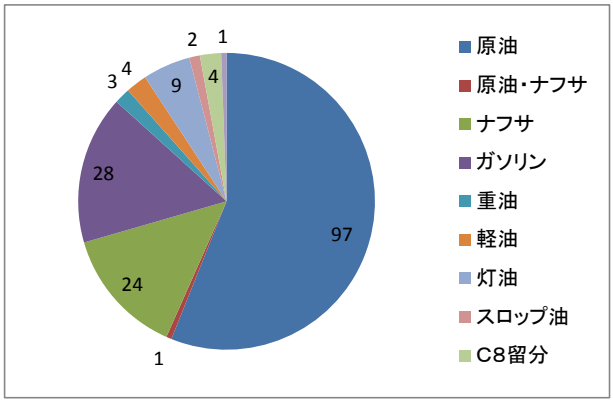


図6　内容物ごとの流出件数

・どの内容物にも流出がみられた。原油やナフサなど大容量貯蔵するタンクは、浮き屋根形式が多く採用されている。その浮き屋根を対象としているため、内容物として原油やナフサなどの件数が必然的に多くなっていると考える。

7　漏洩場所について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表7　漏洩場所ごとの流出件数

漏洩場所	件数
ポンツーン母材部	23
ポンツーン溶接部	52
デッキ母材部	27
デッキ溶接部	33
付属品	19
調査中	3
その他	16
合計	173

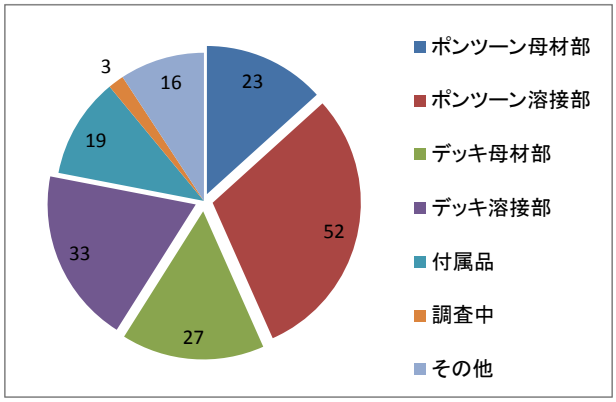


図7　漏洩場所ごとの流出件数

・漏洩箇所としてポンツーン及びデッキを合わせると75%を超え、その大多数を占めている。 ポンツーン及びデッキのいづれも漏洩箇所は、溶接部か母材部である

漏洩場所の記述部について、アンケート記入欄に記載される内容を以下まとめた。
以下の漏洩場所の記述については、もっとも多かった回答を一番目に、2番目以降はそれ以外で目立ったものを記載し

【ポンツーン母材部】
・ポンツーン内部　ロアーデッキ（漏洩部の板厚：6mm）
・漏洩部の板厚：4.5mm
・ポンツーンアウターリムに開孔し油滞留
・ポンツーン母材部、及び溶接部に割れ
・浮き屋根デッキ板母材部に3か所、デッキ板溶接線に一か所
・母材部の割れ（約100㎜L）ポンツーン2室に流出
・底板母材部の板厚：4.5mm
・底板母材部（底板裏面側に取付けられたストッパー溶接部）各1ヶ所底板の板厚：4.5mm、アウターリム板の板厚6.0mm

【ポンツーン溶接部】
・アウターリムとロアーデッキ隅肉溶接部
・ポンツーン底板相互溶接線　漏洩部の板厚：6.0mm
・ポンツーン1室内　下板溶接線ににじみ
・ポンツーンのルーフサポートスリーブ保護板隅肉溶接線
・ポンツーン内トラス干渉部で、下板とノズル取り合い部の隅肉溶接部
・外リム底部の溶接線部分、及びポンツーンの内リムサポート付け根部分の溶接線。
・ポンツーン溶接部全周90mの全体的に何らかの損傷、ポンツーン底板のLアングルに割れ、ポンツーンアウトリムの下側角部にアヒルの口型の割れ、ポンツーンインナーリムの上方角に押しつぶされたような変形あり
・インナーリム板×補強板溶接線に樹脂状に固化した垂れた痕跡を確認した。漏洩部の板厚：4.5mm
・ポンツーン底板×インナーリム板×仕切板の三点交差溶接線に樹脂状の固形物を確認した。漏洩部の板厚：4.5mm
・ポンツーン内センターリングと下板との溶接線、漏洩部の板厚：4.5mm
・底板とアウターリム板の溶接線部、底板の板厚：4.5mm、アウターリム板の板厚6.0mm
・底板とアウターリム板の補強リングアングル溶接部、ポンツーン底板板厚：4.5mm、アウターリム板補強リングアングル：L65*65、板厚6.0mm
・底板の重ね溶接線部、底板の板厚：6.0mm
・ポンツーン仕切板溶接線部、底板の板厚：4.5mm、仕切板の板厚6.0mm
・内側中間リム板との溶接線部、底板の板厚：4.5mm、内側中間リム板の板厚
・底板と仕切板の溶接線部：底板の板厚：4.5mm、仕切板の板厚4.5mm
・底板とリング板継ぎ溶接線部：底板の板厚：4.5mm、リング板の板厚4.5mm
・ポンツーン底板と内側リム板の溶接線部：底板の板厚：4.5mm、内側リム板の板厚6.0mm
・Lアングル×ポンツーン底板のタック溶接止端部：漏洩部の板厚：4.5mm
【デッキ母材部】
・漏洩部のシングルデッキ母材板厚：4.5mm
・ポンツーン内部　ロアーデッキ（漏洩部の板厚：6mm）
・ﾛｰﾘﾝｸﾞﾗﾀﾞｰｻﾎﾟｰﾄ近傍　漏洩部の板厚：4.5mm
・デッキ元厚4.5mmに対し、3箇所の腐食による開孔
・浮き屋根デッキ板母材割れ（計8箇所）
・ポンツーン近傍の屋根板部分。溶接の歪みにより多少凸の形状となった屋根板の頂の箇所の穿孔。
・シングルデッキ板母材部に約1mmφの穿孔が1箇所認められた。
・シングルデッキ母材のポンツーンとの付け根部分より油の漏洩を確認。
・バキュームベント補強板溶接線近傍のデッキ板母材：漏洩部の板厚：4.5mm
・浮屋根デッキ油側の旧付属品補強材取付け溶接線および屋根骨取り付け用外面保護板近傍のデッキ板母材2箇所の計3箇所より同時に漏洩。：漏洩部の板厚：4.5mm（地震時）
【デッキ溶接部】
・デッキ溶接部：板厚4.5mm
・屋根デッキ板溶接線に油滲みを確認
・浮き屋根デッキ板母材部（裏面に溶接線あり）1か所 割れ約15㎜L
・浮き屋根デッキ母材中央部で割れ発生。（減肉なく、裏面溶接線起点と推測される。）
・浮き屋根デッキ板×コンプレッションリング溶接線
・過去施工された当板補修溶接線より滲み
・シングルデッキ溶接に長さ850mm、幅最大23mmの割れを確認。
【付属品】
・側板と浮き屋根シール装置の接触面　（内容物の受入時のエアー噴出しに伴う漏洩）
・側板と浮き屋根シール装置の接触面　（地震の液面揺動に伴う噴出し漏洩）
・ポンツーンのインナーパイプ（シールガスベント）
・エマジェンシードレン管内にピンホールが発生し若干流出
・保護板溶接線(約25㎜L)
・エマージェンシードレン管フランジ部
・滞水によるデッキ板のたわみ変形から、非常用排水設備(エマージェンシールーフドレン)から逆流
・浮屋根中央のサンプルハッチから漏洩　（滞水による）
・非常用排水設備(エマージェンシールーフドレン)の封水量減少により、シール機能の低下からデッキ上へ漏洩
【その他】
・エマージェンシールーフドレン
・屋根補修当板母材より油のにじみ
・屋根補修三枚重ね溶接部より油のにじみ
・地震により、ポンツーン内油溜まりおよび油侵入、浮き屋根上、ルーフドレン排水口から
・台風により、浮き屋根全体が沈没
・溶接欠陥部が起点となり、ポンツーン内リム×コンプレッションリング溶接線割れと推定
・浮き屋根デッキ板4箇所
・リブとポンツーンの溶接線、及び、底部に設けられた切り欠き部屋の天板母材から漏洩した。
・タンクシール部と側板との隙間（配管内の滞油を窒素パージにてタンクに回収する際、配管内部に残存していたガス溜まり部分が浮屋根シール部より油を同伴し吹き出し）

8　漏洩の原因について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表8　漏洩の原因ごとの流出件数

漏洩の原因	件数
溶接不良	22
滞水	9
湿気	4
塗装剥離	3
経年劣化	48
地震	36
台風	2
調査中	1
その他	48
合計	173

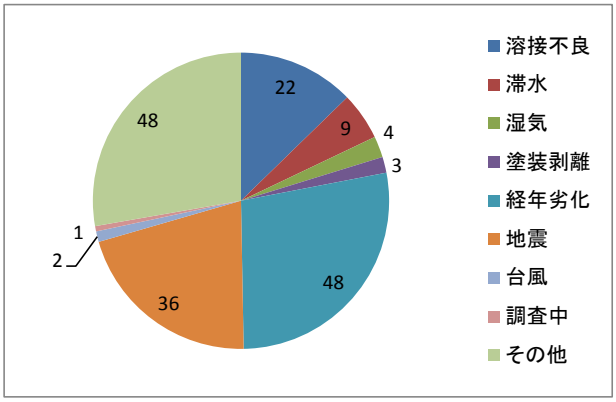


図8　漏洩の原因ごとの流出件数

漏洩の原因について

今回の調査結果としてもっとも多い回答数となった漏洩の原因は経年劣化とその他である。しかし、この二つの内容を読むと、溶接不良や滞水、地震などの原因と思われるものや、原因の特定に至っていないもの、及び複数の原因が考えられるものが含まれている。

詳しい分析を行うには、一件づつ時間をかけて調べる必要がある。

漏洩の原因について記述部について、アンケート記入欄に記載される内容を以下まとめた。
以下、記述部については、もっとも多かった回答を一番目に、2番目以降はそれ以外で目立ったものを記載した。

【溶接不良】
・取替時に隠れる部分を一部溶接されていなかったため
・取替・補修時の溶接線のうち、狭所での溶接施工時の不良
・溶接欠陥（溶け込み不足と形状不良）の顕在化
・突き合わせ溶接部の開先ルート間隔不足による溶込不良からクラックが発生した。
・溶接欠陥と溶接線減肉による漏えい発生
・建設時の溶接不良部（内在欠陥）が、塗膜の経年劣化部で外面腐食が進行し、開口に至ったと考える
・ポンツーン内部トラス断続溶接線とロアーデッキ相互溶接線が近接しており、断続溶接線側で割れが発生し、最終的
・ルーフサポートスリーブ保護板上に取り付ける補強リング部において、溶接により保護板を引っ張る方向に大きな応力が作用したため、保護板隅肉溶接線の弱い部位（応力集中部）から亀裂が生じ、数年後に浮屋根の昇降運動や揺動
【滞水】
・デッキ上に雨水滞留部があり、塗膜劣化/外面腐食を誘因し、溶接線から漏洩
・発災前、降雨しており、屋根板に局部的に滞水が発生している状況だった。滞水付近はデッキからピン穴までの高さが低くなっており、滞水したことで喫水面が上昇し、ピン穴から漏洩した。
・漏洩発生箇所は雨水の滞留および砂塵の付着しやすい箇所であり、雨水、砂塵下で外面腐食が進行したことにより
・タンクデッキ板塗装に耐水性が高いが、耐候性（耐紫外線）に比較的弱い塗料を採用したことで、紫外線などによる塗膜劣化により、塗膜内に雨水が侵入した。破損した塗膜内に雨水が（飛来塩分含む）侵入し塗膜内にて外面腐食を発生させ、開孔に到った。
・長年使用による経年的な減肉や繰り返しの液面揺動等によりデッキ板の凹凸が大きくなった。降雨によって排水しきれないデッキ板凹み部に水が溜まり、雨水の重みによりデッキ板が沈み込み、ルーフサポートの固定ピン高さが喫水レベルに達したことから、ルーフサポート固定ピンから漏出した。　同じような変形により非常用排水口から逆流。
【湿気】
・ポンツーン内に出来た気層部で、水分が乾湿状態を繰り返す事によって、ポンツーン内面側から腐食した。
・ブリーザーノズルはベーパークッション目的でノズル下部がボックスの形状をしていた。ノズル内部が何らかの要因で負圧となり、PVベントが作動し外気を吸引したことで、ボックス上部で結露が発生し、サワーウォーターとなったことにより、局部減肉による開口が発生したと推測。
・センターポンツーンは建設当初より浮き屋根に勾配を取るために砂を充填しウエイト調整をしていた。この砂が長年の運転中に吸湿し、デッキ板が湿食を起こし開孔した。
【塗膜剥離】
・デッキ上に雨水滞留部があり、塗膜劣化/外面腐食を誘因し、溶接線から漏洩
・補修した塗装の仕様が求めた使用で行われておらず、素地調整に不備があったため塗装内部で錆が成長し、開口に至った。
・局部的な塗装劣化（キズ状）による外面減肉
【経年劣化】
・外面腐食、または内面腐食、のほかに前述の溶接不良及び滞水による理由が多くあった。溶接不良部については、設置時当初の溶接不良部が起点となり、経年使用により割れに繋がった
・経年劣化や溶接線の内在欠陥、震災及びその後の余震などの液面揺動等により、ﾃﾞｯｷ溶接線に負荷が掛り、割れに至ったと考える
・震災による影響が原因の可能性。
・溶接線に破断有り。※震災の影響も考えられる。
・ルーフドレン管内面の腐食
・母材部孔食による貫孔
・溶接欠陥と溶接線減肉による漏えい発生と推定
・錆の付着/堆積を十分に除去せずに検査したことによる腐食の見逃し
・インナーリムのリブ板が下板に直接溶接されている部位で、下板母材に割れ発生

・浮屋根上下動によるタック溶接止端部への応力集中が原因と推定
【地震】【台風】 近年発生した地震及び大型台風による破損と回答あり
【その他】
・調査中、原因が特定できていない、または推定程度で原因の特定に至っていない とする回答がもっとも多かった。
・本来あるべき隅肉溶接が、施工されていなかった。
・エマージェンシードレンから漏洩したものと推測（水封措置の不備）
・ポンツーン補強用アングルのタック溶接部応力疲労割れ
・燃料受入時の、オペレーションミスにより配管内のガスと同伴して、外周シール部から噴出した。
・屋根板外面の経年腐食による開口。
・主排水管の配管を交換をした際に、固定管の場所に誤ってスイベルジョイントを取り付けてしまったことで、正しく折れ曲がらず配管が破損した。その後の液払出しにて液面とともに屋根が下がり、破損した管がつっかえ棒のように底部と垂直になった。そこに液面が更に下がり、屋根を押し上げるようにして、配管が屋根を破損させた。
・台風でない強風により、タンク液面の揺動が発生したため、ポンツーン内部の溶接部が疲労破壊した。東日本大震災及びその余震等によりポンツーン内部の溶接部に負荷が蓄積されていたものと推定する。
・浮屋根主排水管の取替を行った。排水弁を閉止した状態で、降雨により屋根に滞水し、エマージェンシールーフドレンから逆流し、漏洩した。
・管の取付けフランジ部のボルト締め付け不良
・地震等による波打ち現象により、荷重がリブ先端に繰り返し作用したことで、リブ部溶接止端部を起点として疲労割れが生じました。別のポンツーンでは、ポンツーン切り欠き部屋に、内部流体の腐食性ガスが滞留し腐食が発生した。
・ポンツーン下板材が溶接で継ぎ足して製作されており、その継ぎ足し部で溶け込み不良が発生
・タンク建設時に屋根板内面へ補強アングルを溶接した際、施工不良によって孔が形成され、同部位外面で経年的な腐食による減肉が進行したことで、開孔に至ったと推定。
・地震等によりポンツーンに過大な応力が作用し、特に中間リム板のタック溶接は補強部材の近傍のため応力集中し、脆性破壊による亀裂が発生、その後経年的な液面揺動などによる延性破壊により亀裂が進展して貫通に至ったと考
・ポンツーンの接液側にラフター（Cチャンネル）が施工されており、そのラフター先端部の溶接始端部を起点に屋根板の揺動による繰り返し応力で疲労亀裂が発生し、貫通に至った。

9　流出の程度について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表9　流出の程度ごとの流出件数

流出程度	件数
にじみ	92
漏洩（拭き取れる程度）	23
漏洩（タンクを開放せずに回収可能な程度	19
滞油	38
滞水	0
空欄	1
合計	173

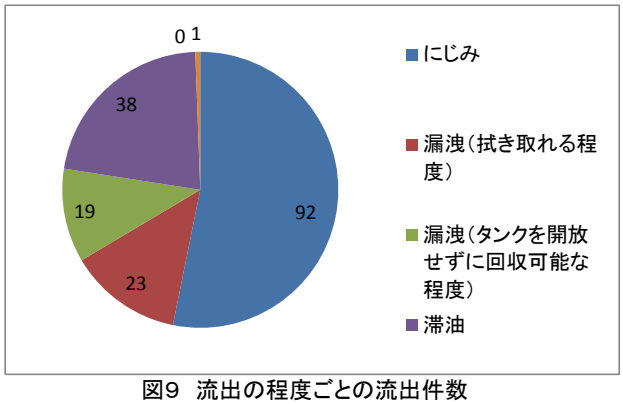


図9　流出の程度ごとの流出件数

・流出の程度について、にじみ及び漏洩を合わせると75%程度、滞油が25%程度であった。

・補修方法について

1　定期開放まで仮補修のみ実施したのか、または応急措置を実施後、速やかに恒久的補修に至ったのかなどの補修方法について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表10　補修方法ごとの件数

補修方法	件数
タンクの定期開放まで仮補修のみ	75
応急措置→恒久的補修	33
その他	62
空欄	3
合計	173

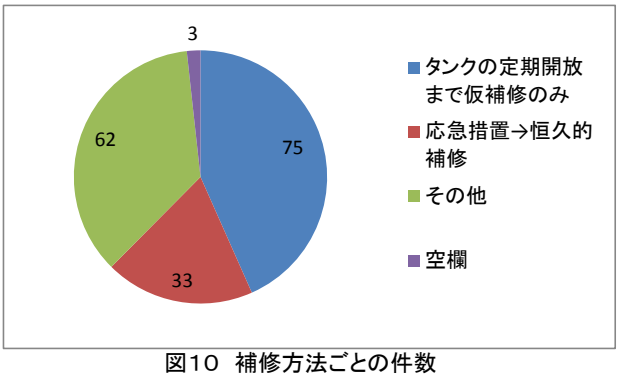


図10　補修方法ごとの件数

・流出の程度について、にじみ及び漏洩（拭き取れる程度）を合わせると75%程度であった。滞油が25%みられた。

アンケート記入欄に記載される内容を以下まとめた。

【タンクの定期開放まで仮補修のみ】
・にじみ程度であったため、応急措置の上、経過観察とした。（現在進行中のもの）
【応急措置→恒久的補修】
・にじみ程度であったため、応急措置の上経過観察とし、直近の開放検査時に肉盛り補修や取替補修などの恒久補修を実施した。
【その他】
・即、液抜きし臨時開放した。
・地震時のスロッシングによる液漏洩である。
・送液配管内エアー混入などにより、エアー吹き出しに伴う外周シール部からの漏洩事例であるので、補修が発生していない。

2　補修に至った経緯について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表11　補修に至った経緯ごとの件数

補修に至った経緯	件数
事業所の判断	67
消防との協議の結果	91
その他	9
空欄	6
合計	173

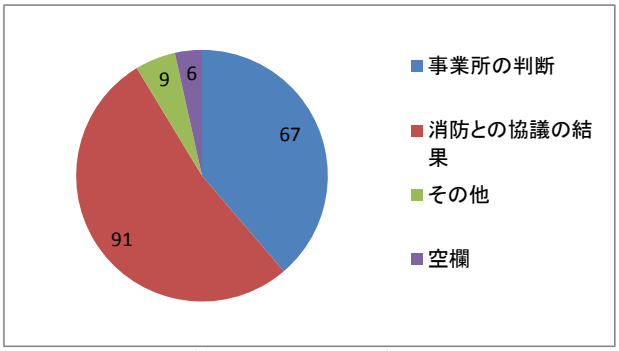


図11　補修に至った経緯ごとの件数

3　応急措置（仮補修）の具体的な内容について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表12　応急措置に用いられた材料ごとの件数

応急措置（仮補修）方法	件数
金属パテ	69
シリコンパテ	5
FRP	15
その他	62
空欄	22
合計	173

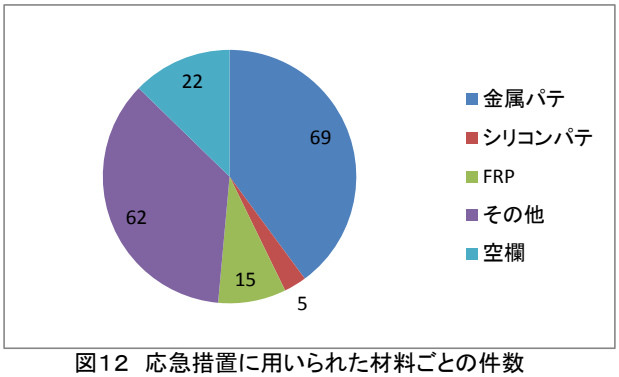


図12　応急措置に用いられた材料ごとの件数

金属パテ、シリコンパテ、及びFRP等について、具体的な補修について、記述回答のあった事案について、以下にまとめ

【金属パテ】

・**スーパーEメタル**
・1層目：**レクターシール**、2層目：**ベロメタル**
・1層目：**鉛**、2層目：ベロメタル、フロロシリコン730
・**デブコン**＋鉄板
・デブコン＋エラストマー
・**固形石鹸**で開口部を塞ぎ、デブコンAで固める
・固形石鹸で開口部を塞ぎ、マルチメタルで固める
・**アルミテープ**で開口部を塞ぎ、デブコンで固める

【シリコンパテ】

・にじみ箇所近傍の塗装剥離後、仮補修を実施した。1層目：プライマーA、2層目：**シリコンFE2000**、3層目：**シーラント70**、4層目**FRSコート　フロロシリコン**
・にじみ箇所近傍の塗装剥離後、仮補修を実施した。1層目：フロロシリコン730、2層目：プライマーD、3層目：**シール剤SH-790**　4層目：コーティング剤　SE-5070

【FRP】

・FRP仕様：**MC450チョップドストランドマット＋WR570ローピングクロス＋#30Pサーフェイス＝FC-30C/S/G」**
・3層補修、1層目：**アクアパテ**、2層目：ウルトラシール、3層目：エラストマー

【その他】

・金属パテ＋FRPによる補修、金属パテ仕様：MM-メタルoL-スチールセラミック、FRP仕様：MC450ﾁｮｯﾌﾟﾄﾞｽﾄﾗﾝﾄﾞﾏｯﾄ＋WR570ﾛｰﾋﾞﾝｸﾞｸﾛｽ＋#30Pサーフェイス＝FC-30C/S/G」
・商品名：シールパテ、デンゾーテープ。 ポンツーン屋根開口箇所は、シールパテおよびデンゾーテープで仮補修を実施した。
・**モルタル充填**と**水シール工法**にて仮補修
・漏洩箇所を**木栓にて塞ぎ**、3層の異なる機能を有した応急補修を行った。（1層目：エポキシ硬化剤パテ(商品名　ピグパティ)、2層目：アクリル樹脂硬化剤シート(商品名　ジップパッチ)、3層目：ウレタンエラストマーパテ(商品名　MM-エラス
・ストップホールの設置（2か所）、添え板設置（150×150）、FRP塗布（300×500）、FRP仕様：MC450ﾁｮｯﾌﾟﾄﾞｽﾄﾗﾝﾄﾞﾏｯﾄ＋WR570ﾛｰﾋﾞﾝｸﾞｸﾛｽ＋#30Pサーフェイス＝FC-30C/S/G」
・**土嚢**設置。
・**固形石鹸で開口部を塞いだ**うえで清掃し、Devcon NEWファススティック + Three Bond 液状ガスケット1215を塗布した。
・**固形石鹸で開口部を塞いだ**うえで清掃し、ﾍﾞﾛﾒﾀﾙｽｰﾊﾟｰﾗﾋﾟｯﾄﾞ + ﾊﾏﾀｲﾄ SM-101を塗布した。
・アウターリム肉盛り補修、内部底板の当て板補修、上板、及び間仕切り板のデブコン補修

・多くの仮補修方法が見られた。流出程度にもよるが、同じ程度のにじみや漏洩量であっても、仮補修方法が異なってい

4　応急措置後の点検頻度について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表13　応急措置後の点検頻度ごとの件数

応急措置の点検頻度	件数
数回/日	5
1回/日	18
数回/週	0
1回/週	23
その他（記入欄）	115
空欄	12
合計	173

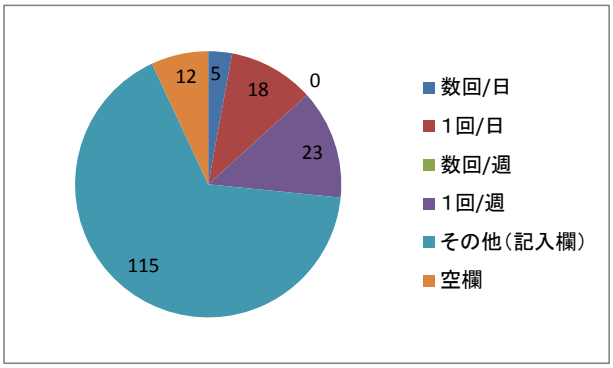


図13　応急措置後の点検頻度ごとの件数

応急措置後の点検頻度について、アンケート記入欄のその他に記載される内容を以下まとめた。

【その他】 回答数が多い理由として、地震による浮き屋根上への漏洩、送液時のエアー混入により外周シール部からの吹き出し漏洩、及び漏洩確知後に速やかに液抜きした事例が多く含まれる。 以下、その他の回答について、記述される内容を抜粋した。
・常時監視。
・漏洩が発生するのは、タンクレベル上昇時である原油揚荷中である事から、揚荷は監視が出来る日中に限定し、揚荷中は監視人をタンク上部に常駐させた。また、タンク静置中は1日1回、原油の払出し中は2時間に一回漏洩の有無を確認する事とした。
・4ヶ月毎のタンク設備自主点検時、及びサンプリング等の浮屋根上作業（約4回／年）時に、デブコン補修を行なったポンツーンを重点に内部の状況確認を実施し、ポンツーンの健全性を確認する。また80gal以上の地震発生時にも前記と同じ内容で臨時点検を実施する。
・月2回定期点検で漏洩の有無を点検。その他震度4以上の地震発生後及び台風通過後に漏洩の有無について点
・本漏洩は設備に起因するものではないため、設備の点検は実施せず、設備使用上の再発防止を行っています。
・3か月ごとに目視点検実施。
・震度3以上の地震発生時やゲリラ豪雨発生時に点検実施。
・酸素濃度管理頻度は、当初毎日測定していたが測定値に大きな変化が認められなかったので週1回の測定を実施。

・【数回/日】【1回/日】 1回/日以上の点検を実施している回答は、応急措置後速やかに液抜き作業し臨時開放点検などを実施した事例が多く含まれている。
・【空欄】 回答数が多い理由として、地震による浮き屋根上への漏洩、送液時のエアー混入により外周シール部からの吹き出し漏洩、及び漏洩確知後に速やかに液抜きした事例が多く含まれる。

5　応急措置から恒久補修までの期間について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表14　応急措置から恒久補修までの期間ごとの件数

応急措置の期間	回答数
0年（速やかに応急措置実施）	22
0年超～1年以下	28
1年超～2年以下	23
2年超～3年以下	15
3年超～4年以下	11
4年超～5年以下	5
5年超～6年以下	8
6年超～7年以下	7
7年超～8年以下	2
8年超～9年以下	3
空欄or － or NA	49
回答数	173
最小（年）	0
最大（年）	8.75

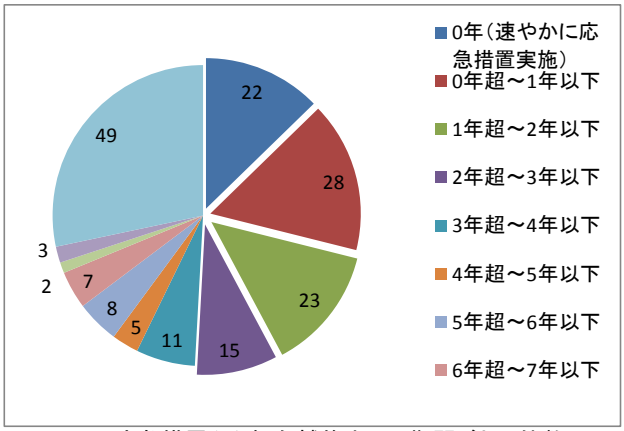


図14　応急措置から恒久補修までの期間ごとの件数

・数値回答のあった124件の回答数に対し、空欄、横バー及びNAの49件の回答があった。
・仮補修から恒久補修までの期間について、最大8.75年、最低0年（速やかに恒久補修実施）と幅のある回答結果であった。
・0年から3年以下までの期間で恒久補修とした回答が88件であった。これは回答のあった124件に対し、半数を超える約71%に当たる。

6　当該仮補修で使用可能と考える期間について、アンケート結果を集計し以下の表にまとめた。また表を円グラフにした。

表15　仮補修で使用可能と考えられる期間ごとの件

仮補修による使用可能と考える期間	回答数
0年（速やかに恒久補修実施）	31
0年超～1年以下	3
1年超～2年以下	2
2年超～3年以下	20
3年超～4年以下	0
4年超～5年以下	12
5年超～6年以下	0
6年超～7年以下	1
7年超～8年以下	0
8年超～9年以下	27
9年超～10年以下	6
空欄or － or NA	71
回答数	173
最小	0
最大	10

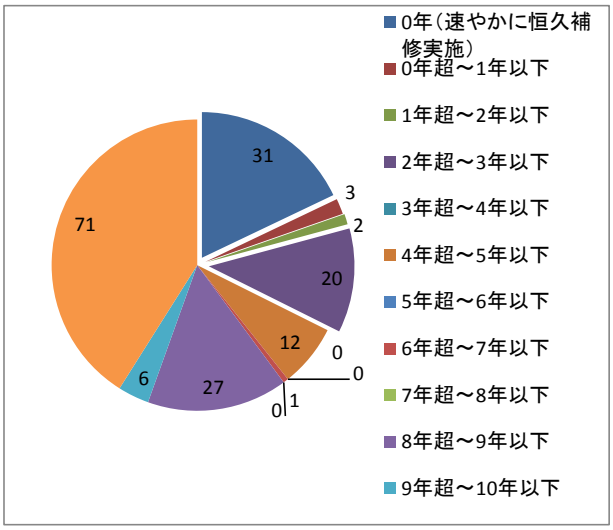


図15　仮補修で使用可能と考えられる期間ごとの件数

・数値回答のあった102件の回答数に対し、空欄、横バー及びNAの71件の回答があった。
・仮補修で使用と考える期間について、最大10年、最低0年（速やかに恒久補修実施）と幅のある回答結果であった。
・0年から3年以下までの期間で恒久補修とした回答が56件であった。これは回答のあった102件に対し、半数を超える約55%に当たる。

資料２－２
（資料ＷＧ２－４）

浮き屋根に係る規制及び規格の比較表（国内）

消防法				JIS 規格（JIS B 8501:2013） 鋼製石油貯槽の構造（全溶接製）		JPI 規格（JPI-8S-6-2015） 屋外貯蔵タンク維持規格
種別 【規則第 20 条の 4】	液面揺動によって損傷を生じない浮き屋根（耐震浮き屋根）	左欄以外の浮き屋根		記載なし		―――
構造区分 【告示第 4 条の 21 の 3】	一枚板構造 （シングルデッキ）	一枚板構造 （シングルデッキ）	二枚板構造 （ダブルデッキ）	一枚板構造 （シングルデッキ）	二枚板構造 （ダブルデッキ）	―――
容量等 【告示第 4 条の 21 の 3】	○容量２万kl以上又は ○容量２万kl未満でHc*が2.0m以上のもの	○容量１千kl以上で左欄に該当しないもの	○容量１千 kl 以上	記載なし		―――
耐震強度 【告示第 4 条の 21 の 4】	○浮き部分に生じる応力が許容値以下 ・円周方向面外曲げモーメント ・水平面内曲げモーメント ・円周方向圧縮力	適用外		耐震強度の記載なし ○シングルデッキの浮き屋根強さは、浮力に求める要件（250㎜降雨滞水時、２室破損時）の状態によって生じるデッキの発生から発生する半径方向の荷重に対し、ポンツーンが破損してはならない		○消防法及び JIS 規格（JIS B 8501）を満たしているか確認し、必要であれば補修実施
浮力 【告示第 4 条の 22】	○浮き部分が完全に仕切られたもの			○ポンツーンの各室仕切り板は、それぞれ各室が水密となるように、少なくとも片側は、必ず連続すみ肉溶接とする		―――
	○浮き部分の連続する３室に加え回転止め検尺管等が貫通している室及びデッキ部分が破損した場合において沈下しないもの	○浮き部分の連続する２室及びデッキ部分が破損した場合において沈下しないもの	○浮き部分の連続する２室が破損した場合において沈下しないもの	○条件の最も悪いポンツーン２室とデッキが同時に破損した場合において沈下しないもの	○条件の最も悪い隔室２室が破損した場合において沈下しないもの	
	○浮き屋根上に水が250㎜滞水した場合において沈下しないもの ○浮力は貯蔵する危険物の比重が 0.7 以上であるときは 0.7 として計算すること。			○貯槽の水平投影面積に対し、250㎜に相当する降雨が全てデッキ上にたまったとき沈下しないもの ○浮力は、貯蔵液体の比重 0.7 以上であるときは 0.7 とし、0.7 未満のときはその値を用いて、		
最小厚さ 【昭和52年政令第10号附則第3項第2号、告示第４条の17第3号】	3.2㎜又は4.5㎜			4.5㎜		○消防法及び JIS 規格（JIS B 8501）を満たしているか確認し、必要であれば補修実施
溶接方法 【告示第 4 条の 22】	○浮き部分の溶接及び浮き部分と浮き部分以外の溶接は、完全溶け込み溶接又は同等以上の溶接強度を有する溶接方法			○デッキ板は重ね継手とし、板の上面から全厚連続すみ肉溶接、重ね代25㎜以上 ○剛性の大きい部材から300㎜以内のデッキ板継手は、板下面からピッチ250㎜、長さ50㎜以上の断続全厚すみ肉溶接		○溶接補修は関連法規、規格及びこれらと同等と認められる基準に従う溶接方法
溶接部の試験 【規則第 20 条の 9】	○浮き屋根の総体に係る溶接部は、真空試験、加圧漏れ試験、浸透液漏れ試験等によって漏れが無いもの			○浮き屋根の溶接部は、空気圧試験、真空試験及びその他適切な方法による漏れ試験によって漏れがないもの（空気圧の場合、最低353Paとし、設計圧力を超えてはならない） ○貯槽本体の水張試験の水張り水抜きのときに浮き屋根の作動状況、シール部の状態及びデッキの漏れを調べる。ダブルデッキ形の屋根では、下部デッキの上面で漏れを調べる。		○点検時：目視にて異常が認められた場合、非破壊検査 ○溶接線補修後：磁粉探傷試験または浸透探傷試験、必要に応じて漏れ試験
付属品等 【告示第 4 条の 22】	○各浮き室に危険物や水が浸入しない構造のマンホール ○降水量に応じた排水設備 ○排水能力を超えた場合の非常用排水設備			○各浮き室には、水又は貯蔵液が入らない構造とし、ふた板は風で飛ばされない構造とする ○降雨量に応じた排水設備		○消防法及び JIS 規格（JIS B 8501）を満たしているか確認し、必要であれば補修実施
	○排水設備からの危険物の流出防止機能	適用外		記載なし		
	○着底時の破損防止用通気管 ○回転を防止する機構 ○外周部はたわみ性、密着性のある材料 ○滑動部分は発火しない材料、構造			○着底時の破損防止用通気管 ○屋根を常に貯槽の中心位置に保持し、かつ、回転を防止するための機構 ○外周部はたわみ性、密着性のあるシール ○滑動部分は発火しない材料及び構造		
定期点検 【規則第 62 条の 4】	○１年に１回以上 ○技術上の基準に適合しているかどうかについて			―――		○消防法に準拠 ○性能維持の確認のため、１年に１回以上

浮き屋根式屋外貯蔵タンクの漏洩調査結果（H29.11.17消防危230号）

・全国の浮き屋根式タンク（シングル、ダブル、容量問わず）について、直近の点検記録を確認し、ポンツーン内の異状の有無を調査。

発見時期	発見種類	漏洩程度	対応種類	応急措置方法	基数	石連調査	使用中	恒久補修済	備考	記号
今回	A社	滞油	臨時開放		7	(7)	0			A
	水平展開	にじみ	臨時開放	－	2	(2)	0			B
		その他※1	臨時開放		1	(1)	0		※1樹脂状の固形物	C
	臨時点検	にじみ	応急措置	拭き取り	1		1			D
過去	臨時点検	滞油	臨時開放	－	1	(1)	0			E
	（台風等）	にじみ	応急措置	鉄パテ	10		9		1基　定期開放中	F
	定期点検	滞油	臨時開放	－	1	(1)	0			G
			未措置	－	1	(1)	0		放置後、今回臨時開放　※発端タンク	H
					1		0		放置後、休止中に発覚	I
		にじみ	応急措置	鉄パテ	5		5			J
				シリコン	4		4			K
				拭き取り	2		2			L
			未措置	－	3	(3)	0		放置後、今回臨時開放	M
					1		1		放置後、今回応急措置（パテ）実施	N
					3		3		放置後、今回拭き取り　経過観察	O
		その他※2	臨時開放	－	1		0		※2　可燃性ガス検知	P
	開放点検	にじみ	補修	－	4		2	4		Q
					48	(16)			（全2281基）	

浮き屋根式タンクのポンツーン内部漏洩の推定原因と対策について

2018年8月22日
浮き屋根の安全対策に関するワーキンググループ

浮屋根式タンク ポンツーン漏洩タンクリスト

2018/8/16

No	浮き室内部の漏洩覚知日	不備の原因	原因No	備考
1	2017年10月25日	・溶接欠陥：1室(No.28)	(2-4)	事例 2-4-5
2	2017年10月18日	・補強材拘束による割れ：3室（No.8、15、21）	(2-2)	事例 2-2-1
3	2017年10月25日	・溶接欠陥：2室(No.2, 10)	(2-4)	事例 2-4-7
4	2017年10月25日	・溶接不備：2室（No.9, 10） ・溶接欠陥：2室(No.2, 5)	(2-3) (2-4)	事例 2-3-5 事例 2-4-6 事例 2-4-4
5	2017年10月11日	・インナーパイプ腐食穿孔：1室	(1-2)	事例 1-2-1
6	2017年10月23日	・ポンツーン内面腐食：1室（No.3）	(1-1)	事例 1-1-1
7	2017年11月28日	・溶接欠陥：1室（No.9）	(2-4)	事例 2-4-3
8	2017年10月23日	・溶接欠陥：1室（No.7）	(2-4)	事例 2-4-7
9	2017年12月7日	・溶接線際の応力集中による割れ：1室（No.18） ・溶接不備：1室（No.5）	(2-1) (2-3)	事例 2-1-2 事例 2-3-2
10	2017年11月29日	・溶接不備：1室（No.14） ・溶接欠陥：1室（No.14） ・材料不良：1室（No.11）	(2-3) (2-4) (2-5)	事例 2-3-4 事例 2-4-2 事例 2-5-1
11	2017年11月30日	・インナーパイプ腐食穿孔：1室（No.2）	(1-2)	事例 1-2-2
12	2017年12月7日	・溶接線際の応力集中による割れ：1室（No.6） ・溶接不備：2室（No.5、6）	(2-1) (2-3)	事例 2-1-1 事例 2-3-1
13	2017年11月13日	・ポンツーン内面腐食：1室（No.11）	(1-1)	事例 1-1-2
14	2017年12月11日	・溶接線際の応力集中による割れ：1室（No.57）	(2-1)	事例 2-1-3
15	2017年7月8日	・溶接不備：1室（No.32）	(2-3)	事例 2-3-3
16	2017年12月5日	・溶接欠陥：3室（No.2、6、10）	(2-4)	事例 2-4-8
（17）	2018年6月4日	ポンツーン点検中に、2ヶ所のポンツーンに滞油		追記
（18）	2018年6月28日	ポンツーン（浮き室）への滞油		追記

浮屋根式タンクのポンツーン内部漏洩（総括）

- 2017年度の点検により、ポンツーン内への油にじみ、漏洩が合計16基で確認されました。

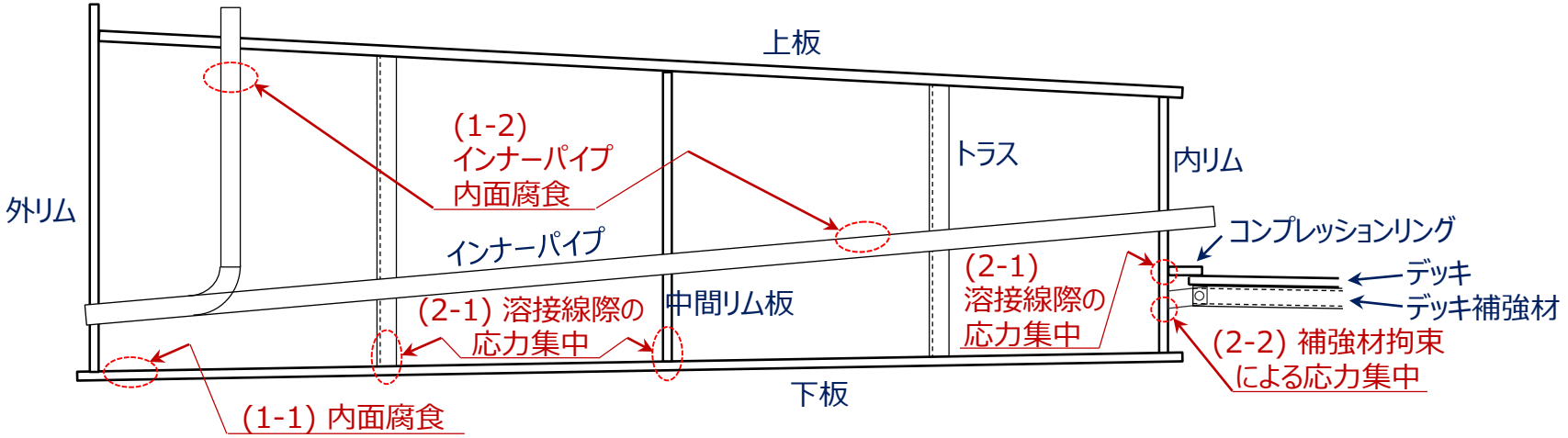
- 当該タンクを開放し、詳細な検査を行い、推定原因および対策案が纏まりましたので報告致します。
  - ✓ 推定原因は、(1)腐食減肉起因と(2)溶接施工起因に大別されます。
  - ✓ 具体的には、タンク開放時のポンツーン内部検査において、(1)腐食検査時の錆や汚れの除去や検査範囲が十分でなかったこと、(2)溶接の品質に対する注意が十分でなかったこと
  - ✓ 対策

    設備管理：運転中定期点検にて漏洩が無いことを確実に確認するとともに、次回タンク開放時に水平展開検査を実施し、自社検査基準に反映

    施工管理：今回の知見をユーザー側からメーカー側にフィードバック

- 上記に加え、下記の対応を実施します。
  - ✓ 浮き屋根式タンクのポンツーンの定期点検、および地震、強風、豪雨後の点検の確実な実施
  - ✓ 石災法の異常現象としての認識、実行の強化（社内教育資料の見直し）

浮屋根式タンクのポンツーン内部漏洩（推定原因別分類）



【腐食減肉に起因する不具合】

(1-1) 内面腐食穿孔

⇒ **錆の付着/堆積を十分に除去せずに検査したことによる腐食の見逃し**（事例1-1-1）

⇒ **ポンツーン内に異常なスケール堆積が見られ、内面腐食を加速**（事例1-1-2）

(1-2) インナーパイプ腐食穿孔

⇒ **インナーパイプの肉厚測定箇所が内面腐食による最小板厚部（気液境界～気層部）を捉えていなかった**（事例1-2-1, 1-2-2）

【溶接施工に起因する不具合】

(2-1) 溶接線際の応力集中による割れ

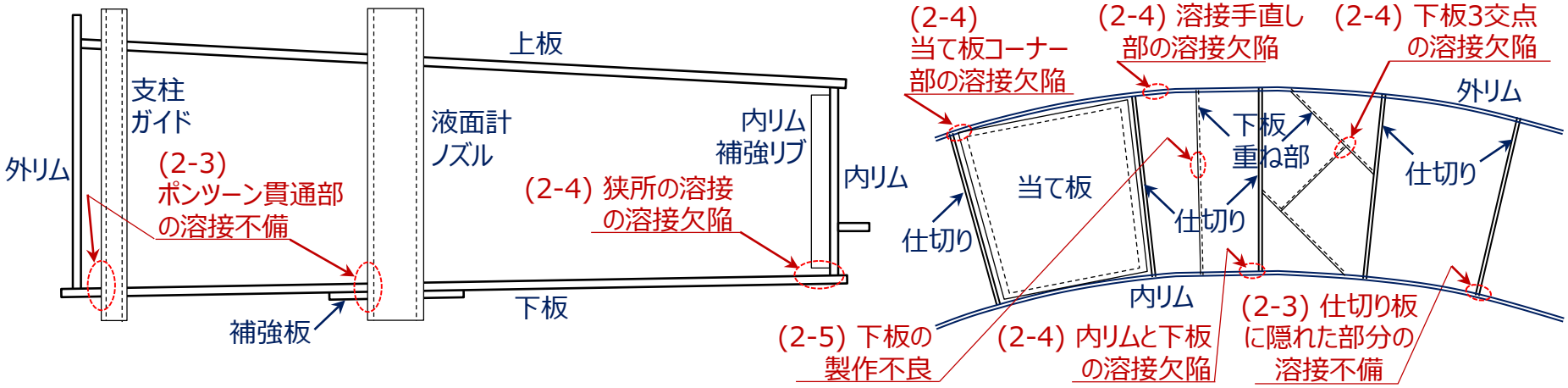
⇒ **内リムに4枚の板が1か所に溶接され、かつ内リムが拘束された部位で、内リム母材に割れ発生**（事例2-1-1）

⇒ **トラス/サポートが下板に直接溶接されている部位、あるいは中間リム板が下板に直接タック溶接されている部位で、下板母材に割れ発生**（事例2-1-2, 2-1-3）

(2-2) 補強材拘束による割れ

⇒ **デッキ放射方向補強材のピン構造接続部を誤って溶接で拘束したことによる内リム母材の割れ**（事例2-2-1 ）

浮屋根式タンクのポンツーン内部漏洩（推定原因別分類）



【溶接施工に起因する不具合】

(2-3) 溶接不備

⇒ ポンツーン貫通パイプが下板重ね部を貫通している部位で下板あるいは補強板が全周溶接されていなかったため、油の浸入路が形成（事例2-3-1, 2-3-2, 2-3-3）

⇒ 仕切り板を跨いだ下板あるいは内リム下部取替時に仕切り板を切欠かなかったため、仕切り板に隠れた部分で内リムと下板が溶接されていなかったため、油の浸入路が形成（事例2-3-4, 2-3-5）

(2-4) 溶接欠陥

⇒ 取替・補修時の溶接線のうち、狭所の溶接（内リムの補強リブの陰など）/局部的な溶接補修、あるいは当て板コーナー部がR加工/カットされていない不連続溶接部、などで溶接欠陥発生（事例2-4-1, 2-4-2, 2-4-3, 2-4-4, 2-4-5）

⇒ 建設時の溶接線のうち、溶接手直しあるいは3交点が有る場合など不連続溶接部で溶接欠陥発生（事例2-4-6, 2-4-7）

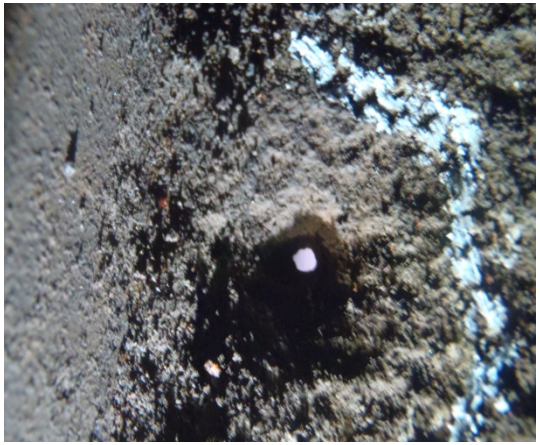
⇒ 建設時の溶接線のうち、内リムと下板の溶接線の仕切板付近で溶接欠陥発生（事例2-4-8）

(2-5) 板材製作不良

⇒ ポンツーン下板材が溶接で継ぎ足して製作されており、その継ぎ足し部で溶け込み不良が発生（事例2-5-1）

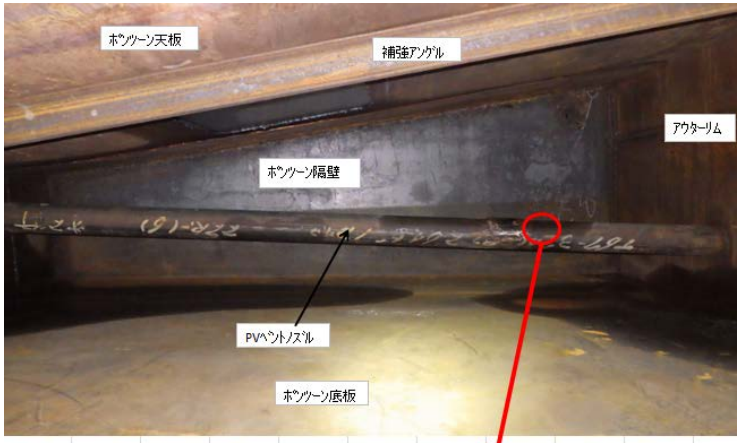
(1-1) ポンツーン内面腐食事例　(1-2) インナーパイプ腐食事例

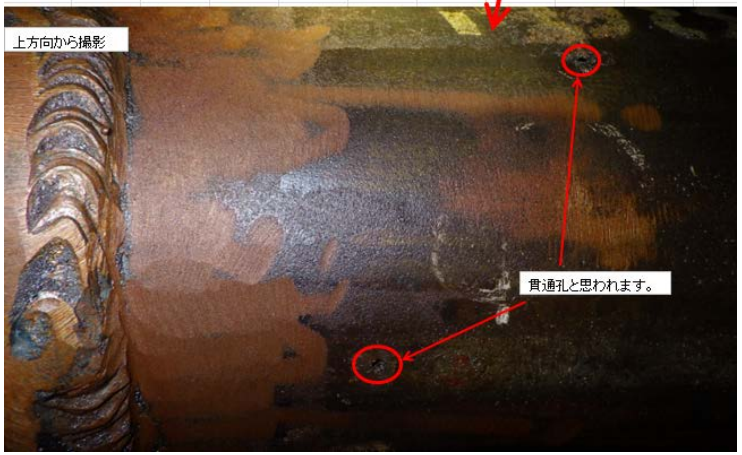
事例1-1-2





事例1-2-1

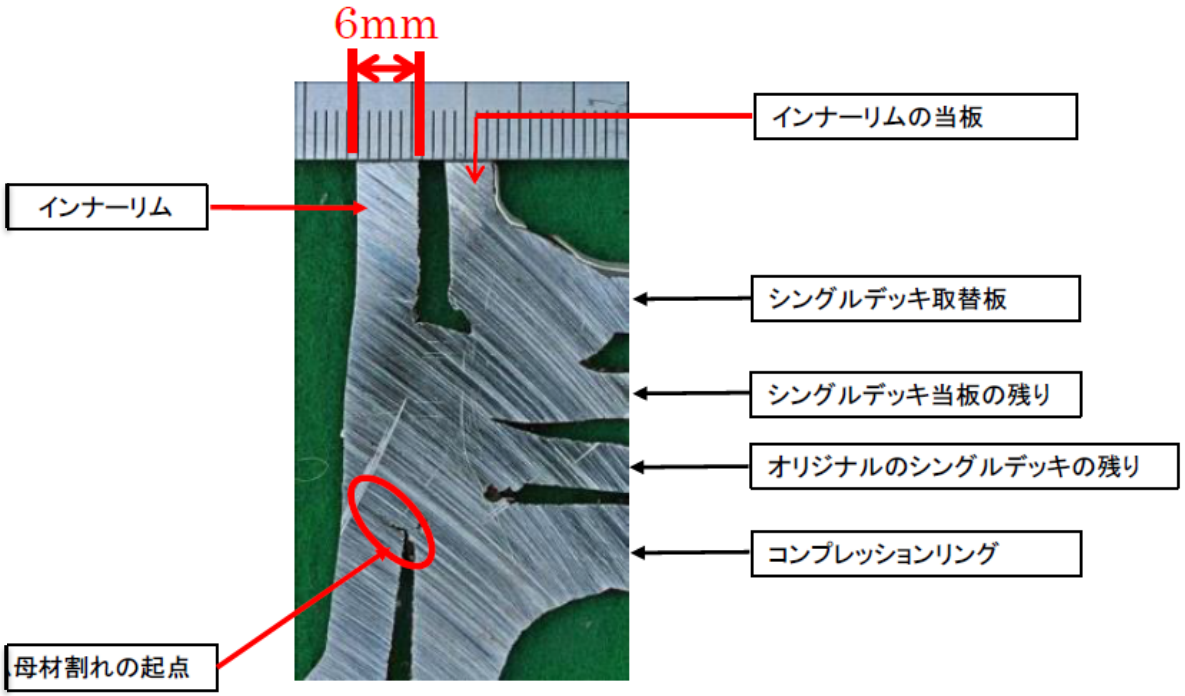




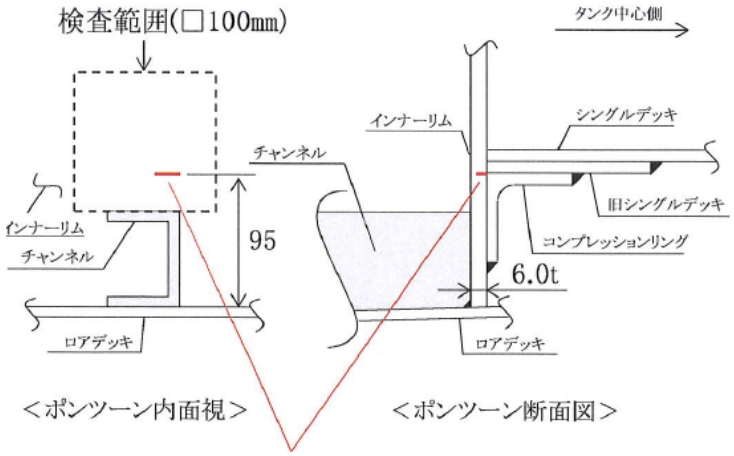
- 今後、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う
  - ⇒ ポンツーン内面腐食検査時、錆の付着/堆積により検査困難な場合には、錆を除去して検査
  - ⇒ 年次点検でポンツーン内に異常なスケール堆積が見られた場合には次回開放時に内面腐食に注意して検査
  - ⇒ インナーパイプの内面腐食は、特に気液境界～気層部内面腐食に注意して検査

(2-1) 溶接線際の応力集中による割れ事例

事例2-1-1



事例2-1-1の隣接ポンツーン（漏洩無し）

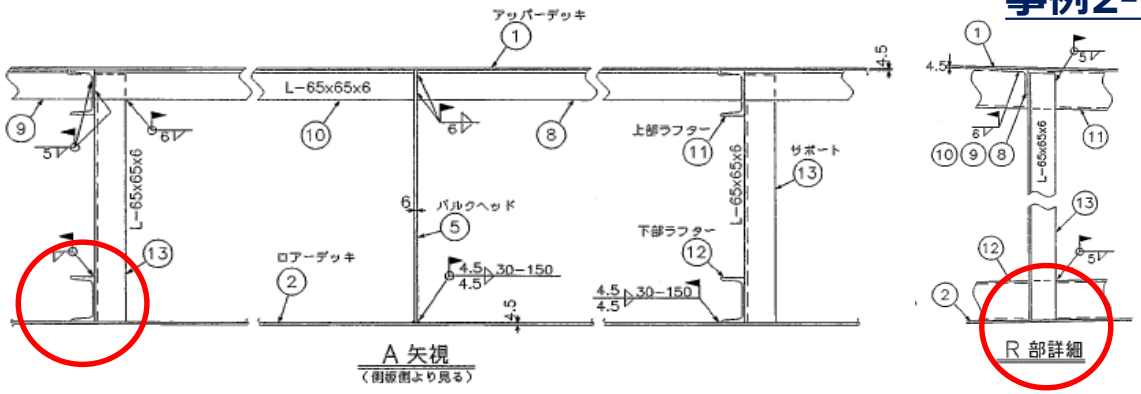


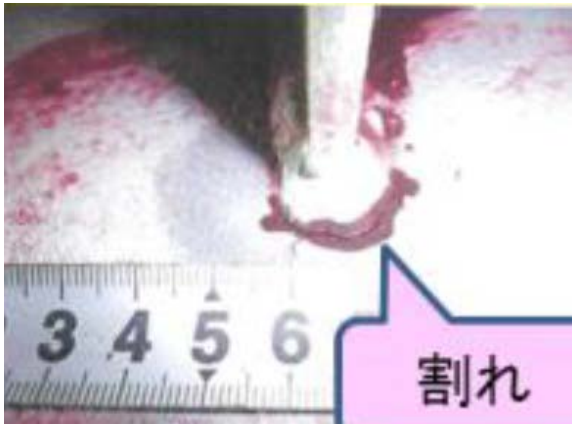
非貫通きず（漏洩無し）

- **今後、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う**
  ⇒ 内リムに3枚以上の板が1か所に溶接され、かつ内リムが拘束されている場合、内リム母材を点検

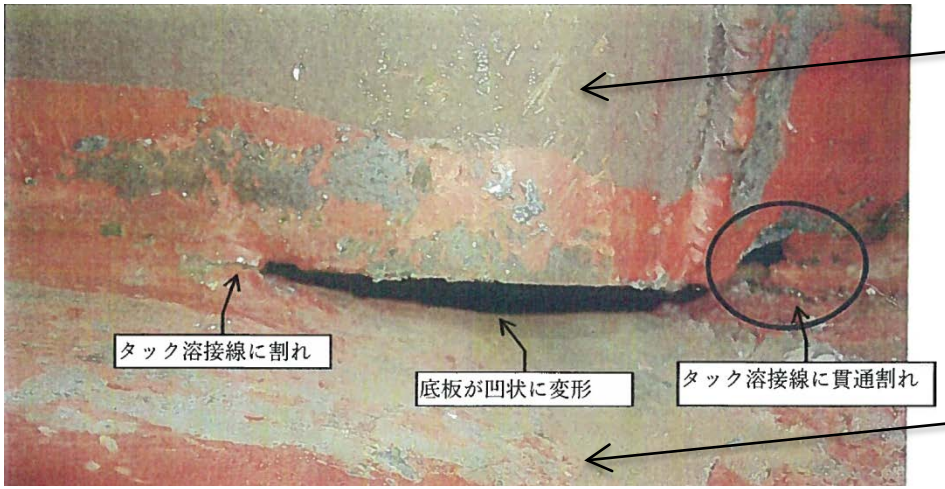
(2-1) 溶接線際の応力集中による割れ事例

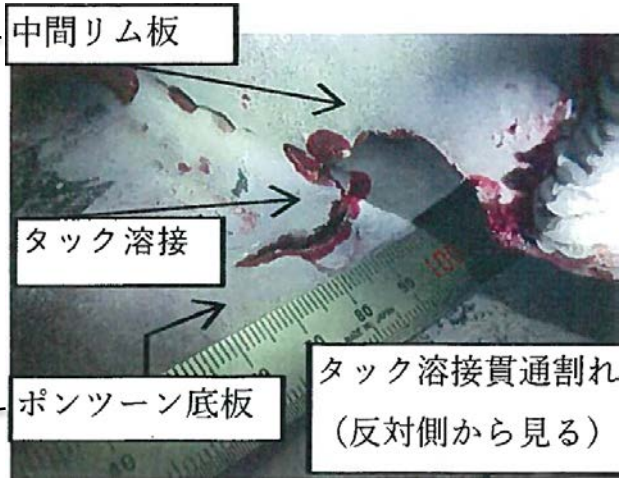
事例2-1-2





事例2-1-3

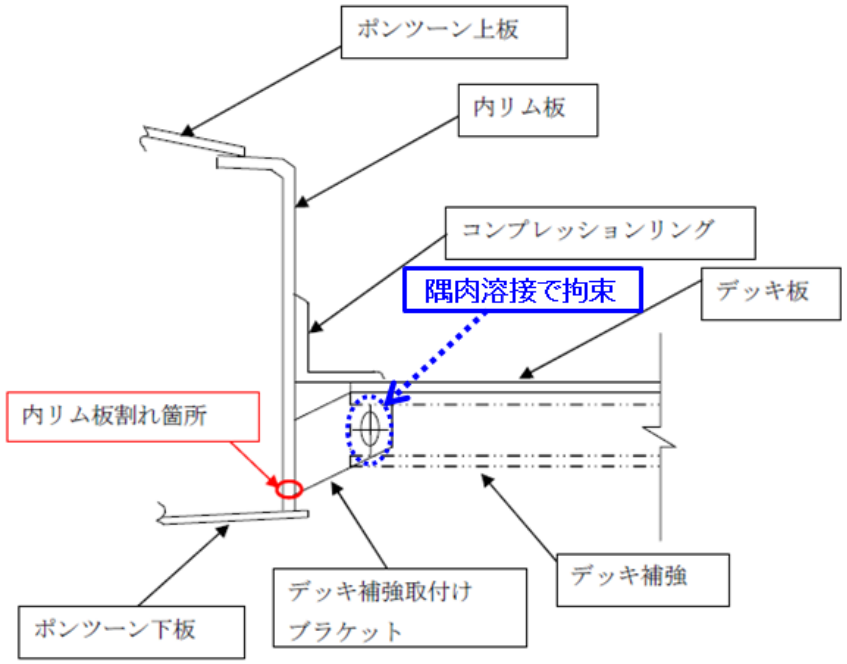




- 今後、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う
  - ⇒ トラス/サポートが下板に直接溶接されている部位、あるいは中間リム板が下板に直接タック溶接されている部位を点検

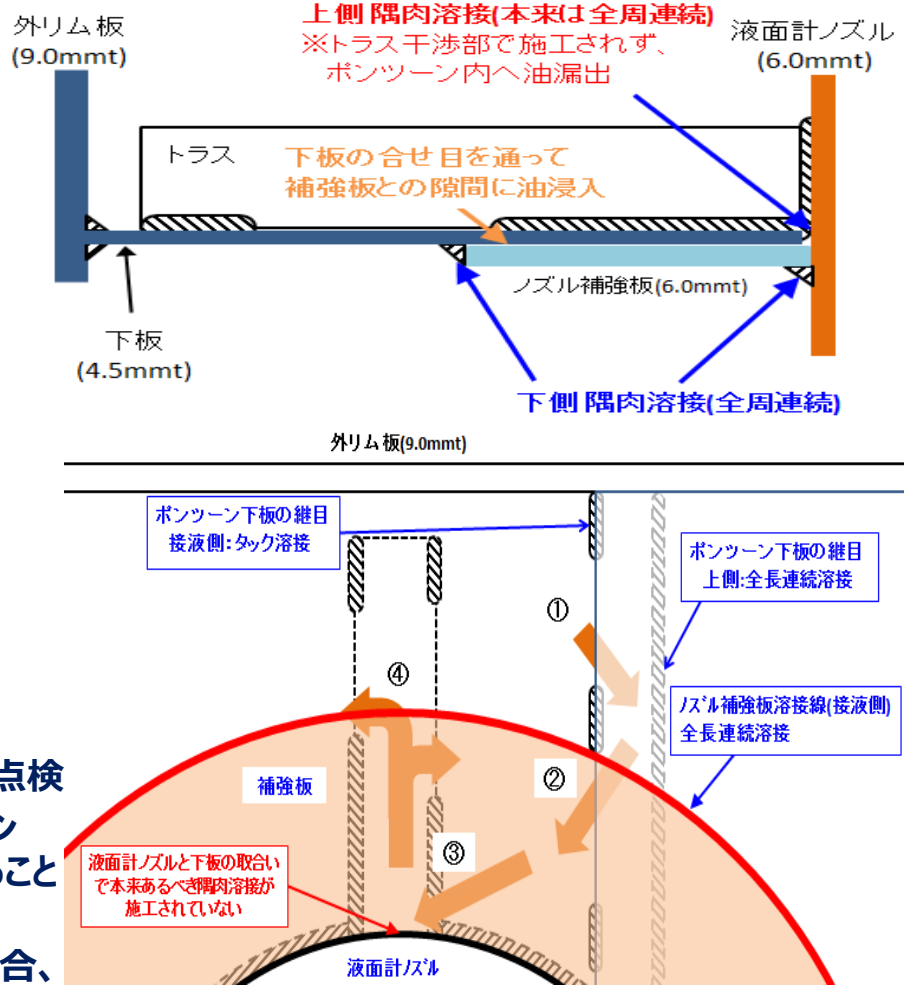
(2-2) 補強材拘束による割れ事例

事例2-2-1（3室）



(2-3) 溶接不備事例

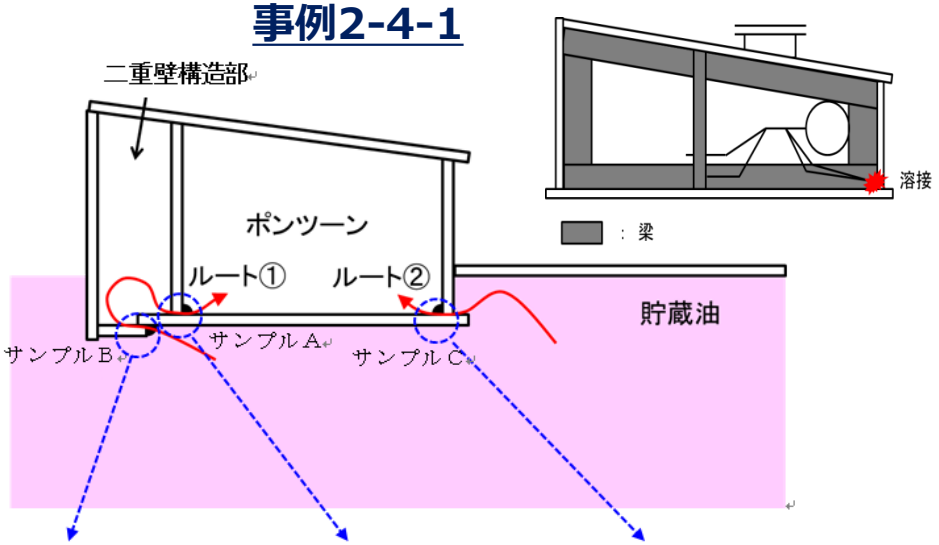
事例2-3-3



- 次回、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う
  - ⇒ デッキ放射方向補強材はピン構造接続部の拘束有無を点検
  - ⇒ ポンツーン貫通パイプが下板重ね部を貫通する場合、ポンツーン貫通パイプと下板の溶接部が全周溶接されていることを点検
  - ⇒ 仕切り板を跨いで下板あるいは内リム下部を取替えた場合、仕切り板切欠き部の下板溶接部を点検

(2-4) 溶接欠陥事例

事例2-4-1

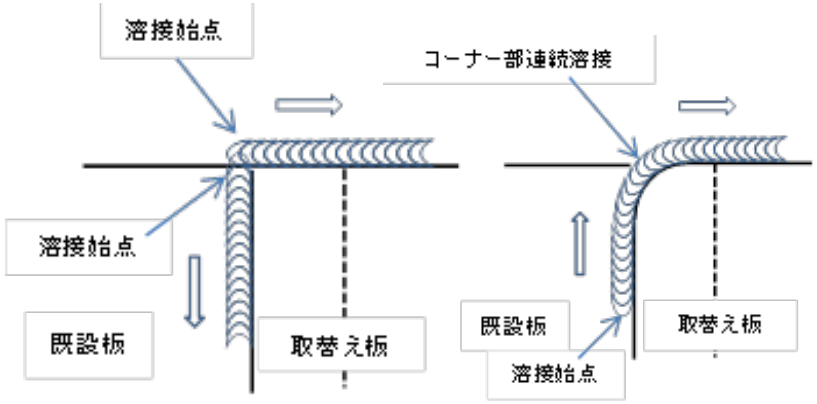


破壊調査結果（断面観察）

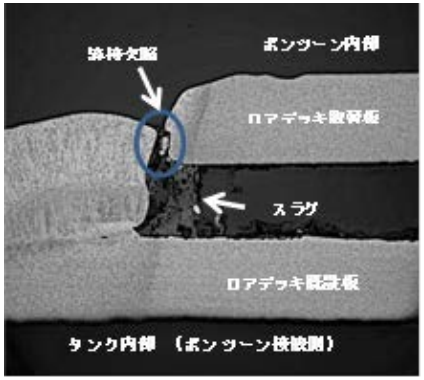


サンプルB　サンプルA　サンプルC

事例2-4-3



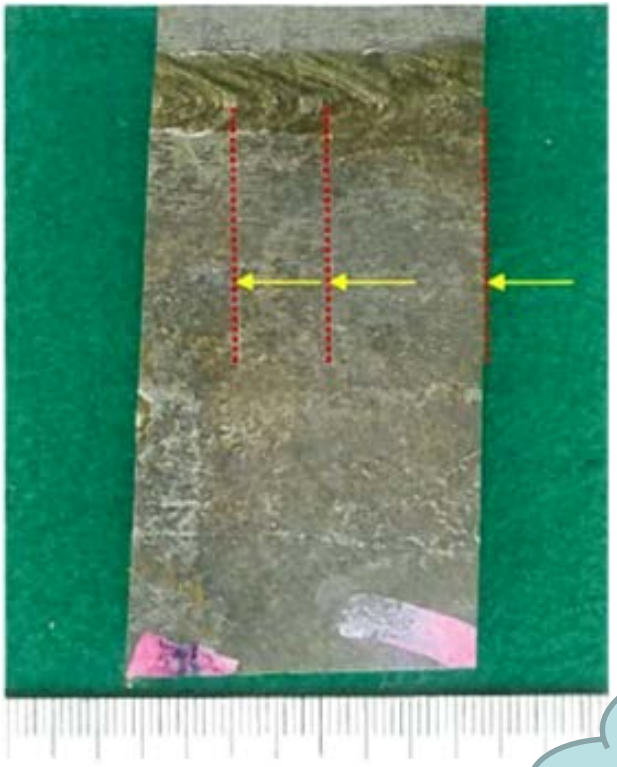
漏洩部の溶接方法　正規の溶接方法

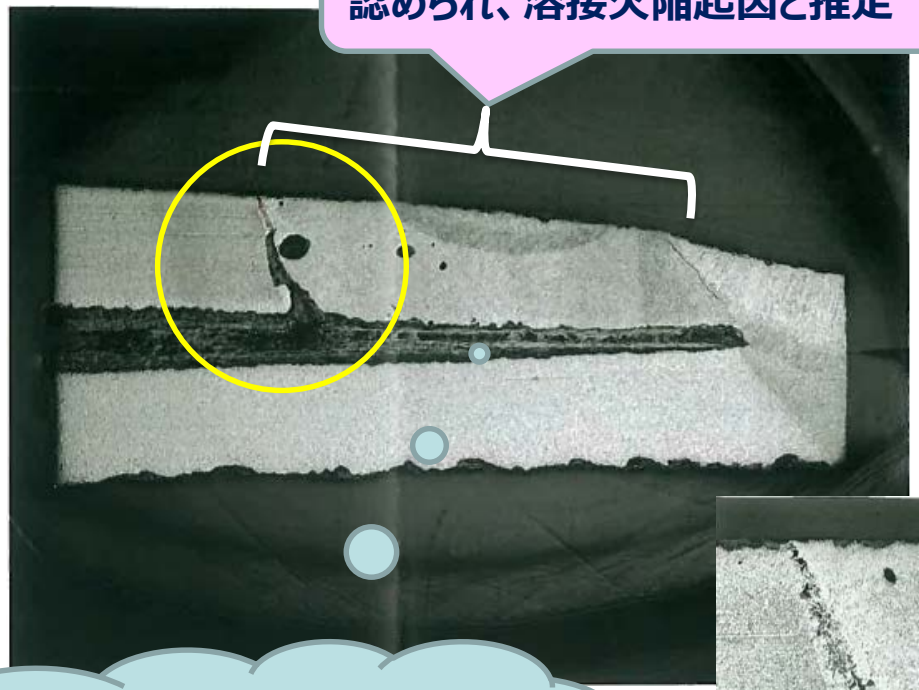


- 次回、タンク開放時に以下の点に注意して点検を行う
  - ⇒ 過去の取替・補修時の溶接部について、狭所の溶接（内リムの補強リブの陰、など）/局部的な溶接補修部、あるいは当て板コーナー部の不連続溶接部を点検
  - ⇒ 建設時の溶接部について、溶接手直し部あるいは3交点が有る場合など、不連続溶接部を点検
- 建設時の溶接線のうち、内リムと下板の溶接線の仕切板付近で漏洩に至った溶接欠陥は、いずれも同一工場で同時期、同会社により施工されたものであり、それらの全溶接線は点検済み

(2-5) 板材製作不良

事例2-5-1





板材を溶接補修した様な組織が認められ、溶接欠陥起因と推定

綺麗に仕上げられており、素材の段階で補修された板を使用したものと推定



- **板材製作不良**
  - ⇒ **ポンツーン下板材が溶接で継ぎ足して製作されており、その継ぎ足し部で溶け込み不良が発生（極めて稀な事例）**

資料２－４
（資料ＷＧ２－５）

平成 31 年２月 27 日
危険物保安技術協会

浮き屋根の漏洩事故事例調査結果の概要

１　調査内容

消防庁が実施した各事業所に対するアンケート結果や第１回ＷＧにおける事故事例、近年危険物保安技術協会が実施した浮き屋根の漏洩事故の現地調査（表１）から、浮き屋根ポンツーンにおける開放時自主検査、漏洩の主な原因、それに対する有効と思われる対策案について取り纏めた。

２　開放時自主検査

各事業所が実施している開放時の浮き屋根ポンツーンに係る自主検査は、目視検査が主体となっている。多くの事業所は目視検査のみの実施となっているが、目視検査の結果を受けて、以下の試験を追加で実施する事業所も見受けられる。

・加圧漏れ試験　　（漏水・漏洩が疑われた場合のみ）
・浸透液漏れ試験　（目視検査において疑義が発生した場合のみ）
・真空試験　　（目視検査において疑義が発生した場合のみ）

３　ポンツーン漏洩の主な原因

漏洩の発生箇所は様々ではあるが、ほとんどの事例で溶接部あるいは母材での貫通孔から内容物がポンツーンに浸入している。

４　有効と思われる対策

（１）溶接部：加圧漏れ試験（石鹸水を用いる）
　　試験対象：ポンツーンの溶接部全線
（２）母材部：詳細な目視検査
　　試験対象：ポンツーン母材内外面全面
　　塗装されているものは塗装の状態（膨れ・剥離の有無）を確認。
　　塗装されていないものはミルスケール等を除去した状態で確認。
　腐食が確認された箇所については、上記加圧漏れ試験を実施する際にあわせて確認。
（３）構造等：本来設計との整合性や応力集中の確認等
　　不要な構造（事例２：リムベントの腐食）
　　極端な応力集中が発生する構造（事例３：本来設計と異なる溶接）

５　デッキ部の漏洩

今回取り纏めたのはポンツーンへの漏洩事案だが、デッキにおいても雨水溜まりによるエマージェンシードレンからの逆流や、ルーフドレン配管の使用する部品の取り間違えによるデッキの損傷等の事案も発生しており、これらについても今後検討が必要である。

表1　浮き屋根漏洩事故の概要と自主点検状況

	許可容量	浮き屋根形式	直近の保安完前検査	開放時検査	工事後検査	漏洩箇所工事有無	漏洩を受けて実施した検査	漏洩発覚時期	漏洩量	漏洩概要	漏洩原因に対して有効な対策
1	9,610	シングルハイデッキ	平成24年3月	目視検査（ポンツーン内含む） 肉厚測定（原油タンクは全室） デッキ板は板毎3点測定	加圧漏れ試験 （溶接線補修や、一部板切り取り等の部分補修であれば、浸透探傷試験）	有	不明	平成29年7月	0.37KL	ポンツーン貫通附属品取付部溶接線から流出、ポンツーン下板×貫通部の溶接線一部未施だったことで、ポンツーンが液密になっていなかった。 設計図面では溶接指示あり。	ポンツーン全体に対しての加圧漏れ試験 （溶接線には石けん水を用いる）
2	9,900	シングルハイデッキ	平成26年11月	目視検査（ポンツーン内含む） 目視検査で腐食が認められた場合は肉厚測定 漏水・漏洩（油分の付着）が疑われてた場合には加圧漏れ試験を実施している。	加圧漏れ試験	不明	ポンツーン全室の目視点検、溶接線全線PT検査または真空試験を実施。	平成27年12月	3KL	リムベント配管腐食により貫通	不要な構造の見直し
3	40,978	シングルハイデッキ	平成27年10月	1、屋根板：目視及び、タンク毎の腐食状況により、超音波／磁気飽和渦流探傷法（SLOFECなど）による定点or連続肉厚測定。 2、ポンツーン：目視検査 目視検査により、漏えい有無の確認の必要のある溶接線には浸透液漏れ試験あるいは真空試験を実施	バキュームテスト又は浸透探傷試験	有	不明	平成28年6月	滞油	内リム×補ガセット接合部、内リム母材割れ ピン接合が溶接により剛接合となったため平成28年発見時コーキング等による応急措置を実施	過度な応力集中を起こす構造の見直し
4	997	シングルハイデッキ	—			不明	漏洩したポンツーンは石けん水を用いた加圧漏れ試験とバキューム試験（下板相互のみ）を実施。漏れは確認できなかった。 PT検査により溶接部に貫通孔が発見された。	平成28年5月	滲み	下板相互溶接線より滲み	ポンツーン全体に対しての加圧漏れ試験 （溶接線には石けん水を用いる） 溶接線に対する浸透液漏れ試験
5	27,326	シングルハイデッキ	平成24年2月			不明	不明	平成26年6月	滞油 （拭き取れる程度）	ポンツーン溶接部 原因は不明（溶接欠陥の顕在化と事業所は推定） ※開放検査これから	—
6	9,800	シングルハイデッキ	平成21年10月			不明	不明	平成29年8月	滲み	ポンツーン下板溶接線に滲み 原因は不明（溶接欠陥の顕在化と事業所は推定） ※開放検査これから	—
7	2,000	シングルハイデッキ	平成26年12月	目視検査（ポンツーン内含む）	ポンツーンの板を取り替えた場合は工事箇所に対して加圧漏れ試験を実施。 漏洩事故との関連は不明。但し定期開放点検等に「所内事故の水平展開検査」の記載有り。	有	全室浸透液漏れ試験を実施 （接液部のみ）	平成28年10月	0.16KL	スラグ巻き込み等溶接欠陥により下板×内リム、下板×外リム、下板相互溶接線より漏洩	ポンツーン全体に対しての加圧漏れ試験 （溶接線には石けん水を用いる） 溶接線に対する浸透液漏れ試験
8	108,000	シングルローデッキ	平成26年4月			無	不明	平成29年10月	満液	ポンツーン下板母材腐食により貫通、漏洩	詳細な目視検査
9	108,000	シングルハイデッキ	平成28年8月			無	漏れたポンツーンは浸透液漏れ試験を実施（接液部のみ） 全室加圧漏れ試験を実施（上板×リム板、上板相互は除く）	平成30年6月	21.5KL （1室満液） 4.3KL （1室滞油）	下板×円周リング端部母材割れ （内圧変化による割れ） 下板相互溶接線初期欠陥	ポンツーン全体に対しての加圧漏れ試験 （溶接線には石けん水を用いる） 溶接線に対する浸透液漏れ試験 溶接線に対するPT、MT 過度な応力集中を起こす構造の見直し

資料２－５
（資料ＷＧ２－６）

平成 31 年２月 27 日
危険物保安技術協会

浮き屋根の安全対策について

浮き屋根のデッキ上への貯蔵危険物流出は、ルーフドレンを通じてタンク外に流出されるおそれがあること、また、ポンツーン内への貯蔵危険物流出は、浮き屋根を沈下させるおそれがあることから、こうした事態を未然に防ぐための取り組みは極めて重要であるとともに、万が一このような状況が発生した場合には、適切な対応が求められるのは言うまでもない。今後、浮き屋根の維持管理を適切に行うためにどのような対応をすればよいか検討する。

１　タンク開放時に実施する点検等

一定の指定数量の倍数以上の屋外タンク貯蔵所にあっては、年に１回以上の定期点検の実施が法令で義務付けられているが、タンク供用中にあっては安全面の観点から効果的な点検の実施が難しい。従って、タンクを開放したときに浮き屋根の詳細な点検を実施することが必要になると考える。

（１）点検の対象部位

特定屋外タンク貯蔵所の浮き屋根（シングルデッキ、ダブルデッキ）

（２）点検の内容

ア　目視検査

・デッキ板の溶接線及び板の腐食等の状況について、デッキ板上から目視検査を実施

・ポンツーン内の溶接線及び板の腐食の状況について、目視検査を実施

イ　加圧漏れ試験

・全てのポンツーン室に対して加圧漏れ試験を実施

・溶接線全線に石鹸水を適用し、漏れがないことを確認する

・加圧漏れ試験により漏れが確認された場合は、当該ポンツーン室に対してさらに詳細な点検（MT、PT、浸透液漏れ試験等）を実施して漏れの箇所を特定

ウ　板厚試験

・ポンツーン底板に対して、板厚試験を実施

（３）不具合箇所の対応

・不具合箇所に対しては恒久的な溶接補修の実施が必要

ア　デッキ板に係る溶接補修

変更申請→漏れ試験（従来どおり）

イ　ポンツーンに係る溶接補修

本体変更申請→加圧漏れ試験（溶接補修部に石鹸水を適用）

（４）不要な設備や過度に応力が集中する構造の確認等

上記（２）で示した点検内容の他、ポンツーン内への流出事故を引き起こすリスクが高い不要な設備又は過度に応力が集中する構造について確認する必要がある。これらの設備又は構造が確認された場合は、当該設備の撤去及び当該構造の見直しを検討することが望ましい。

２　供用中に発生した浮き屋根上への流出事故の対応

万が一、供用中に浮き屋根上への危険物流出事故が発生した場合は、流出の状況に応じた適切な対応が必要になると考える。

（１）恒久的な溶接補修による対応

ポンツーン内に、喫水線を超えるようなレベルまで危険物が流出しているような場合は、他のポンツーンにおいても同様の事案が起きる蓋然性が高く、それに伴って浮き屋根が沈下するリスクが高いと考えられることから、速やかにタンクを開放し、恒久的な溶接補修の実施が必要であると考える。他にも、引火点の低い危険物を貯蔵している場合等、重大な事故を引き起こすリスクが高いと考えられるものについても恒久的な溶接補修の実施が必要と考える（恒久的な溶接補修による対応が必要となる具体的な例については引き続き検討が必要)。

（２）応急措置による対応

タンク開放時に浮き屋根の詳細点検を実施したもののうち、上記（１）に該当せず、ただちに浮き屋根の沈下につながるような危険物の流出事故ではないと判断されたものについては、溶接補修によらない応急措置を速やかに講じるとともに、次回開放までの間、当該箇所から再び危険物の流出がないことを適切な頻度で確認すること（例えば、この頻度については通常の点検頻度の 2 倍程度とするほか、地震、強風等で浮き屋根に外力が作用した場合についても当該箇所の状況について確認すること）により、引き続きタンクの使用を可能とする。

また、継続使用を認める場合にあっては、当該漏洩箇所以外の部分の健全性が担保できることが必要と考えられる。このため、平時のタンク開放時において、上記のような浮き屋根の点検等が確実に行われている必要があり、その実施状況等を客観的に確認することができること（第三者により確認されている等）が望ましいと考える。

＜応急措置による対応が可能な例＞

・流出した危険物の回収が容易であり、かつ、応急措置を講じることで危険物の流出が継続的に止まる場合

資料３－１

モニタリング技術・診断技術に関する調査の概要

1　平成 29 年度長期使用に係る調査検討業務の概要

平成 29 年にインフラ施設の維持管理に関し、既に利用されているモニタリング技術・診断技術や、研究が進められている内容について、幅広く調査をした結果を示す。

（1）ヒアリング調査

非破壊検査を実施している企業は多数存在するが、その中で幅広く検査を実施している企業と特異な診断技術を有する企業から、危険物施設のモニタリング・診断に適応可能性がある技術を９件聴取した。

聴取結果を表１に示す。

表１　非破壊検査企業から聴取したモニタリング技術・診断技術

対象場所	技術名	技術の概要	検出原理
配管	インナースルー	斜角の超音波探触子二つ(ツインセンサー）を軸方向に走査して減肉部を特定し､その場所は周方向に垂直探傷して肉厚測定する。	超音波
	ラックスルー	配管と梁の接触部の腐食をツインセンサーで診断し、腐食深さを推定する。	超音波
	NIPS　*1	レーザーフィルムデジタイザーによる画像処理で保温材を外さずに配管の内面・外面腐食を測定する。	ガンマ線
	CUI-View Ⅱ *2	エネルギー弁別型の CdTe 素子ラインセンサを用いて配管の減肉を定量的に測定する。	エックス線、ガンマ線
	フェーズドアレイ超音波探傷	複数の振動子を有した探触子を用いて複数の屈折角で一度にスキャンすることで溶接部のクラック、キズの深さ、ボルトの腐食等を測定する。	超音波（原子力技術の応用）
	電位差法	防油堤貫通配管の外面腐食を測定する。貫通部前後の電位差と健全部の電位差との変化率から腐食程度を診断する。	直流パルス電流
タンク底板	FSM 法(指紋照合法) *3 EPD 法（電位差法）*4	タンクの犬走り部又は側板下部に格子状にセンシングピンとカレントピンを取り付け、電流を 2 方向から流してそれぞれの電位差を測定し､電位差変化率から底板の肉厚分布を得る。	直流パルス電流（運転中タンク外部から検査）

対象場所	技術名	技術の概要	検出原理
	タンク底板連続板厚測定装置	多数の超音波厚さ計を組み込んだ測定器で 30～40cm 幅でタンク底板の厚さを測定する。2～5mm ピッチで肉厚測定が可能。	超音波（タンク開放時に検査）
その他	ATOM *5	熱交換器チューブの外面腐食を超音波で測定する。	超音波

*1　NIPS：Nippi Image Processing system（ガンマ線による検査法）

*2　CUI-View Ⅱ：Corrosion Under Insulation-ViewⅡ（保温下腐食検査法）

*3　FSM 法：Field Signature Method（指紋照合法）

*4　EPD 法：Electro Potential Drop（電位差法）

*5　ATOM：Automatic Tube Outside Mapping system

（２）文献調査

原子力施設、高圧ガス施設、電力施設、都市ガス施設、土木関連施設、化学プラント施設、その他共通的施設で利用されている技術の中から危険物施設のモニタリング・診断に適応可能性がある技術を 11 件抽出した（調査結果は資料３－２別表１参照）。

（３）社会インフラの老朽化対策技術調査

国の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）において、「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の開発技術チームが研究開発しているテーマの中で、危険物施設の維持管理等にも適応可能と考えられるテーマを 10 件抽出した（調査結果は資料３－２別表２参照）。

（４）モニタリング技術に関する海外事例調査

国土交通省の「社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会」で報告されている海外のモニタリング技術から危険物施設に適応可能性のある技術を４件抽出した（調査結果は資料３－２別表３参照）。

２　平成 30 年度長期使用に係る調査分析業務の概要

（１）平成 30 年度長期使用に係る調査分析業務の概要

平成 30 年度の調査では、モニタリング技術・診断技術について、平成 29 年度に調査した技術や研究内容、他省庁等で過去に調査した内容等を参考に、危険物施設のモニタリングや診断に適用可能性があるものに絞って調査を行った。

（２）調査対象モニタリング技術・診断技術

ア　事業所で導入又は導入を検討しているモニタリング技術・診断技術

イ　検査会社、エンジニアリング会社、メンテナンス会社で取り扱っているモニタリング技術・診断技術

（3）調査方法

ア　事業所

資料１－４　１（１）イで調査対象とした事業所に対して、ヒアリング又はアンケートによる調査を実施した。

イ　検査会社、エンジニアリング会社、メンテナンス会社

それぞれの関係業界団体（一般社団法人日本非破壊検査工業会、一般財団法人エンジニアリング協会、日本メンテナンス工業会）の協力を得て、団体で策定しているガイドライン等の調査や、それぞれの会員企業に対するアンケート調査（参考資料５参照）を実施した。

（4）主な調査内容

ア　事業所

・導入しているモニタリング技術・診断技術
（技術名・概要、対象部位、導入効果、課題等）

・導入を検討しているモニタリング・診断技術
（技術名・概要、対象部位、導入を検討している理由、導入に向けての課題等）

イ　検査会社、エンジニアリング会社、メンテナンス会社

・業界団体で策定されているガイドライン等

・会員企業で取り扱っているモニタリング技術・診断技術
（技術名・概要、対象部位、実績、効果、普及の課題等）

3　事業所に対する調査結果

12 事業所に対して実施したヒアリング・アンケート調査の結果を示す。

（1）導入している又は導入を検討しているモニタリング技術・診断技術

各事業所で導入している又は導入を検討しているモニタリング技術・診断技術を、表２（詳細は資料３－３別表１参照）に示す。

９事業所から 55 種類（重複あり）のモニタリング技術・診断技術が挙げられた。

表２　事業所において導入している又は導入を検討しているモニタリング技術・診断技術

事業所	モニタリング技術・診断技術名	適用箇所
A 石油製品 製造業	ガイド波（超音波探傷）	ラックの保温配管
	パルス超音波（リアルタイム腐食モニタリング）	触媒移送配管
	赤外線サーモグラフィー	機器内部のライニング（断熱材） 加熱炉バーナー
	X線透視画像検査（携帯型デジタルX線検査システム）	保温配管（小口径ノズルなど）
	振動計	コンプレッサー
	ポールカメラ	ラックの配管と架台梁接触部
	機器の異常予兆を発見するための渦流探傷技術【導入検討】	保温配管（形状が不連続）
	ドローン【導入検討】	煙突、フレアスタック、塔頂の保温配管、ウィンドガーダー、地震直後の浮き屋根の被災状況
B 石油製品 製造業	磁気飽和低周波渦流探傷（SLOFEC）	タンクの屋根板、底板、ボイラー水壁管
	パルス渦流探傷	塔頂配管、球形タンク耐火被覆
	フェーズドアレイ超音波探傷	配管、機器全般
	赤外線サーモグラフィー	コールドウォール機器、加熱炉チューブ
	インテリジェントピグ	加熱炉チューブ
	3Dレーザースキャン	配管、塔槽
	炭化水素可視モニター	事故時の漏えい箇所の特定、装置のシャットダウン前とスタートアップ後の漏れ確認
	スマートバルブ・HART通信	バルブ
	ドローン【導入検討】	アクセス困難な箇所
	オンライン肉厚測定（超音波） 【導入検討】	配管
C 化学工業	赤外線サーモグラフィー	変圧器、制御盤、保温配管
	振動計	大型ボイラー
	ポールカメラ	ラック配管
	配管と架台の接触部の腐食診断（ラックスルー）	ラックの配管と架台梁接触部
	スマートバルブ（調節弁診断システム）	バルブ
	AE（アコースティック・エミッション）	回転機器の軸受部

D 化学工業	ラテラル波（ラックスキャン）	大口径管のサポート接触部、防液堤貫通部
	ガイド波（ロングレンジガイド波）	保温配管
	パルス過流探傷（PEC）	塔内部
	超音波連続板厚測定（CBMS）	塔内部
	3次元測定器（ハンディスキャン）	回転機器
	赤外線サーモグラフィー	保温配管、分電盤
	リアルタイムRT（オープンビジョン）【導入検討】	保温配管
	インテリジェントピグ【導入検討】	配管、加熱炉管
	ドローン【導入検討】	倉庫の屋根板、煙突、ラック上部の保温板金
E 化学工業	ガイド波	保温配管
	CUI予測モデル	保温配管
	配管における連続肉厚測定装置（L－MAP）	配管
	超音波フェイズドアレイ法による劣化評価	溶接部
	データ解析による劣化評価	加熱炉輻射管
	ポールカメラ	ラックの配管と架台梁接触部
	炭素鋼製熱交換チューブの肉厚測定（FTECT）	炭素鋼製熱交換チューブ
	超音波を利用した配管架台梁接触部の腐食検査（MS－UT）	ラックの配管と架台梁接触部
	ロボットを用いた屋外タンクの目視点検	屋外タンク
	3Dレーザー計測による劣化評価	屋外タンク
	振動計	回転機器
	デジタルRT【導入検討】	保温配管
J 化学工業	中性子水分計【導入検討】	保温配管
	赤外線サーモグラフィー【導入検討】	保温配管
F 電気業	ドローン	煙道ダクト、ケーブルダクト
	ウェアラブルカメラ	施設全般
	リークデクタ	配管
	赤外線サーモグラフィー	保温配管（蒸気）
	監視カメラ	施設全般
G	磁気飽和低周波渦流探傷（SLOFEC）	屋外タンク底板、移送配管下部

倉庫業	保温材付き配管(大口径)の外面腐食点検【導入検討】	保温材付き配管(大口径)
H 鉄鋼業	赤外線サーモグラフィー	ベルトコンベアのモーター

備考　グレー部分は、導入を検討しているモニタリング技術・診断技術を示す。

4　関係業界団体に対する調査結果

危険物施設の維持管理に関係する業界団体である一般社団法人日本非破壊検査工業会、一般財団法人エンジニアリング協会、日本メンテナンス工業会に対して調査を行った。

（1）一般社団法人日本非破壊検査工業会

会員企業に対して実施したアンケート調査の結果を表３（詳細は資料３－３別表２参照）に示す。

10 社から 29 種類のモニタリング技術・診断技術が挙げられた。

表３　日本非破壊検査工業会の会員企業で取り扱っているモニタリング技術・診断技術

社名	モニタリング技術・診断技術名	対象施設	対象部位
a 社	TOFD法による探傷技術	円筒タンク、球形タンク、配管(小径管～特大口径管)、橋梁	溶接継手
	V透過法による配管架台接触部減肉調査(Rack UT)	配管(中口径)	架台接触部、サポート治具、補強板等の取付け部
	ガイド波配管検査システム	保温材付配管(小口径管～特大口径管)	直管部
	コンピューターラジオグラフィ(CR)による配管腐食減肉調査方法	配管(小口径～特大口径)	配管全長(抜取り検査)
	コンピューターラジオグラフィ(CR)による溶接継手部の検査方法	溶接構造物、円筒タンク、配管(小口径～特大口径)	溶接継手
	フェーズドアレイによる探傷技術	溶接構造物、鍛造品、鋳造品	溶接継手、応力集中部等
	マルチチャンネル連続厚さ測定システム(ワイドスキャン)	円筒タンク、球形タンク、配管(小口径～特大口径)	溶接継手部を除く全面
	煙突筒身肉厚測定システム(M-Master)	円筒タンク、球形タンク等の鋼製構造物	溶接継手部を除く全面(抜取り検査)

	外面腐食測定システム(P-Master)	円筒タンク、球形タンク、配管(大口径)等の鋼構造物	溶接継手部を除く全面
	管内検査システム(エルボマスター)	配管(小口径管～中口径管)	管内面
	鋼溶接部超音波自動探傷装置(U-Master)	円筒タンク、球形タンク、配管(中口径管、大口径管、特大口径管)、橋梁　等の鋼製構造物	溶接継手
	高速タンク底板全面測定システム(B-Map)	円筒タンク	底板、アニュラ板
	中性子水分計による配管検査	保温材付配管	配管全長(抜取り検査)
	内挿式超音波検査システム(インナーUT)	熱交換器の伝熱細管	直管部
	熱交換器伝熱細管 U ベンド部対応 UT センサ(U-MAT)	熱交換器の伝熱細管	U ベンド部
	配管内面閉塞率測定システム(ブロックチェッカー)	配管(小口径管、中口径管)	配管全長(抜取り検査)
	複数ベント配管 IUT システム	複数のベンド部がある配管	配管全長
	埋設配管 IUT システム	埋設配管	配管全長
	連続腐食測定システム(サーキットスキャン)	円筒タンク、球形タンク、配管などの鋼構造物	溶接継手部を除く全面(抜取り検査)
b 社	ラインスキャナ	石油プラント、石油貯蔵施設、石油化学プラント、化学プラント	配管(保温有・無しの両方)、タンク側板
c 社	コンクリート地際等での鋼板腐食部の残存肉厚測定	コンクリート基礎、柱	地際部分からコンクリート内部での鋼板残存肉厚
d 社	連続板厚測定(G-RIS)	屋外貯蔵タンク全般	タンク側板
	連続板厚測定(T-RIS-1)	屋外貯蔵タンク全般	タンク底板
	フレキアレイ	各種プラント全般	配管、塔槽、熱交等の曲面形状部
e 社	AE 法による石油タンク底部の腐食評価技術	地上石油タンク	底部(底板+アニュラープレート)
f 社	タンク底板連続板厚測定 IMZ-8000 (SLOFEC)	タンク	タンク底板、タンク側板、配管
g 社	フェーズドアレイ超音波探傷	エネルギーセンター(ごみ処理施設)	コンベアプーリー軸

h 社	微加圧式漏洩検査	地下貯蔵タンク(5 基)	地下タンク・地下(埋設)配管一式
i 社	X 線透過撮影検査、超音波探傷検査、磁粉探傷検査、浸透探傷検査、真空漏えい検査、目視検査	屋外貯油施設、高圧ガス施設など	タンク本体と付属配管など

（2）一般財団法人エンジニアリング協会

ア　協会策定のガイドライン（参考資料６参照）

日本における石油精製、石油化学プラントの保温材下配管外面腐食（CUI）の早期発見・予防・維持管理を行う民間の自主的な管理指針として、漏洩事故を未然に防止することを目的に、「石油精製業及び石油化学工業における保温材下配管外面腐食（CUI）に関する維持管理ガイドライン」（平成 24 年２月）を策定している。

当該ガイドラインの中で紹介されている技術を表４に示す。

表４　非破壊検査技術の種類と特徴及び使用推奨箇所（例）と留意点

「石油精製業及び石油化学工業における保温材下配管外面腐食（CUI）に関する維持管理ガイドライン」（平成 24 年 2 月）より

表 5.2　非破壊検査技術の種類と特徴および使用推奨箇所(例)と留意点(その1)

NDT	技術分類	特徴	使用を推奨するケース・場所	使用上の留意点
ガイド波超音波検査法	圧電素子（旧世代）	・数10m(条件がよければ片側80m)の配管長を一度に検査でき、長さ方向の位置を予測可能。 ・足場不要にできる場合がある。 ・検査時間が短い。 ・検査できる配管径の範囲が広い（4から48B)。	・高所の配管を足場架設なしに、地上から検査したい。 ・長距離配管を能率よくスクリーニングしたい。 ・埋設部をそのまま検査したい。（距離は短くなる）	・構造変化部の先の検査は困難。（エルボ1個までは可能） ・センサセットに約300mm保温材を外す。 ・隣接配管間隔75mmが必要。 ・欠陥断面積が小さいものは検出できない。（断面欠損率で10%程度まで） ・あばた状全面腐食や割れの検出には適さない
	圧電素子（新世代：フォーカス機能等を備えた機種、解説5参照）	・同上 ・旧世代よりも長距離が検査可能 ・円周方向の欠陥位置が推定可能 ・最小欠陥検出能が向上し見落としが減少（断面欠損率で3%程度） ・配管展開図表示機能の追加、客観評価が容易	・基本的に同上	・基本的に同上
	磁歪式	・圧電素子(旧世代)と同様 ・隣接配管との間隔が狭くても良い	・圧電素子(旧世代)と同様 ・センサを残置し経時変化を求める	・圧電素子(旧世代)と同様（配管間隔は狭くても可）
近距離ガイド波超音波法	EMAT(直流磁化)＋SH波	・目視で検査不能な欠陥を検出可能 ・センサは接触媒質不要	・狭隘で目視検査困難な架台等との接触部を詳細に検査したい場合	・センサを接触させるため保温材剥離が必要 ・検査範囲は1-2m程度
	圧電素子+SH波	・目視で検査不能な欠陥を検出可能	・基本的に同上	・基本的に同上
	圧電素子+レイリー波	・基本的に同上	・基本的に同上	・基本的に同上 ・塗装や表面凹凸の影響受ける ・検査範囲は400mm程度

表 5.3 非破壊検査技術の種類と特徴および使用推奨箇所(例)と留意点(その2)

NDT	技術分類	特徴	使用を推奨するケース・場所	使用上の留意点
パルス渦流磁気検査法	従来型	・保温材カバー外面からの非接触検査可能 ・欠陥サイズを層別評価(メッシュ表示) ・放射線のような管理が不要	・ある程度絞込まれた箇所周辺の粗い損傷評価を行い、更に範囲を絞込む場合 ・保温材が比較的薄く、配管径が大きい、大面積損傷に適す	・スチームトレースや配管サポート、配管間隔小などは制約となる ・能率が悪い ・亜鉛鉄板カバーには不適 ・10B以下の中小径管には適さない
	亜鉛鉄板対応型	・基本的に同上 ・亜鉛鉄板外面から検出能力が向上	・基本的に同上	・基本的に同上（亜鉛鉄板カバーには対応）
デジタル放射線法	イメージングプレート記録	・保温材剥離せずに肉厚測定可能 ・剥離検査に近い検査精度(0.1mm程度) ・内外面の両方の減肉評価が可能 ・フィルム方式に対して記録、解析処理が向上	・対象部位の保温材を剥離せずに損傷評価をしたい場合 ・複雑な分岐がある配管の詳細な検査の場合	・2本並列配管では4重壁となり精度が低下する ・放射線の届出、管理区域等の管理が必要 ・局所的な情報しか与えない ・照射方向によっては見逃しの可能性あり ・中小径管に限られる
リアルタイム放射線	自立またはレール移動型	・マッピング表示可能 ・配管全体の欠陥をスキャンできる	・スクリーニング検査で直管の欠陥分布図を得たい場合	・デジタル放射線より精度低い ・放射線の届出、管理区域等の管理が必要 ・レールの設置が必要 ・機器走行に支障ない直管に限られる
	小型パルスX線	・小型軽量/電池駆動でスポット的な検査に適する	・複雑小径配管のバルブ、ノズル、ゲージ等のスポット的検査用	・放射線の届出、管理区域等の管理が必要 ・接線陰影法のため角度により見逃の可能性あり
	線量計プロフィール型	・小型軽量で管軸/円周方向に手動走査が可能 ・透過線量計測法のため、定量的に肉厚変化を捉えられる	・簡易に小径管の内外面の損傷評価をしたい場合 ・小範囲を連続的にスクリーニングしたい場合	・欧米で使用実績多いが、日本で実績ほとんどない ・放射線の届出、管理区域等の管理が必要

イ　会員企業に対するアンケート調査結果

会員企業に対して実施したアンケート調査の結果を表５（詳細は資料３－３別表３参照）に示す。

３社から４種類のモニタリング技術・診断技術が挙げられた。

表５　エンジニアリング協会の会員企業で取り扱っているモニタリング技術・診断技術

会社名	モニタリング技術・診断技術名	対象施設	対象部位
j 社	オンラインピグ	ガス導管	導管の肉厚測定
	レーザーメタン mini	構内配管	配管
k 社	Dr. PLANT（予測型設備管理）	石油精製・化学工場	圧力容器・配管から電気・計装品までの評価技術
l 社	WES 2820 圧力設備の供用適性評価方法−減肉方法	（WES2820 より） 1 適用範囲 この規格は、一般に認められた設計・構造規格によって製作された圧力設備の耐圧部に適用する。減肉評価の対象は、次の a)～d)によって生じるきず又は損傷とする。 a) 腐食 b) 摩耗 c) エロージョン・コロージョン d) 検査によって発見されたきず又は損傷をグラインダなどを用いて滑らかにしたもの	

（３）日本メンテナンス工業会

ア　工業会で取りまとめた報告書（参考資料７参照）

工業会の技術研究委員会で、設備トラブル要因の早期発見やシステム化による作業効率改善、人的保有技術の共有化や継承について最新技術の調査研究を行い、「最近の保全技術情報調査報告書」（2017 年３月）を取りまとめている。

当該報告書の中で、断熱材下配管の腐食のスクリーニング検査技術として紹介されている技術を表６に示す。

表６　各スクリーニング検査技術の一覧表

「最近の保全技術情報調査報告書」（2017 年 3 月）より

表 1.1 各スクリーニング検査技術の一覧表

スクリーニング検査技術	測定原理・対象	特徴・利点	留意点
中性子水分計	・中性子後方散乱を利用し、断熱材中の水分量を予測する手法 ・腐食潜在箇所の推定に利用	・簡便に実施出来る ・検査速度が速く、数mの高さまで地上から検査可能 ・運転中の検査が可能	・水分量と腐食量に直接的な相関がなく、他の手法と組み合わせて評価する必要あり ・約5m以上（ポールの長さ以上）は足場が必要 ・天候により結果が左右される場合がある
赤外線サーモグラフィ	・外表面の温度を測定し、断熱材の劣化部を検出する手法 ・腐食潜在箇所の推定に利用	・短時間に広範囲の測定が出来る ・防爆タイプの測定器もあり、常時監視も可能 ・運転中の検査が可能	・断熱材劣化部と腐食量に直接的な相関がなく、他の手法と組み合わせて評価する必要あり ・天候により結果が左右される場合がある
ガイド波	・配管全体を伝搬するガイド波を用い、長距離を検査する手法	・条件により、一度に数十mの検査が可能 ・運転中の検査が可能（一部断熱材の解体要） ・フォーカス機能により局部的であるかどうかの評価や周方向位置の特定も可能になって来ている	・センサ取付部の断熱材解体が必要 ・構造変化部のほか、防食テープ施工部，固着スケール等により探傷出来ない場合もある ・局部的な減肉に対し過小評価の恐れがある
パルスＥＴ	・金属表面にパルス状の渦電流を発生させ減衰時間変化を測定し、減肉を推定する手法	・比較的簡便に実施可能 ・運転中の検査が可能 ・塔槽スカート耐火被覆下の腐食減肉推定に利用される事が多い ・運転中の検査が可能	・断熱材が厚くなるとセンサ径を大きくする必要があり、精度が落ちる ・外装板が亜鉛鉄板の場合は、小さな減肉を捉える事が難しく、配管CUIへの適用が困難 ・耐火被覆内の鉄筋，金網などの影響も受ける ・相対評価のため全面均一減肉の検出は困難 ・局部的な減肉に対し過小評価の恐れがある
FSM-IT	・直流パルス電流を印加して電位差を測定し、断面積減少による抵抗値変化を捉え、腐食量を推定する手法	・防油堤や埋設管などでも利用される場合が多い ・運転中の検査が可能（電流による危険性はない） ・割れの評価，モニタリングも可能	・センサ取付部の断熱材解体が必要 ・局部的な減肉に対し過小評価の恐れがある
放射線	X線やガンマ線を利用して検査する手法 <u>ハンディタイプ</u> ・小型可搬式の線源を用いて画像取得、もしくは断面プロファイルを取得し、肉厚を計測する手法 <u>自走式センサータイプ</u> ・線源およびセンサを自走メカに組み込み、配管上を走行して連続的に撮影、濃度差を利用して残肉厚を推定する手法	定量評価が可能で、詳細検査に近い結果も得られるものもある <u>ハンディタイプ</u> ・小型軽量で定量評価が可能 ・運転中の検査が可能 <u>自走式センサータイプ</u> ・マッピング表示可能 ・運転中の検査が可能 ・水分や錆こぶがあっても評価出来つつある	放射線の届出や管理区域の設定が必要 <u>ハンディタイプ</u> ・小口径のみ適用可能 ・方向を変えて複数回測定する必要がある ・一度に測定出来る範囲が限定的 <u>自走式センサタイプ</u> ・現状、直管部のみ適用可 ・センサ幅が限られるため、周方向のデータを得るためには複数回測定する必要がある ・検査速度の向上が望まれる

イ　会員企業に対するアンケート調査結果

会員企業に対して実施したアンケート調査の結果を表７（詳細は資料３－３別表４参照）に示す。

４社から４種類のモニタリング技術・診断技術が挙げられた。

表７　日本メンテナンス工業会の会員企業で取り扱っているモニタリング技術・診断技術

会社名	モニタリング技術･診断技術名	対象施設	対象部位
m 社	ドローンをツールとした点検	タンク、高所設備	屋根板、側板、高所配管、煙突、フレアースタック
n 社	ESCC 検出を目的とした渦流アレイ(ECA)検査	石油精製設備、化学設備	配管(オーステナイト系ステンレス鋼)
o 社	U スルーUT 検査システム	蒸気ボイラ、他熱交換器	ボイラチューブ
p 社	3D レーザースキャン技術を用いた腐食の可視化	機器、タンク、配管	機器内外面･タンク内外面･配管外面

５　今後の課題

48 号通知の定期点検記録表に記載されている点検方法は、ほぼ目視となっている。

現状の定期点検では、点検者が、視覚、聴覚、触覚などの五感とこれまでの現場経験に基づき実施しているところであるが、五感や経験に頼った点検は人に依存する部分が強く、個人差が大きい。

設備等の長期使用に伴う事故リスクの高まりや、ベテランの減少などの背景から、設備等の状態を定量的に把握し、適切な処置へつなげるためのモニタリング技術・診断技術が求められている。

調査結果のとおり、各事業所においては、人による目視点検を補完する形で、様々なモニタリング技術・診断技術の導入を図っているところであり、今後は、危険物施設で発生している事故原因に対して効果的なモニタリング技術・診断技術を整理し、導入を推進していくことで危険物施設での事故数の減少が図れると考えられる。

また、モニタリング技術・診断技術の導入を推進するためには、定期点検記録表にモニタリング技術・診断技術を紐付けることが効果的である。

資料３－２

平成 29 年度モニタリング技術・診断技術に関する調査の詳細

危険物施設以外設備のモニタリング、診断技術調査結果 （文献調査）　　別表１

診断技術名	略号	概要	適用例
アコースティック・エミッション	AET	材料が変形や亀裂発生したときに生ずる弾性波（アコースティック・エミッション）から、腐食、亀裂、漏洩などを検出する。	タンク底板、 配管、容器、 変圧器、回転機械
磁気飽和低周波渦流探傷（SLOFEC）	ET	測定対象物をあらかじめ直流磁化することにより渦電流試験で精度良く板厚を測定する。	
パルス渦流探傷	ET	試験体に渦電流を発生させて、欠陥部における渦電流の乱れをインピーダンス変化として検出	
ガイド波	UT	長距離電波性の超音波を用いて計測位置から数十メートルの検査が可能	橋梁添架配管 橋脚貫通配管 配管サポート部 埋設配管
フェーズドアレイ超音波探傷	UT	多数の振動子（圧電素子）個々の振動子が超音波を送受信するタイミングを独立に制御し、合成された超音波波面を形成することにより超音波ビームの制御を行う。狭隘部への適用や、火力発電所ボイラー大径管に発生するクリープ損傷箇所の特定に有効	配管溶接部内部 火力発電所のボイラー大径管 狭隘部の腐食 構造物の内部
高精度減肉連続監視システム	UT	1,200℃に耐える探触子で高温配管、高温構造物の減肉を測定する	原子力で利用

診断技術名	略号	概要	適用例
赤外線サーモグラフィ		対象物から出ている赤外線放射エネルギーを非接触で測定し、表面温度の差（ホットスポット）から劣化部位を検出	配管の減肉、孔食の有無 構造物全般
リアルタイム RT	RT	放射線を配管に照射し、内部の状態を背面に置いたフラットパネルで撮影し、画像の濃淡で内部のキズや形状を検査する	原子力で利用 保温配管
カラーシンチレーター	RT	X 線内部透視装置により保温材の上から減肉を検査	原子力で利用 保温配管
中性子水分計＋X 線ハイブリッド腐食診断システム		保温材の水分を測定し、湿潤場所について X 線で減肉を測定する。測定装置をロボットに搭載して検査	保温配管
電気化学ノイズモニタリング法	ENA	電極表面での微小な酸化還元反応を、精密な電圧と電流測定により腐食現象とノイズ形態の対応付けを行うことにより、ミクロンオーダーの測定ができる	原子力で利用 構造物全般

AET ：Acoustic Emission Testing

ET ：Eddy Current Testing

UT ：Ultrasonic Testing

RT ：Radiographic Testing

ENA ：Electrochemical Noise Analysis

「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」　SIP 関連　　別表２

研究テーマ	診断技術
１異分野融合によるイノベーティブメンテナンス技術の開発	①可搬型高出力 X 線源を用いた透過可視化技術 ②部分 CT 技術
２レーザー超音波可視化探傷技術を利用した鋼橋の劣化診断技術の開発	①高速レーザー走査して超音波の電波映像を計測する技術 ②遠隔計測を可能とするレーザー工学系機器 ③コンパクト軽量なレーザー超音波可視化検査装置 ④計測映像の乱れを解析して、亀裂の位置とサイズを検出する画像解析法
３インフラ劣化評価と保全計画のための高感度磁気非破壊検査	①磁気抵抗素子(MR)を用いたポータブル検査装置を開発し、 ・極低周波渦電流検査法（ELECT） ・不飽和交流磁束漏えい法（USAC） を確立 ②酸化物高温超伝導体を用いた超電導量子干渉素子（SQUID）磁気センサーを用いて、舗装の上から高速道路や橋梁の鋼床板溶接部の亀裂を検出する技術を確立中
４インフラモニタリングのための振動可視化レーダーの開発	①マイクロ波レーダー信号を対象物から反射した信号をデータ処理して構造体を画像化し、各部の振動を解析して健全性をモニタリングする ②数百メートル離れた地点から微弱なマイクロ波を照射することで測定できる
５ラジコンボートを用いた港湾構造物の点検・診断システムの研究開発	①小型のラジコンボートに動揺抑制装置付撮影カメラで桟橋上部工下面部を撮影 ②画像解析より劣化診断するシステムを開発 ③実証試験で有効性を確認
６橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生	コンクリート橋の支承部や桁端部等、人が容易に近づけない部位の、損傷状況の経年変化データを取得する定期監視型モニタリングシステム ①ロボットカメラ、雲台付き点検カメラ、レーザースキャナの画像をフルハイビジョンで表示 ②機器相互は位置情報連動の補完機能で、前回撮影と同条件で撮影

研究テーマ	診断技術
	③時系列変化を可視化
7 画像解析技術を用いた遠方からの床板ひび割れ定量化システムの構築	・無人飛行機あるいはポールに搭載したデジタルカメラで撮影した画像からひび割れ図を作成 ・ひび割れが遊離石灰で覆われても、内側のひび割れを定量的に算定する ・タブレットを使って測定現場で診断できる
8 IT 等を活用した社会資本の維持管理（点検・診断）	新技術情報提供システム（NETIS）での公募に応募した技術開発を国交省が推進、支援する ・公募テーマ「目視困難な水中部にある鋼構造物の腐食や損傷等を非破壊で検出可能な技術」
9 構造物の状態を高度可視化するハイブリット応力発光材料の研究開発	・構造物の劣化（ひずみ、ひび割れ）を検出・可視化する高感度応力発光材料を開発 ・塗装の上から応力発光法（ML 法）で構造体の溶接部等の微小亀裂、劣化を検出可能
10 鋼構造物の腐食による劣化損傷の新溶射材による補修技術の研究開発	・防食耐久性に優れた金属溶射合金（Al-Mg-Ca）を開発 ・狭隘部の金属溶射に適したプラズマアーク溶射技術を確立

モニタリング技術海外事例　　別表３

測定場所	事例名	実施国
埋設管	光ファイバを使った温度モニタリングによるパイプラインの漏出検出	ドイツ
水道管路	水道インフラ災害を予防及び緩和するための次世代SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition）*1	アメリカ
橋梁	電子疲労センサ（EFS™）*2 を利用した疲労亀裂のモニタリング	オーストラリア
港湾	RTD Incotest *3 による非接触型の鋼部材の肉厚計測	オランダ

*1 SCADA　水道、排水、下水処理、石油やガスのパイプライン、送電網、大規模通信システムなどのインフラのデータを収集し、監視制御するシステム

*2 EFS　Electrochemical Fatigue Sensor 鋼構造物の微細な疲労亀裂の進展をモニタリングするためのセンサ

*3 RTD Incotest　パルス渦流技術（PEC）を応用した先端スクリーニング技術で、保温・被覆材、コーティングされた炭素鋼対象物の肉厚現象を高速で検査できる。耐火被覆、コンクリート、海洋性生物、錆、泥等が表面に存在しても問題なく検査が可能。

資料３－３

平成30年度モニタリング技術・診断技術に対する調査結果表

調査対象		別表№.
事業所		**別表１**
関係業界団体	一般社団法人日本非破壊検査工業会	**別表２**
	一般財団法人エンジニアリング協会	**別表３**
	日本メンテナンス工業会	**別表４**

別表1

事業所で導入している、または、導入を検討しているモニタリング技術・診断技術等

（課題等は斜字で表示）

事業所名	モニタリング技術・診断技術等名	適用箇所	概要等
A 石油製品製造業	ガイド波（超音波探傷）	ラックの保温配管	以前にラックの保温材付き配管に適用したことがあるが、*分岐やサポートなどがあると評価が難しい。技術開発は進んできているが、誤差が生じてしまう。*スクリーニングとしては有効だと思う。 現在は、腐食しやすい保温材の切欠き部分やサポート接触部などについては、足場を組んで保温材を外して目視点検を実施している。
	パルス超音波（リアルタイム腐食モニタリング）	触媒移送配管	常時、減肉傾向を監視でき、運転による使用環境の変化をリアルタイムに捉えることができるため、運転の改善及び保全計画に役立っている。 現時点では、触媒移送配管の肉厚監視強化と更新計画立案の精度向上及びトラブルの未然防止に取り組んでいる。今後、肉厚測定センサーの台数を増やし、監視強化を図る予定である。 *ワイヤレスでデータ送信するため、システムの構築（中継器、ワイヤレスゲートウェイ、サーバー）を要する。（センサー自体のコストは高くないが、システムの構築にコストがかかる。）* *また、点測でしかなく、腐食形態（局部腐食には向かない）、あるいはコロージョンループの腐食傾向を監視するためには、複数台の設置が必要である。さらに、通常使用する肉厚測定器（手探傷）との誤差を把握すること、および測定頻度（現状1回／12時間）の適正化も検討が必要である。*
	赤外線サーモグラフィー	機器内部のライニング（断熱材） 加熱炉バーナー	高温環境に晒される機器のホットスポットを監視し、機器内部のライニング（断熱材）損傷や加熱炉バーナーの異常燃焼などの早期発見に役立っている。 加熱炉内の加熱チューブ表面温度測定は、炎越しの温度測定となること、燃焼ガスの存在によって、絶対値評価はできない。したがって、スキン温度計あるいは前回測定データとの相対比較によって評価する必要がある。 *被測定物との距離や角度によってデータにばらつきを生じるため、専属検査員が必要である。* *カメラを固定して定点で常時監視したいが、高温に弱いので加熱炉の近くに長時間設置できない。*
	X線透視画像検査（携帯型デジタルX線検査システム）	保温配管（小口径ノズルなど）	小口径ノズルなどの保温材下腐食の監視に用いており、デジタル方式のためフィルムを使用せず、撮影直後にPC画面で画像を確認できるため、現場で腐食状況の確認が可能である。フィルムの現像を要しないため、検査スピードが向上した。 小口径配管であれば、肉厚も確認することでき、実際に腐食を発見し補修した実績もある。 *イメージャーセンサー（CCDセンサー）の耐熱温度が低いため、真夏などの外気温が高いときは使用時間が制限される。*
	振動計	コンプレッサー	重要なコンプレッサーについては、現在計7機に無線振動センサーにより計器室で監視している。今後対象を拡充していく方針。 *振動センサーはマグネットタイプで、振動傾向を把握するのには有効であるが、機器の異常予兆を発見するためには振動計だけに頼ることは現状では難しい。*
	ポールカメラ	ラックの配管と架台梁接触部	ラックの配管と架台梁接触部の目視検査に使用しているが、7m程度のところまでしか見ることができない。撮った写真をどのように評価するのか試行錯誤中である。ラック梁と裸配管との接触を最小化するために、丸鋼挿入などの工夫も実施している。
	機器の異常予兆を発見するため渦流探傷技術【導入検討】	保温配管（形状が不連続）	保温材付きの形状が不連続な配管の検査に有効ではないかと考えている。 渦流探傷法は、本来、表面近傍のきず検出に適した手法であり、研究開発の多くは、きず長さや深さのサイジングに適用するためのものであったが、応力腐食割れ（SCC）はノッチや疲労き裂と比較して、①き裂の開孔幅が狭いこと、②分岐や曲りなど複雑な形状をしていること、③き裂の部分接触が想定されること、④複数のき裂が近接して存在すること、などの特徴があるため、その検出とサイジジングは困難であることが分かっている。現状、割れ有無は検出可能であるが、その深さサイジングの測定は技術的に難しいとされている。しかし、技術開発は進んでおり、その技術が確立され実用化されれば、静機器、配管の応力腐食割れ（SCC）検出に利用したい。検査スピードが速いのも魅力である。
	ドローン【導入検討】	煙突、フレアスタック、塔頂の保温配管、ウィンドガーダー、地震直後の浮き屋根の被災状況	危険物エリアでドローンを飛行させて、煙突やフレアスタックの構造物、塔頂配管の保温材、タンクのウインドガーダーなどを点検したい。 上記は直ぐには難しいのでまずは、地震直後に、タンクの浮き屋根の被災状況をドローンにより確認したい。過去には、地震直後に浮き屋根に登って点検していた時に、余震で揺れたという事例があった。
B 石油製品製造業	磁気飽和低周波渦流探傷（SLOFEC）	タンクの屋根板、底板、ボイラー水壁管	スクリーニング検査としては精度が良く、減肉信号が出た箇所については超音波探傷によりカバーが可能である。 *全体減肉等、公称板厚より薄い状態では指示信号が過小評価となる傾向がある。また、局部減肉の中に孔食がある場合、指示信号として検出されにくい。溶接線近傍は探傷困難である。*
	パルス渦流探傷	塔頂配管、球形タンク耐火被覆	腐食環境を調査する目的で、塔頂配管、球形タンク耐火被覆で検証した。 検査付帯工事費の削減(耐火被覆や保温工事)が可能で、常設することで短期的な腐食のモニタリングが可能である。 *局部減肉の検出精度が低い。また、短期間での腐食率評価についてはばらつきが多く、3か月以上トレンドを監視する必要がある。*
	フェーズドアレイ超音波探傷	配管、機器全般	コストや検査精度の両面から優れており、HIC（水素誘起割れ）やその他割れ検査に幅広く適用が可能である。測定結果を画像で残せる。問題点等は特にない。
	赤外線サーモグラフィー	コールドウォール機器、加熱炉チューブ	耐火材の損傷状態を、機器を開放することなく検出が可能である。また、炎越しに測定できる赤外線サーモグラフィーを使用することで、加熱炉チューブの局部過熱を検出することが可能である。 *測定対象の材質や表面状態等により放射率に差が生まれ、結果にばらつきが発生する。炎越しに測定を行う場合は、測定対象の温度が少なくとも400℃以上ないと放射エネルギーが少なく、炎の影響を受けやすい。*
	インテリジェントピグ	加熱炉チューブ	チューブ内に超音波探傷装置を搭載したインテリジェントピグを走行させ、チューブ内面から肉厚を連続的に測定する。 短時間で測定でき誤差も少ないが、ピグ内の清掃（スケール除去）が重要である。 *コストは高い*が、足場が必要な高所や密集している箇所には特に有効である。

事業所名	モニタリング技術・診断技術等名	適用箇所	概要等
	3Dレーザースキャン	配管、塔槽	レーザーを測定対象物（配管、塔槽）に照射し、その反射光をセンサー（カメラ）でデータを取得し、外面腐食量を解析する。 ディプスゲージを用いた目視検査より、検査精度が高く、検査員の技量に左右されることがない。また、腐食エリアのマッピング作成にかかる時間も短縮され、検査時間の短縮化が可能である。 変形した屋外貯蔵タンクの変形量を測定（可視化）するために使用したこともある。
	炭化水素可視モニター	事故時の漏えい箇所の特定、装置のシャットダウン前とスタートアップ後の漏れ確認	炭化水素ガスリークを可視化できる赤外線カメラである。 事故時の漏えい箇所の特定や、装置のシャットダウン前とスタートアップ後の漏れ確認等に活用している。
	スマートバルブ・HART通信	バルブ	従来のアナログ信号線を使用したデジタル技術（HART）を採用し、計器内部データ（静圧、温度、作動トルク、供給空気圧等）を取得する。 運転状態での設備診断・解析により、計器の健全性確認や故障に至る予兆、運転変動を早期に検知することが可能である。 スマートポジショナーによる故障診断技術を併用し、調節弁本体の不具合や導管の閉塞などの制御に関連する異常を検知可能で、事故の未然防止に寄与する。
	ドローン【導入検討】	アクセス困難な箇所	検査付帯工事費（アクセス困難な箇所等）の削減及び点検・検査ロードの削減が期待できる。 *・航空法：①空港等の周辺の上空の空域、②人口集中地区の上空　が当製油所では該当する。国土交通大臣の許可が必要である。* *・操縦者：航空法で求められる操縦者としての必要条件を満たす人員の配備が必要である。* *・所内規程：安全に関する要領の新規登録となるので、要領作成及び安防小での審議が必要になる。計装機器との電波障害：飛行等の通信手段が製油所の運転に影響を与えるような電波を発しないか確認が必要である。* *・メンテナンス：機器を購入する場合、その維持管理方法を整理しておく必要がある。*
	オンライン肉厚測定（超音波）【導入検討】	配管	運転変更時等の腐食状況変化を迅速に把握するため、検査付帯工事費の削減が期待できる。 *石油精製・石油化学プラント内で用いる電気機器は防爆機器を使用する必要がある。しかし、特に海外メーカーが製作しているオンライン肉厚測定器の場合、日本と海外での防爆基準が異なっていることから日本では使用不可の測定器がある。あるいは、ある温度以上では使用不可の機器の存在などがある。導入前にこれらを適切に把握し導入後のトラブルを未然に防ぐ必要がある。*
C 化学工業	赤外線サーモグラフィー	変圧器、制御盤、保温配管	電気設備の管理では温度が重要なので、変圧器や制御盤の点検に活用している。 保温材の劣化等の点検にも活用している。異常が認められた保温材は、剥がして、母材を確認している。
	振動計	大型ボイラー	大型ボイラー等の重要機器の中には、振動データをDCSで常時監視しているものがある。常時監視の他、振動データの解析を定期的に業者に委託している機器もある。定期点検項目の「異常振動の有無」については、これらの振動データの結果を活用している。
	ポールカメラ	ラック配管	一部の高所の配管の目視点検には、ポールカメラを活用している。
	配管と架台の接触部の腐食診断（ラックスルー）	ラックの配管と架台梁接触部	重要配管では、部分的にラックスルーによる診断を実施している。
	スマートバルブ（調節弁診断システム）	バルブ	スマートバルブとは、センサーが搭載されたバルブとコンピュータを組み合わせて、設備を停止せずにセンサー情報からバルブ自身の状態を診断することを可能にするものである。 「予期せぬ設備トラブルの未然防止により、設備停止・損失コスト発生を防ぐ」、「従来の時間基準保全から状態基準保全への移行により、保全コストミニマム化」をねらって、ソーダプラントの重要弁16台に導入している。 現在は実証段階で、2ヶ月に1度の頻度で、システム業者側で解析を実施している。 ユーザー側でも随時解析できるようなシステムを要望中で、今後は導入台数を拡大予定である。 定期点検記録表の「バルブ開閉機能の適否」の点検方法は「目視」とされているが、今後はスマートバルブによる常時監視の結果を活用できるのではないかと思う。
	AE（アコースティック・エミッション）	回転機器の軸受部	*過去には、回転機器の軸受部分の点検に試行したことがあるが、雑音が多く、期待する結果が得られなかった。*
D 化学工業	ラテラル波（ラックスキャン）	大口径管のサポート接触部、防液堤貫通部	吊り下げ困難な大口径管のサポート接触部や防液堤貫通部（貫通部長さに制限あり）に適用している。 表面を伝わるラテラル波と横波横断波の時間差を利用し、減肉のあるt1と健全部のt2の差分から減肉深さ及び残板厚を計測する。
	ガイド波（ロングレンジガイド波）	保温配管	保温解体箇所を限定出来るため、全長検査に比べて費用・工期のメリットが大きいが、当製造所の配管はフランジが多いため、メリットが活かせるケースが少ない。 フランジの少ないアンモニア配管（450m）で検証した結果、ガイド波で表示された減肉状況と、実際の減肉状況は同様の傾向を示した。
	パルス過流探傷（PEC）	塔内部	塔内部からの外面腐食検査に試行した。前処理（クリーニング）がほとんど不要であるため、作業が簡素化出来る。（検査速度：1日で3.0㎡程度） *費用が高く、使い方によってはあまりメリットがない。*
	超音波連続板厚測定（CBMS）	塔内部	塔槽内部からの外面腐食検査に試行した。全面詳細検査となるため、不安要素が残らない。また、検査範囲・腐食状況にもよるが、従来のピッチ法や面探傷と比較して検査速度が速い。（検査速度：半日で6.5㎡程度） *走査面が平滑であることが条件であるため、機器によっては前処理に相当な工数がかかる。また、走査面の腐食が大きいようなケースでは適用困難である。* 塔槽類はCUI検査に大きな費用がかかる為、機器の開放検査に併せて内面からの腐食検査を検討中である。具体的には「パルス渦流」及び「超音波連続板厚測定」のどちらかを選択、あるいは併用し、効率的な対応を図る。（2018年定修にテストを実施し感触を掴んだ。）
	3次元測定器（ハンディスキャン）	回転機器	回転機の摩耗・腐食状況が細かい部分まで正確に記録出来るため、経年変化管理に最適である。また、腐食減肉部においては、最大減肉部を見つけるのに人の感覚が介入しないため、危険箇所の見逃しがなくなる。 *測定目的と評価方法を事前に検査会社側としっかり詰めておかないと、欲しいデータが得られない場合がある。* *※　例えば回転機内面の減肉経年変化の比較では、基準（円・面）の設定や最終的に取り出すデータ（堆積・真円度・最大減肉 等々）など。*

事業所名	モニタリング技術・診断技術等名	適用箇所	概要等
	赤外線サーモグラフィー	保温配管、分電盤	保温配管や分電盤などの点検に活用している。 保温配管については、足場が不要で広範囲の確認が出来るため、費用上・安全上のメリットが大きい。 保温不良箇所は把握できるが、*腐食減肉などの本体異常箇所と必ずしも一致しない。*
	リアルタイムRT（オープンビジョン）【導入検討】	保温配管	保温材のみを透過する強度のX線で、保温材下腐食状況（錆コブなど）の確認、配管の漏えい調査等をリアルタイムに動画・静止画にて確認が可能である。 CUI検査（2巡目）における1次スクリーニング検査として導入したい。現在テスト中である。
	インテリジェントピグ【導入検討】	配管、加熱炉管	配管、加熱炉管の内部にインテリジェントピグを走行させ、超音波探傷による全面全長の肉厚測定を行う技術である。 外面からアクセスが困難な加熱管等、複雑形状の管の全長検査に活用したいが、*非常に高額である。*
	ドローン【導入検討】	倉庫の屋根板、煙突、ラック上部の保温板金	倉庫の屋根点検、煙突の点検、ラック上部の保温板金状況点検に活用したいが、*各種手続き関係が課題*である。
E 化学工業	ガイド波	保温配管	過去に、保温材付き配管の外面腐食状態の一次判断として検討したが、*配管が複雑で有効な結果が得られなかったため、現時点では実用されていない。* 油槽所のように、直線状の長い配管については有効だと思うが、*プラント内配管等の複雑な構造化における検査においてもある程度の精度を期待する。*
	CUI予測モデル	保温配管	保温材を全面剥離した状態での目視検査に際し、検査優先順位の手法（発生可能性評価）として採用している。今後、更なるデータの収集と解析によって、精度向上を図る。（経済産業省「IoT推進のための新産業モデル創出基盤事業」） 保温材の置かれている環境を詳しく調査することも重要である。 *中性子水分計による保温材の水分測定もあるが、測定した時の気象条件などで測定値が変わるのでなかなか難しい。*
	配管における連続肉厚測定装置（L－MAP）	配管	超音波を用いた配管内面腐食の全面自動探傷装置で、最小1㎜ピッチで肉厚測定が可能で、肉厚分布のマッピング（可視化）が可能である。 実用性に問題はないが実績は少ない。 *検査装置のセッティングに時間を要し、検査速度が遅いため、定期肉厚測定には適さない。*
	超音波フェイズドアレイ法による劣化評価	溶接部	複数の振動子により校正されるアレイ探触子から、異なるタイミングで超音波を送信・受信することにより、超音波主ビームを任意の方向及び任意の位置に合成波面として入射させ、きずの検出、きず高さ測定を行う。割れ（応力腐食割れ、疲労割れ等）の劣化評価に活用する。 実用性に問題はないが実績は少ない。
	データ解析による劣化評価	加熱炉輻射管	高温運転に伴う加熱炉輻射管の酸化減肉が顕著であり、減肉分布状況を解析することで減肉速度を推定している。 解析結果を活用し、寿命延長対策として、表面温度低下対策及び管肉厚の増加を実施した。
	ポールカメラ	ラックの配管と架台梁接触部	高所の配管と架台梁接触部において、足場を架設することなく目視検査が可能であり、工期短縮が図れる。 カメラは非防爆であるため、使用する前にガス検知器で確認してから撮影を行う。画像は手元にある画面で随時確認することができる。 現在、腐食写真とその測定データ（MS－UT）を収集・分析しており、将来的にはAIによる画像解析で腐食評価ができないかトライアル中である。
	炭素鋼製熱交換チューブの肉厚測定（FTECT）	炭素鋼製熱交換チューブ	炭素鋼製熱交換チューブの過流探傷において、磁気的ノイズを低減させることで検査を実現した。欠陥信号を検出でき、かつ磁気飽和させない程度の強さに直流磁化の強さを設定し、磁気的ノイズを低減しながら、欠陥信号を検出している。
	超音波を利用した配管架台梁接触部の腐食検査（MS－UT）	ラックの配管と架台梁接触部	目視検査の結果、腐食が認められた配管の架台接触部に、超音波の多数回反射を利用し、超音波伝搬時間の変化から減肉量を推定している。 測定限界がなく、かつ構造的な制限も少ないことから、合理的な検査が可能である。（吊り下げ検査の削減）
	ロボットを用いた屋外タンクの目視点検	屋外タンク	磁力吸着式の自走式の4輪台車に搭載した回転駆動付デジカメで、屋外タンク側板の全面目視検査として、フィールドテストを実施した。 実用性は問題ないが、検査実績はない。
	3Dレーザー計測による劣化評価	屋外タンク	幾何学的な情報を3Dレーザースキャナによって点群データとして取得し、データ解析により、装置や設備の摩耗量や変形量、移動量を得る。 *検査費用が高額となる場合があるため、提供範囲の見極めが重要である。*
	振動計	回転機器	重要な回転機器等に振動計を設置し、振動データはオンラインで監視している。
	デジタルRT【導入検討】	保温配管	保温材付き配管の点検における一次診断に活用したい。現在、どの会社の機器を採用するかテストを行っているところである。
J 化学工業	中性子水分計【導入検討】	保温配管	保温材上からのスクリーニングに利用したい。
	赤外線サーモグラフィー【導入検討】	保温配管	保温材上からのスクリーニングに利用したい。
F 電気業	ドローン	煙道ダクト、ケーブルダクト	ドローンは、目視が困難な高所に設置されている煙道ダクトやケーブルダクトなどの点検に活用している。ドローンによる点検により、高所での足場構築が不要となるため、足場の架設作業が省略され、保全コストが低減される。 最近では、赤外線カメラを装着し、熱監視も行っている。 現時点では、ドローンにより収集したデータをどのように活用していくのかを検討しているところで、日常点検の効率化を目指している。 台風の後に、ダクトがめくれていないかなど大きな異常事象を捉えるために活用している。 ドローンからの映像は、システムが連携しているタブレットで閲覧が可能である。 重油タンクや水素ガスボンベの上空など、危険な施設の上空は飛ばしていない。
	ウェアラブルカメラ	施設全般	日常点検や定期点検時に、点検者は頭にウェアラブルカメラを装着して点検を実施している。ウェアラブルカメラで撮影された映像は、現場から離れた制御室・事務所でも同時に確認が可能で、従来は、点検者が現場で異常を感知した際、確認したい情報がある場合は、その都度現場から離れ、制御室等に戻って確認していたが、ウェアラブルカメラを活用することで、制御室側等と状況を共有できるため、制御室等の上司、上席者が必要情報を確認し、点検者に伝えることによって、点検作業の効率化が図られる。録音・録画機能を有している。

事業所名	モニタリング技術・診断技術等名	適用箇所	概要等
	リークデクタ	配管	エア漏れ等を可聴域外周波数で検知するもので、酸素配管の亀裂からの漏れを、約8m離れた位置から検知した実績がある。
	赤外線サーモグラフィー	保温配管（蒸気）	蒸気配管（保温材付き）の異常温度の検知に活用している。 運転記録データにより常時監視しており、異常があった時には、その原因箇所を赤外線サーモグラフィーで調査している。
	監視カメラ	施設全般	重要な施設、設備は定点カメラで状態監視している。 カメラ等のネットワーク機器をWi-Fiに接続し、タブレットで角度やズームを操作することができる。今後、カメラを増設していく予定である。
G 倉庫業	磁気飽和低周波渦流探傷（SLOFEC）	屋外タンク底板、移送配管下部	磁気飽和飽和過流探傷法による連続板厚測定装置で、屋外貯蔵タンク底板と移送配管下部の板厚検査に適用している。 減肉率が色分けで表示され、全体の腐食状況を簡易に把握することができる。 減肉率が大きい箇所については、手探傷で肉厚を確認している。
	保温材付き配管（大口径）の外面腐食点検	保温材付き配管（大口径）	保温材付き配管（大口径）の外面腐食点検に活用できる検査技術を導入したいが、現状では対応できる検査技術が少ない。
H 鉄鋼業	赤外線サーモグラフィー	ベルトコンベアのモーター等	毎日実施している巡回点検時に、赤外線サーモグラフィー（ポータブルタイプ）を点検者が携行し、ベルトコンベアのモーター等の温度を測定し、異常発熱がないか確認している。測定結果は日誌に記録している。

別表2

危険物施設等における維持管理の取組等に関するアンケート調査結果（一般社団法人 日本非破壊検査工業会　会員企業からの情報提供）

社名	モニタリング技術・診断技術名	対象施設	対象部位	技術の概要	実績	効果	普及の課題	備考
a社	TOFD法による探傷技術	円筒タンク、球形タンク、配管（小径管～特大口径管）、橋梁	溶接継手	・溶接部等のきず検出及びきず高さの測定を主たる目的とする ・画像処理することにより高い検出力できずを検出。 ・断面透視探傷図形をリアルタイムで表示	球形ガスホルダー、ボイラー管寄せ溶接部、配管溶接部、プラントタンク底板	・高精度でのきず高さ及びきず深さの測定が可能 ・表面きずと内在きずの判別が可能	・ステンレス溶接部は不可 ・板厚6㎜～130㎜程度 ・6㎜以下の薄板は適用困難 ・原則常温での適用	
	V透過法による配管架台接触部減肉調査（Rack UT）	配管（中口径）	架台接触部、サポート治具、補強板等の取付け部	・配管架台接触部の外面減肉スクリーニング検査を主たる目的とする ・架台接触部が一様に減肉していると仮定して減肉部をスクリーニング評価する ・減肉量（減肉率）を大中小の3段階で評価する ・幅広い配管敷設状況及び配管径に対応	配管	・ジャッキアップを行わずに配管架台の接触部の減肉状態の把握が可能 ・サポート治具や補強板等の付着物箇所にも適用可能	・配管径50A異常（実績は150A） ・対象物の肉厚、架台幅に合せて事前検証が必要 ・探触子接触部の防食テープや浮錆は除去が必要 ・高所の場合、足場もしくは高所作業車が必要	
	ガイド波配管検査システム	保温材付配管（小口径管～特大口径管）	直管部	・配管の腐食・減肉のスクリーニング検査を主たる目的とする ・検査方法は、超音波ガイド波を用いた探傷検査 ・電磁超音波センサを使用して探傷 ・センサからきずまでの距離の測定及びきずの周方向位置の特定が可能 ・6chのセンサを用いることで広い範囲の探傷が可能 ・電磁超音波センサを使用することで、非接触での探傷が可能	地熱発電所・熱水配管、火力発電所・蒸気配管	保温材下の配管のスクリーニング検査が可能	・50A以上、板厚5㎜～22㎜ ・直管、板 ・～250℃ ・適用材質は強磁性体に限る	・センサ設置箇所の保温材の撤去 ・電源100V確保
	コンピューターラジオグラフィ（CR）による配管腐食減肉調査方法	配管（小口径～特大口径）	配管全長（抜取り検査）	・配管内部の腐食減肉や閉塞状態を調査することを主たる目的とする ・配管の肉厚測定が可能 ・デジタル化によりデータ活用と高密度画像の保管が可能 ・ダイナミックレンジが広く豊富な画像情報 ・画像処理による検査目的とあった見やすい画像の提供	配管、ボイラチューブ　等	・高感度撮影による撮影時間の短縮 ・IP読取後、直ぐに透過像の観察が可能 ・現像処理が不要のため、廃液処理が不要	・イメージングプレートの耐熱温度は50℃前後 ・雨や強風時の検査は不可 ・稼働時検査は原則不可	・電源の確保（100Vまたは200V） ・撮影時は通常の放射線検査と同様に管理が必要
	コンピューターラジオグラフィ（CR）による溶接継手部の検査方法	溶接構造物、円筒タンク、配管（小口径～特大口径）	溶接継手	・溶接部に生じるきずの調査を主たる目的とする ・デジタル化によりデータ活用と高密度画像の保管が可能 ダイナミックレンジが広く豊富なg像情報 ・画像処理による検査目的とあった見やすい画像の提供	実績有 配管溶接部、ソケット溶接部、ボイラチューブ　等	・高感度撮影による撮影時間の短縮 ・IP読取後、直ぐに透過像の観察が可能 ・現像処理が不要のため、廃液処理が不要	・イメージングプレートの耐熱温度は50℃前後 ・雨や強風時の検査は不可 ・稼働時検査は原則不可 ・法令では溶接継手検査はフイルム法に限定されている	・電源の確保（100Vまたは200V） ・撮影時は通常の放射線検査と同様に管理が必要
	フェーズドアレイによる探傷技術	溶接構造物、鍛造品、鋳造品	溶接継手、応力集中部　等	・溶接部や複雑な形状の試験体のきず検出を主たる目的とする ・1つの探触子で複数の屈折角による探傷が可能 ・種々の条件で探傷した結果を結合することにより、きず形状の画像化が可能	実績有 ボイラ管寄せ溶接部、圧力容器溶接部（円周）、軸、ロール等	幅広い（エレメント数の多い）フェーズドアレイ探触子を使用することにより、通常の超音波探傷より高速・高精度での探傷が可能	・対象物に合せた試験片を作成し、測定限界を確認する必要がある ・通常の超音波探傷試験より高価 ・通常の超音波探傷試験より探触子が大きい	
	マルチチャンネル連続厚さ測定システム（ワイドスキャン）	円筒タンク、球形タンク、配管（小口径～特大口径）	溶接継手部を除く全面	・管外面からの腐食・減肉調査を主たる目的とする ・12chの連続厚さ測定により、幅150㎜の範囲の面測定が可能 ・配管では中径管から大径管円周方向の連続測定が可能（軸方向は大径管のみ可） ・マグネット吸着式を採用し、作業性・安定性・安全性向上 ・全波形データ収録により、母材きずと減肉部の判定などが容易にでき、減肉履歴の評価が可能 ・ログアンプ採用により、表面粗さ及び減肉部の凹凸の影響を低減 ・測定結果の一覧表、減肉状況図及び断面図をリアルタイムに表示	実績有 発電所に設置されている各種配管、原油タンク油輸送配管、化学プラント各種配管、円筒タンク側板	円筒タンクの側板、配管などの全面の腐食減肉状態が把握できる	・強磁性体に限る ・円周方向・Φ500～平板 ・配管は直管部に限る ・塗膜がある場合、原則塗膜を含んだ厚さを表示	電源100V
	煙突筒身肉厚測定システム（M-Master）	円筒タンク、球形タンク等の鋼製構造物	溶接継手部を除く全面（抜取り検査）	・煙突筒身内面の腐食・減肉調査及び外観調査を主たる目的とする ・マグネット車輪走行台車による超音波連続厚さ測定及び目視検査 ・塗装上からの測定が可能 ・任意の範囲の連続測定が可能 ・CCDカラーカメラにより、被測定体の外観などの観察が可能	実績有 鋼製煙突、円筒タンク側板	・足場の設置が不要 ・塗膜の剥離等の劣化状態及び鋼板の腐食減肉状態の把握が可能	・塗膜上からの測定が可能であるが、コーティング厚さは2㎜まで ・エレベーターやウインチなどの運搬設備が必要 ・強磁性体に限る ・直径3.5m以上 ・走行方向に障害物がないこと ・原則常温での使用	電源100V

社名	モニタリング技術・診断技術名	対象施設	対象部位	技術の概要	実績	効果	普及の課題	備考
	外面腐食測定システム（P-Master）	円筒タンク、球形タンク、配管（大口径）等の鋼構造物	溶接継手部を除く全面	・管内面及び外面からの腐食・減肉調査を主たる目的とする ・超音波連続厚さ測定（6ch、測定幅150㎜） ・マグネット吸着式走査機構の採用により、足場を設置することなく測定可能 ・全波形データ収録により母材きずと減肉の判別などが容易 ・ログアンプの採用により、表面粗さ及び減肉部の凹凸の影響を低減 ・測定結果の一覧表及び腐食状況分布図、断面図の提供が可能	実績有 原子力発電所循環水配管、石炭バンカー、円筒タンク（側板）	鋼板、鋼管の全面の外面腐食状態の把握が可能	・強磁性体に限る ・外径：2000㎜以上 ・原則常温での使用 ・塗膜がある場合は、原則塗膜を含んだ厚さを表示	電源100V
	管内検査システム（エルボマスター）	配管（小口径管～中口径管）	管内面	・内面の腐食・減肉調査を主たる目的とする ・検査方法は目視検査 ・80A～750Aの管に適用可能 ・水平管、垂直管及びエルボを走行可能 ・ゴム製車輪により鋼管、ステンレス鋼管及び樹脂管に適用可能 ・中径管用エルボマスターは90°回転のステアリング機構により、その場回転、螺旋走行が可能 ・小径管用エルボマスターは車輪にオムニホイールを採用することにより、その場回転、螺旋走行が可能	実績有 海水配管、ガス配管	曲がり部を有する埋設配管、高所配管などに対してCCDカメラによる管内面検査が可能	・小口径管（80A以下）や大口径管（750A以上）の適用が困難 ・原則常温での使用 ・配管内が著しく汚れていないこと ・最大測定可能距離は100m	・数cm程度の水溜まりであれば走行可 ・電源100V ・挿入口の確保
	鋼溶接部超音波自動探傷装置（U-Master）	円筒タンク、球形タンク、配管（中口径管、大口径管、特大口径管）、橋梁　等の鋼製構造物	溶接継手	・溶接継手のきず検出を主たる目的とする ・検査手法は、超音波垂直探傷及び斜角探傷 ・3min/mの高速探傷が可能（板厚25㎜、5㎜ピッチ時） ・極厚鋼板溶接部の斜角探傷だけでなく、垂直探傷も可能 ・軽量スキャナーにより全姿勢の走査が可能	鋼製橋脚及び鋼床板、鋼管等	・収録範囲内の全エコー収録方式により、検査に関する客観的証拠の提示が可能 ・JIS Z 3060、建築学会基準及び鋼橋マニュアルに準拠し、きずを自動評価	・複雑な形状及び狭隘場所には適用困難 ・スキャナーの取付けは、マグネットを使用しているため、鋼材以外はスキャナー取付け方法の検討が必要	・溶接部端部探傷用の治具をセットできない場合は端部約100㎜は探傷不可 ・電源100V
	高速タンク底板全面測定システム（B-Map）	円筒タンク	底板、アニュラ板	・各種円筒タンク底板の裏面腐食・減肉調査を主たる目的とする ・12chの超音波連続厚さ測定により、幅300㎜範囲の面測定が可能 ・データの収録機能により減肉履歴の評価が可能 ・ログアンプの採用により減肉部の凹凸及び探傷面の粗さの影響を低減 ・コーティング厚2㎜まで測定可能	タンク底板、タンク屋根板	・各種円筒タンク底板全面の裏面腐食・減肉状態の把握が可能 ・ジェット洗浄程度の前処理で得られる表面状態で測定が可能	・鋼材以外は、消防法性能評価対象外（自主検査での対応） ・内径が2000㎜以上 ・溶接止端部や障害物から25㎜の範囲は検査不可	電源100V
	中性子水分計による配管検査	保温材付配管	配管全長（抜取り検査）	・保温材中の水分測定、液体のレベル測定、コンクリート内の空洞調査、物質中の水分量測定を主たる目的とする ・伸縮ポールにより高い箇所も測定可能（最長5m） ・測定値の直読が可能	発電所に設置されている保温材付き屋外配管	・保温材の撤去なしに検出器を保温材に接触させて保温材中の水分量を計測し、潜在的な腐食部位の特定が可能 ・付帯工事費の軽減化が図れる	・保温材中の水分測定、液体のレベル測定、コンクリート内の空洞調査、物質中の水分量測定以外での使用は厳禁 ・防水機能がないため、直接水分に接触させてはいけない（雨天時は測定中止） ・専用の保管容器に収納して保管し、鍵付きの保管場所の確保が必要となる。 ・線源（252Cf）の半減期は約2年半であり、2半減期内（約5年）で交換が必要	表示付認証機器（認証番号セ102）として設計認証を取得済（法規制事項の緩和）
	内挿式超音波検査システム（インナーUT）	熱交換器の伝熱細管	直管部	・高圧・低圧給水加熱器、熱交換器等の伝熱細管の腐食・減肉調査を主たる目的とする ・内挿式水浸センサーによる超音波厚さ測定 ・ウォータージェット方式のミラー回転駆動による高速探傷が可能 ・全データのデジタル記録が可能 ・細管全長の軸方向肉厚断面形状をリアルタイムで出力可能 ・任意の位置での円周断面形状の出力が可能	高圧・低圧給水加熱器、熱交換器細管（外径70㎜以上へも、特注により対応可能）	小口径配管の直管部全長の腐食・減肉状態の把握が可能	チューブサイズによるが、R200以下は不可	・槽内作業の場合の縁切り ・水及び電源100Vの確保 ・前処理（ジェット洗浄）
	熱交換器伝熱細管Uベンド部対応UTセンサ（U-MAT）	熱交換器の伝熱細管	Uベンド部	・熱交換器伝熱細管Uベンド部の超音波厚さ測定を主たる目的とする ・内挿式水浸プローブによる超音波厚さ測定（インナーUT） ・曲げ半径350R以上に対応	熱交換器伝熱細管Uベンド部	インナーUTとの組合せにより管全長の減肉状態の把握が可能	・内径13～17㎜ ・曲げ半径：350R以上 ・原則常温で使用	・槽内作業の場合の縁切り ・水及び電源100Vの確保 ・前処理（ジェット洗浄）

社名	モニタリング技術・診断技術名	対象施設	対象部位	技術の概要	実績	効果	普及の課題	備考
	配管内面閉塞率測定システム（ブロックチェッカー）	配管（小口径管、中口径管）	配管全長（抜取り検査）	・配管内面閉塞率の測定を主たる目的とする ・検査手法はγ線を用いた放射線透過試験 ・付着物の材質として、シリカ、錆び瘤、貝殻などに対応 ・配管断面図、及び閉塞率を表示 ・管の材質に関わらず適用可能 ・流体の有無に関わらず適用可能	地熱発電所配管	配管を切断することなく、配管の閉塞状態の把握が可能	・材質によっては事前に適用実験を行う必要がある ・流体の吸収係数とスケールの吸収係数が同程度である場合は不可	・管理区域は不要 ・電源100V
	複数ベント配管IUTシステム	複数のベンド部がある配管	配管全長	・複数のベンド部がある配管腐食・減肉調査を主たる目的とする ・内挿式水浸プローブによる超音波厚さ測定 ・高速探傷が可能 ・全データのデジタル記録が可能 ・挿入方法に高圧ポンプによるジェット水流を使用することで、より遠くまで探傷可能 ・管全長の軸方向肉厚断面形状をリアルタイムで出力可能 ・任意の位置での円周断面形状の出力が可能	プラント配管	複数のベンド部がある配管の腐食・減肉状態の把握が可能	・内径がΦ80㎜～150㎜ ・エルボ部が1.5DR以上であること	・水 ・電源200Vの確保（発電機の持ち込み）
	埋設配管IUTシステム	埋設配管	配管全長	・地中埋設配管の腐食・減肉調査を主たる目的とする ・内挿式水浸プローブによる超音波厚さ測定 ・CCDカメラによる目視検査 ・全データのデジタル記録が可能 ・管全長の軸方向肉厚断面形状をリアルタイムで出力可能 ・任意の位置での円周断面形状の出力が可能 ・CCDカメラ、LED照明により、内面状況の把握が可能	埋設配管	地中埋設配管内面の腐食・減肉状態の把握が可能	・内径Φ150～400㎜ ・エルボ部が1.5DR以上であること ・原則常温での使用 ・最大測定可能距離：70～80m	・水 ・電源100V
	連続腐食測定システム（サーキットスキャン）	円筒タンク、球形タンク、配管などの鋼構造物	溶接継手部を除く全面（抜取り検査）	・鋼板及び鋼管内面の腐食・減肉調査（管外面からの測定）を主たる目的とする ・超音波連続厚さ測定（1chの線測定） 円周方向だけでなく、長手方向の測定も可能（ただし100A以下は別途専用治具使用） ・測定データは図示可能 ・膜厚センサを併用することで塗膜上からの測定が可能	発電所各種配管、油輸送管、パイプライン、化学プラント各種配管、ガス配管、煙突筒身	連続的な厚さ測定により腐食減肉状態の把握が可能	・50A以上 ・原則常温での使用	高所作業時は足場が必要
b社	ラインスキャナ	石油プラント、石油貯蔵施設、石油化学プラント、化学プラント	配管（保温有・無しの両方）、タンク側板	カテゴリは放射線カウンタ。ラインセンサが検査象物からの透過線を受信し、フォトンカウンティングにより減肉状況を把握するもの。特長は、保温材を解体せずにスクリーニングが実施できること。センサはCdTeによる直接変換方式（シンチレータなし）のため感度が高く、エネルギー弁別機能により散乱線影響を低減できる。	受注は2018年度下期から開始。受注実績は2018年度は製鉄所関係のTP検証1件のみ。2019年度は3件（原発、石油貯蔵施設、製鉄所）の受注を見込んでいる。その他、現場検証は4件実施（石油プラント2件、原発1件、製鉄所1件）	保温材の解体復旧に係る費用及び時間を削減できる。 従来は放射線では検査不可であった大径管の検査ができる。	【性能面】 配管の場合は内部流体が検査スペック（測定速度、精度）に及ぼす影響が大きい。評価はある基準部分との比較法であり、測定範囲に健全部がない場合はデータ解析が困難。また、線源及びセンサを配管上に設置するため配管周囲に概ね150mm以上のスペースが必要。装置のセッティングに要する時間を短縮し消化量を増やすことが最大の課題である。現時点では2次検査の要否を判断するレベルだが、データの信頼性を向上させ1.5次検査レベルにしたい。 【制度面】 放射線を使用するため安全管理が特に重要。管理区域の設定（立入り禁止措置）の他、ガンマ線を使用する場合は事前の手続きが必要。	
c社	コンクリート地際等での鋼板腐食部の残存肉厚測定	コンクリート基礎、柱	地際部分からコンクリート内部での鋼板残存肉厚	フェーズドアレイSH波探触子を利用して、送信ビームの送信角度を変化させることにより、板波の周波数fを変化させる。その周波数から カットオフによる反射と通過の物理現象を用いて残存肉厚を求める ものである。この技術を用いることによってコンクリート内部特に地際に発生した腐食での残存肉厚推定に利用できる。	橋梁構造物での橋脚部分の残存肉厚測定での実験的検証を実施。 特許5904331号取得済み	本技術を用いることによってコンクリート内部を斫ることなく、非破壊で地際等に発生した腐食での残存肉厚推定に利用できる。	実腐食試験体と模擬試験体との対比比較による評価と判定基準の整合性をとること。フィールドでの課題の確認と対策。	
d社	G-RIS	屋外貯蔵タンク全般	タンク側板	超音波探傷試験を利用し、各種タンク側板の連続板厚測定を高速に実施可能な技術. タンク側板に専用のスキャナを取り付け、一回のスキャナ走査で幅600mm範囲の連続板厚測定(面探傷)を実施する。	各種プラント工場に適用	側板全体は元より、ウインドガータ廻り等の部分的な検査も可能。側板の内面側、外面側双方からの探傷を可能とし、保温付きタンクや内容物保管中のタンク側板検査に対し本技術を適用することで、従来法（定点測定、目視検査）と比較して足場等に代表される付帯工事の削減が期待できる。	タンク側板点検のガイドラインが通知されているが、法的な点検義務として定められていない。	

社名	モニタリング技術・診断技術名	対象施設	対象部位	技術の概要	実績	効果	普及の課題	備考
	T-RIS-1	屋外貯蔵タンク全般	タンク底板	消防法に基づく認定装置(*で、超音波探傷試験を利用し各種タンク底板の連続板厚測定を高速に実施可能な技術。 *)危険物保安技術協会認定　危評第0059号 超音波による連続板厚測定装置　型式:T-RIS-1	各種プラント工場　500基以上	消防法で定められた定点測定と比較し、連続板厚測定（面探傷）を実施する事で底板の腐食状態の正確な把握、補修基準の最適化が期待できる。	なし	
	フレキアレイ	各種プラント全般	配管、塔槽、熱交等の曲面形状部	超音波探傷検査を利用した多チャンネルかつ屈曲可能なセンサーを搭載した装置により、配管エルボや各種容器などの曲面形状部の連続板厚測定を平面部と同等の検査スピードで施工可能な技術。	各種プラント工場　100現場以上	配管エルボ部等に代表される曲面形状部の連続板厚測定において、従来の超音波探傷検査では平面部と比較し多くの検査時間を要していたが、本技術を用いる事で、曲面形状部においても平面部と同等以上の高速な連続板厚測定が可能である。	なし	
e社	AE法による石油タンク底部の腐食評価技術	地上石油タンク	底部（底板+アニュラープレート）	石油タンクを開放することなしに、側板及びアニュラープレート張出部にAEセンサを取り付け、腐食に起因するAE信号を計測する。側板上のセンサで検知したAE信号をデータベースで照合することで、タンク底部の腐食リスクを最も厳しい部位の腐食速度（㎜/年）として評価するとともに、アニュラー上に取り付けたセンサで検知したAE信号により腐食活性度の高い部位の位置を標定する技術。	これまで数十基のAE計測実績あり。これらのデータに基づき、規格HPIS G110 TR 2007、JPECガイドライン「屋外石油タンクの底部腐食損傷のAE グローバル診断法に関するガイドライン」が策定された。	AEによる評価で開放の必要性の薄いタンクの開放検査のインターバルを延長することができれば、費用（10万リットル場合、1億円以上）を低減することが可能。また開放前に評価することで、鋼板を先行発注するなど停止期間の短縮が可能。開放検査（廃液など）に伴う環境汚染の低減も可能。	法定タンクは、消防法により開放検査のインターバルが決まっており、AE計測で評価することのコストメリットが少ない。現在の法令では、1000kリットル未満の小型タンクの自主検査で、開放の優先順位を付ける（リスクの高いものから開ける）などの使用方法しかない。	
f社	タンク底板連続板厚測定　IMZ-8000（SLOFEC）	タンク	タンク底板、タンク側板、配管	添付資料参照	発電所設備、化学プラント設備、備蓄設備他　　4～5件／年	裏面腐食の検知による漏洩防止	電磁気による連続板厚測定は、キズ検出した箇所に対して超音波 による詳細測定を実施しなければならず、コスト面が課題である。	
g社	フェーズドアレイ超音波探傷	エネルギーセンター（ごみ処理施設）	コンベアプーリー軸	多数の振動子（圧電素子） 個々の振動子が超音波を送受信するタイミングを独立に制御し、合成された超音波波面を形成することにより超音波ビームの制御を行う。 狭隘部への適用や、火力発電所ボイラー大径管に発生するクリープ損傷箇所の特定に有効	健全性の確認	プーリー軸きずの調査	フェーズドアレイ超音波探傷器は、ポータブルな物でもパルス反射式超音波探傷器より2倍から3倍の価格であるし、探触子の価格も通常の探触子の3倍程度の価格である。しかし、エコーの可視化の面では説明する際分かりやすく好評である。 制度面は、火力、原子力の定期事業者検査では、従来の超音波探傷を基本としているためきず検出時の補助的立場となっている。	
h社	微加圧式漏洩検査	地下貯蔵タンク（5基）	地下タンク・地下（埋設）配管一式	地下タンク・地下配管にガスを封入し、概ね2kPAに加圧した状態を保持し、一定時間内の圧力変化を測定、記録することにより、漏洩の有無を確認する気密試験	直近の点検実績：2018年3月30日 点検周期：1年以内	微加圧試験の結果、タンク、配管共に異常なしと判定。	消防法上、漏れの点検周期は、対象となる設備等の種類に、設置年数を加味して規定されている。 又、専門性を有する点検の為、維持・管理費が掛かる。 対象 / 点検周期 地下貯蔵タンク / 下記以外 / 1年以内 地下埋設配管 / 次のいずれかに該当するもの / 3年以内 ○ 完成検査（設置・交換）を受けた日から15年を超えないもの ○ 危険物の漏れを覚知しその漏洩拡散を防止するための措置が講じられているもの FRP外殻 / 3年以内	
i社	X線透過撮影検査、超音波探傷検査、磁粉探傷検査、浸透探傷検査、真空漏えい検査、目視検査	屋外貯油施設、高圧ガス施設など	タンク本体と付属配管など	各検査共に一般的な手法であり、特筆する内容はない。	年間数基程度	判定結果に基づいて、適切に補修を実施しており、流出等の事故の仄聞はない。		

別表3

危険物施設等における維持管理の取組等に関するアンケート調査結果（一般財団法人　エンジニアリング協会　会員企業からの情報提供）

社名	モニタリング技術・診断技術名	対象施設	対象部位	技術の概要	実績	効果	普及の課題	備考
j社	オンラインピグ	ガス導管	導管の肉厚測定	管内を圧力で磁気を帯びた機器を通過させ記録の解析を行い全周、全長の管肉厚を測定する。	管内全域（高圧）	必要管厚が把握でき適切な補修管理ができる。	なし	
	レーザーメタンmini	構内配管	配管	レーザーでメタンを遠隔から瞬時に検知する装置。メタン及びメタンを含むガスを遠隔で検知可能な防爆タイプのレーザー式ガス検知器。	多数	確実に状況を把握できる。	なし	
k社	Dr.　PLANT（予測型設備管理）　その他の技術ソリューション商品	石油精製・化学工場	圧力容器・配管から電気・計装品までの評価技術	・設備管理の仕組み構築／コンサルタント ・高圧機器の活線絶縁診断 ・潤滑油／グリース鉄粉濃度計 ・精密／簡易振動診断 ・小口径パイプライン／加熱炉チューブ検査	有	最適な設備管理を実現できる。	なし	
l社	WES 2820 圧力設備の供用適性評価方法-減肉方法	（WES2820より） 1　適用範囲 この規格は、一般に認められた設計・構造規格によって製作された圧力設備の耐圧部に適用する。減肉評価の対象は、次の　a)～d)によって生じるきず又は損傷とする。 a）腐食 b）摩耗 c）エロージョン・コロージョン d）検査によって発見されたきず又は損傷をグラインダなどを用いて滑らかにしたもの		（WES2820より） この規格は、検査によって耐圧部の内面又は外面に、きず又は損傷が発見された圧力設備の次回検査までの継続供用、補修、取替えなどの対応策の決定に適用する供用適性評価方法のうち、減肉評価に特化した評価手順を示すものである。	ー	（WES2820より） 既存の国内規格では、減肉部の最小測定厚さが設計時の計算厚さより小さくなる場合に、評価の適用範囲外となり、減肉を残したまま当該設備を継続供用することを許容していない。これに対し、この規格では、API 579-1/ASME FFS-1などで採用されている残存強度係数の考え方を導入することによって、計算厚さを下回る減肉に対しても、減肉評価を可能としている。	2015年発行で普及はこれからの規格であるが、ファストトラックの県都など高圧ガスなどへの適用を要望検討中。	

別表4

危険物施設等における維持管理の取組等に関するアンケート調査結果（日本メンテナンス工業会　会員企業からの情報提供）

社名	モニタリング技術・診断技術名	対象施設	対象部位	技術の概要	実績	効果	普及の課題	備考
m社	ドローンをツールとした点検	タンク、高所設備	屋根板、側板、高所配管、煙突、フレアースタック	ドローンに可視カメラを搭載し、高所設備等の点検を実施。	・現在検証中。	・日常から定期的に状況を確認できる。（モニタリング、スクリーニング） ・効率化、省力化 ・コスト削減	・具体的な安全仕様搭載ドローンなし （防爆仕様、墜落対策（故障時安全な着陸機能）、全天候仕様（耐風速、降雨、公設、耐低温、耐高温）） ・法規制と官庁対応	
n社	ESCC検出を目的とした渦流アレイ（ECA）検査	石油精製設備、化学設備	配管（オーステナイト系ステンレス鋼）	渦流アレイ検査は一つのプローブ内に複数のセンサーコイルを並列に配置したフレキシブルなアレイプローブを使用。配管形状に合わせてプローブを接触させ、渦電流コイルが、検査対象物である構造物の位相と振幅相対基準とした信号を発生させる。エンコーダーからの位置信号と時間を参照しながら、このデータをC-スキャン画像としてグラフィック表示する。	製油所での検査。（検査会社を起用）	配管外面に発生した塩化物応力腐食割れの検出。 メリット ・検査速度がPT検査に比べて速い。 ・Gr作業による塗装剥離等の前処理が不要（ブラッシング程度のみ）。	注意事項 ・B.H等の潜在欠陥と割れ形状の判別は困難。 ・補修による入熱等の著しい組織変化を欠陥信号として検出する場合がある。 ・狭い隅肉、余盛りの高い溶接部（ノズルサポート等）は適用不可。 ・欠陥信号検出箇所は別途PT検査が必要（信頼性）。 ・技術員、機材の制限からPT検査よりも施工可能物量が少ない。	
o社	UスルーUT検査システム	蒸気ボイラ、他熱交換器	ボイラチューブ	水浸UT検査 Uベント、曲がりのあるチューブを越えて、ボイラチューブの肉厚測定が可能な検査技術。	開発後、2015年より約50箇所のボイラ設備に適用。	過去付帯工事として、ケーシング、Uベンドなどを切断し検査を行っていたものが、復旧、気密テストを含め工事を行わず検査が可能となった。	曲がり部への計測が不可である。	
p社	3Dレーザースキャン技術を用いた腐食の可視化	機器、タンク、配管	機器内外面・タンク内外面・配管外面	3Dハンディスキャナを用いた主に外面腐食の検査。腐食の大きい部位等に対して3Dレーザースキャンを実施。計測データを解析して、3Dの腐食モデルを作成する。併せて腐食マップの作成も行う。	主に化学会社の機器外面・球形タンクの橋脚部などの検査を実施。	・デプスゲージでは計測できない広範囲の腐食計測が可能。 ・腐食範囲、形状のイメージ化が可能。 ・現場計測及び報告書作成の時間削減。	3Dハンディスキャナ本体の金額が高い。 解析ソフトが統一化されていないために各社、様々な仕様で使用しており普及の妨げとなっている。	

参考資料１

危険物施設以外のインフラ施設の事故事例

危険物施設以外のインフラ施設において発生した経年劣化を主原因とする事故事例について調査し、危険物施設を長期使用するための安全対策に参考となる事項を抽出した。

１　原子力関連の事故事例

（１）事故の内容

・美浜原子力発電所の配管破裂で蒸気噴出
・浜岡原発タービンの損傷
・敦賀原発２号機の熱交換器から一次冷却水漏れ
・敦賀発電所１号機シュラウドサポートのひび割れ
・浜岡原子力発電所１号機制御棒駆動機構ハウジング貫通部のスタブチューブ取付け溶接部の応力腐食割れ
・敦賀２号機加圧器逃し弁管台溶接部からの漏洩事故
・東京電力福島原発汚染水処理施設のタンク漏れ

（２）主原因

・配管内の乱流によるエロージョン／コロージョンによる局部減肉
・未点検箇所での腐食、疲労トラブルの発生
・定期検査の対象外設備でのトラブル発生
・設計時の想定外の異常振動
・高温と低温の冷却水が交互に流れて「高サイクル熱疲労」で配管に亀裂が発生
・ニッケル合金（インコネル）の溶接部では応力腐食割れが発生
・使用している添加薬品がステンレス製のタンク内面と反応して腐食が発生

（３）対策

・設計：高温、高圧、高速の熱流体が関係する設計では、実際の現象が設計の予想から外れることを想定し、実物大モデルでの挙動の確認
・検査：再生熱交換器胴本体の超音波探傷試験及び寸法調査
・点検：点検リストの作成と統一的管理による配管肉厚管理の規定化
・点検：運転中の巡視点検の強化。特に溶接部等は重点的に点検

（４）留意事項

・機械、装置は必ず劣化するとの認識が必要であること。
・低速、低圧がいつも安全であるとは限らないこと。
・不具合の兆候をモニターする。ただし、モニターする範囲が大切であること。
・インコネル合金を使用し、補修などで高い残留応力が発生している溶接部には応力腐食割れが発生すること。

２　港湾関連の事故事例

（１）事故の内容

・桟橋出荷設備における圧力計取付け用枝管の腐食部からの重油の漏えい

・漁船に積載中の酸素ガス容器の腐食による破裂

（２）主原因

・海水飛沫による配管外面腐食の進行。

・配管の再塗装時の錆落としなどの塗装前の下地処理が不十分であった。このため腐食が進行した。

・海風の影響及び海水に触れる環境での容器放置による外部腐食。海岸雰囲気でのＭｎ鋼の腐食速度は 0.31㎜/年であった。

（３）対策

・検査：目視検査の強化

・管理：腐食の疑いがある場合は全長について塗膜と錆を除去し、複数方向の肉厚の測定

・点検：長期貸出し容器の台帳管理の徹底と定期的な点検

（４）留意事項

・外面腐食は、ある特定部位に発生しやすいこと。

・腐食した配管類の保全修理作業では、腐食が予想外に内部まで進行していることが多いこと。

・残圧のある設備を放置すると腐食により破孔し破裂のおそれがあること。

・ガスボンベ容器管理の徹底すること。

・窒素、酸素等のガスボンベ容器の破裂事故は毎年発生していること。

３　上下水道設備関連の事故事例

（１）事故の内容

・上水道滅菌設備のバルブからの塩素ガス漏えい

・上水配管漏水で近くに埋設してあったガス管が腐食して破損

・市道の地下に埋設された上水道の水道管から水が噴出

・水道水に白い異物が混入

・上水道施設の維持管理不備による断水

（２）主原因

・滅菌設備の塩素が水分と反応して塩素イオン化しバルブのスピンドルの腐食を促進させた。

・水道管の漏水（噴出）箇所の 10㎝直上でガス管が交差しておりガス管が腐食した。

・土質等の影響により埋設配管が腐食した。

・水道管内面の腐食を防ぐための保護材が劣化によりはがれ混入した。

・要員不足による運転監視体制不備
・技術の継承がなされていない。

（3）対策

・管理：バルブに防災キャップの取付け
・施工：水道管とガス管を道路の左右などに離して敷設する。上下に敷設しない。
・施工：土壌に直接触れる埋設配管の外面腐食防止対策として、配管を被覆するポリエチレンスリーブは、埋設配管が腐食することを防ぐ効果がある。
・検査：次のような埋設配管腐食部の診断方法がある。
① 電位差利用：埋設鋼管とアース間に電圧を印加することで、アース（大地）と埋設鋼管に電気的な閉回路ができ電流が流れる。この電流の多くは塗覆装損傷部に集中して流れ込むため、損傷部近傍の地表面に電位勾配を生じる。点間電位差として連続計測し腐食部を特定できる。
② 電磁波利用：電磁波をアンテナから地中に向けて放射し、土と電気的性質の異なる物質（埋設管、空洞等）から反射波を受信して、到達時間から埋設物の位置と深さを確認する。
・管理：老朽化した配管の計画的更新
・管理：運転監視体制の見直し
・管理：技術の継承方法検討

（4）留意事項

・腐食の診断方法など同様の手法が危険物施設の配管でも活用できる可能性がある。

4 鉄道関連の事故事例

（1）事故の内容

・エキスポランド・ジェットコースター事故
・JR 西日本新幹線トンネルにおけるコンクリート剥落
・大井川鉄道列車脱線事故

（2）主原因

・ジェットコースター車輪を支える軸のねじ部の疲労破壊
・不十分な装置検査の頻度と検査内容及び行政へのずさんな報告
・トンネル内の長期間にわたる漏水・温度変化・列車振動などによる側壁のひび割れの進展
・列車通過中に分岐器に使用されているトングレールが左右動を繰り返す状況となっていたことが、トングレールの疲労破壊を進行させた。

（3）対策

・点検：定期検査方法等の明確化及び定期報告内容の充実
・点検：トンネルの総点検実施と応急措置

・検査：線路の疲労解析実施

（4）留意事項

・テーパーとねじの組合せの構造は、いつかは緩みを生じ事故に至る。

・定期検査は軽視される傾向があり、報告制度も形骸化する。

・トンネルの総点検等で機械化による自動計測の原動力の一つとなった。

5　電力関連の事故事例

（1）事故の内容

・ボイラー水管の破孔漏えい

・ボイラーの一次過熱器管及び接触電熱壁管に破孔

・ボイラーの過熱器管及び過熱器吊り下げ管の破孔

・ボイラーの後部ケーシングの隙間に雨水が浸入し水管が外部腐食

・ボイラーの一次低温過熱器管のベンド部に破孔

・節炭器管の破孔

・変圧器が経年劣化及び点検不備のため焼損

・地中ケーブルが絶縁不良のため地絡

・高圧ケーブルが経年劣化のため地絡

・真空遮断器が経年劣化と整備不良により地絡短絡

・風力発電所のロータヘッド内の機器を取り付けているボルトの折損と内部機器の破損

（2）主原因

・経年劣化、絶縁破壊、絶縁不良、化学腐食、外部腐食による減肉、回転機器のボルトの疲労、クリープ破断　　等

（3）対策

・施工：雨水浸入防止工事の実施

・管理：腐食防止対策として、ボイラー水質管理強化の徹底

・管理：経年劣化が予想されるものの早期取替えの実施

・点検：定期点検にてボイラー水管の詳細点検の実施

・点検：定期的な絶縁診断の実施と管理の徹底

・点検：点検周期の見直し

（4）留意事項

・経年劣化、腐食、疲労等に起因するトラブルの比率は全てのトラブルの約 20%程度である。

6　都市ガス関連設備の事故事例

（1）事故の内容

・北見市都市ガス漏れ事故

・藤枝市都市ガス漏出事故
・地下鉄工事現場での都市ガス爆発(天六ガス爆発事故)

（２）主原因

・交通振動、除雪車等の振動による凍結地盤の不同沈下に起因するガス管の疲労破断
・ガス管に大規模な破壊があったにもかかわらず、当初、ガスを微量しか検出できなかった。
・下水道工事による地盤沈下に起因するガス低圧本管の折損
・ガス会社職員のガス漏れ調査における異常の未検出
・地上幹線道路の車輌通行による地盤沈下で振動を受けた埋設ガス管継手強度の劣化
・継手強度が低下していることを予測しておくべきであり、そのための抜け止めの施工を怠ったこと。

（３）対策

・検査：ガス検査精度の向上
・設計：継手強度が低下していることを予測しての設計
・施工：厳冬下でも破壊されにくい樹脂管に変更する。
・施工：開削工事時のガス管防護対策の制定
　①　露出部分の両端が地崩れのおそれのないことの確認
　②　漏えいを防止する適切な措置
　③　温度の変化による導管の伸縮を吸収、分散する措置
　④　危急の場合のガス遮断措置

（４）留意事項

・路面が凍結した上に更に積雪がある場合は、埋設配管から漏れたガスが地表に出られず微量しか検出できない。
・長期間使用されていた施設には何らかの欠陥があると予測して行動すべきである。

７　高圧ガス関連設備の事故事例

（１）事故の内容

〈冷凍設備〉

・冷凍設備における配管破断による冷媒の漏えい
・空冷式ヒートポンプチラーの配管及び可溶栓からの冷媒漏えい

〈圧力容器〉

・液化酸素用超低温容器（LGC）の破裂・着火爆発
・LPG 揚荷配管の圧抜き配管からのガス漏えい
・エチレン貯槽への返送ラインにおけるエチレンガス漏えい
・水素充填設備の圧力計用導圧管からの漏えい
・液化アンモニア導管からの漏えい、噴出

・液化窒素 CE（コールド・エバポレーター）の受入配管継手からの漏えい
・使わなくなった分析用容器の破裂
・タンクコンテナの計装配管の破断
・貯槽配管からの液化石油ガス漏えい
・希硝酸プラント配管からのアンモニア漏えい
・天然ガススタンド内の圧縮機ユニットのクーラーから天然ガス漏えい
・ヨウ素製造プラント塩素ガス製造設備からの塩素ガス漏えい
・三フッ化窒素製造設備の精留塔での火災

（２）主原因

〈冷凍設備〉

・配管ろう付け部の疲労破壊
・ウォーター―ハンマー現象
・配管を固定している結束バンドの振動
・可溶栓のジョイント部のオーリングの劣化
・長期間停止時の薬液による内面腐食

〈圧力容器〉

・配管保温材の中に雨水が浸入し滞留すると配管外面腐食の進行が速くなる。
・局部的な加温により腐食が進行
・不十分な下地処理での配管塗装による塗膜の劣化
・塗膜の内側への水分浸入による腐食の進行
・金属疲労による破断
・振動に伴う繰り返し応力による疲労破壊
・小口径配管への必要な検査や対策の見逃し
・応力集中箇所の疲労による亀裂
・ガスボンベに残ガスが残ったままの長期間放置

（３）対策

〈冷凍設備〉

・施工：配管のサポート支持の強化による振動の抑制
・管理：劣化配管更新と類似箇所の点検を実施
・検査：配管の外面腐食検査方法の見直し
・施工：ウォーターハンマー防止策（高温蒸気と低温ドレンの接触を断つ）

〈圧力容器〉

・施工：配管の外面を塗装
・設計：配管の保温材の施工に関しては、保温材の間隙部が生じにくい形状にする。
・検査：配管の内面腐食状況を X 線透過写真撮影と画像処理法により、運転を停止することなく検査、診断する。

・施工：施工配管にスチームトレースを施工する際は、局部的加温による温度変化に起因する腐食に注意する。
・検査：外面腐食検査の方法を見直す。
・検査：配管の外面腐食の非破壊検査手法として種々のものがある。
・垂直、水平配管　　：ロングレンジガイド波、磁気飽和過流探傷
・被覆配管　　：パルス ET
・ラック接触部配管　：ラックスルー、レイリースキャン
・保温、保冷材の水分：中性子水分計
・検査：メンテナンス体制を強化し、検査箇所、検査方法、部品取替え時期について具体的な基準を作成する。
・施工：塗装施工基準の見直し。下地処理（素地調整）の対象物に配管溶接部を加えて、塗装の施工品質を確保する。
・設計：配管材質を炭素鋼から耐食材（SUS）に変更する。
・設計：常時振動を繰り返し受けている設備や配管は疲労破壊のおそれがあるので、振動を緩和する必要がある。振動変位を吸収できるサポート構造とする。
・設計：防振装置の設置
・管理：停止後の運転開始時は塔内のガス分析を行う。
・管理：運転開始手順を明確にするため、運転管理基準の見直しを行う。
・管理：停止設備の管理基準を見直し、リスク評価表等の見直しを行う。

（4）留意事項
・運転部門や保全部門による日常の目視点検による異常の発見が重要である。
・現場作業員への保安教育の徹底
・目視検査の視点として、配管部分やサポート部分のほかに塗装劣化部を追加する。
・高圧ガス配管の外面腐食対策は、環境要因を遮断することがポイントである。
・極低温のガスを受け入れる際の温度差により応力がかかる部分を把握して、日常及び定期自主等の点検にいかすことが重要である。
・窒素パージをせずに長期間停止していた設備を再稼働する場合は、あらゆるケースを想定したリスク評価を行い、内容物のガス分析等十分な準備を行うこと。

8　ボイラー関連設備・事故事例

（1）事故の内容
・ボイラー水冷壁管損傷
・ボイラー・クーリングスペーサ管損傷
・温水ボイラーに付設された貯湯槽の破裂

（2）主原因
・過大な応力によるボイラー管外面からの疲労亀裂の進行

・ボイラー側フランジのボルト穴裕度不足
・経年的なスティラップ（支持金物）の劣化
・製作不完全（応力が作用しやすい形状）
・配管の内面腐食による閉塞に伴う内圧上昇

（3）対策

・施工：ボイラー内面に加え外面にも隅肉溶接を実施し、応力集中が緩和される構造に変更
・施工：ボルト穴拡大加工の実施。フランジ熱伸び時にボルトへ過大な剪断力が生じない対策を実施
・施工：クーリングスペーサ管を応力緩和型（フレキ管）に取替え
・施工：ロッドスペーサの取付け位置を変更し応力緩和
・施工：耐食性材質に変更
・管理：点検の強化

（4）留意事項

・溶接絡みの事故が多い。
・設備の日常管理に抜けがある。

参考資料２

海外の危険物施設等の事故事例

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

具体的にはMARS（EU）、COMAH（英国）、ARIA（仏国）、CSB（米国）の事故事例データベースから、危険物施設の経年劣化による漏洩事故の事例を収集し、解析を行った。

１　EU（MARS）の調査結果

EU（MARS）の調査に関しては、イギリス安全衛生庁（HSE）が、詳細・精力的に調査を行い、2010年に報告書（Plant Ageing Study Phase 1 Report（RR823））として公表しているため、この報告書の解析結果を引用する。

（１）RR823での解析

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

MARSに登録されている1980年から2006年の間のデータ中で、漏洩に関する重大事故はEU全体で294件ある。それを原因別に分類すると、表１に示すように183件（62 %）が物理的要因（①＋②）によるものである。また、その183件を不良事象別に分類したものが表２である。また、183件の中で96件が経年化した設備・機器で発生している。（表３）

表１　事故原因

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

表２　不良事象

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

表３　経年化の有無

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

（２）解析結果

【機器類の健全性】

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

【電気及び制御系不良】

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

【イギリス安全衛生庁（HSE）のマネジメントシステムの不備】

・監査と指摘事項の対応が弱いので、欠陥が認識されず管理もされないままであった。
・初期の設計の不備が、時間が経つにつれて事故につながった。
・定期的レビューを伴う危険源と影響の管理プロセスがないので、事故の可能性を特定できない。
・保全及び腐食の管理システム、手順、見直しが事故の可能性を特定するのに十分ではなかった。
・スタッフの離職により、プラントや機器の設備・運転・保全情報が伝承されない。
・運転及び保全に携わる要員の継続的な訓練と能力開発がされないので、能力低下が起こる。
・プラント環境や運転方法が変化したのにリスクの見直しがされない。
・運転方法、設備・機器、協力会社を含めた要員の変更管理が実行されない。

２　英国（COMAH）の調査結果

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

（１）事故事例

ア　オランダのビークで発生したエチレンプラントの爆発火災

【事故概要】

圧縮ガスを低温冷却系へ送ったところ、脱プロパン塔からベーパーが漏洩し、着火、爆発したもの。

【経過・原因】

・最初の割れは安全弁とフィードドラムをつなぐ40㎜で発生した。

・フィードドラムの通常運転温度は65℃であるが、脱エタン塔が運転不調となったために、０度以下のC2を含む液体が脱プロパン塔のフィードドラムに流入した。

・この液体がフィードドラム内でフラッシュして、温度が−10℃もの低温になった。

・フィードドラムの材質は−20℃で運転することができたが、経年劣化で溶接部が０℃で破裂した。(低温脆性による破裂)

イ　イギリスのイミンガムで発生した製油所の爆発火災

【事故概要】

製油所の脱エタン塔のコンデンサーに至る配管にある水注入口下部のエルボが開裂し、メタン、エタン、プロパン、ブタン等を含むベーパーが吹き出し、着火、爆発したもの。

【経過・原因】

・当初の設計にはなかった水注入ラインを急場しのぎに設置した。

・設置当時は間欠的に使用する予定がいつの間にか連続使用になっていた。

・注入した水の水滴が直近のエルボに当たり減肉／開裂して、炭化水素が漏洩して着火し火災となった。

・変更管理台帳に記載がないためその後の配管検査で見落とされていた。

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

（２）事故後の対策

HSEは事故後の対策として、各企業が提出する「安全報告書」を評価において、配管類の検査管理、変更管理、腐食管理のプロセスを重視する等、マネジメント上の対応がされた。また、石油精製施設の配管類の検査強化を指示した。(例えば“API 570 Piping Inspection Code”に従った検査の実施など)

３　仏国（ARIA）の調査結果

事故データベースに収録されている事故のうち「Aging and degradation mechanisms」に分類されている事故について調査を行った。さらに事故の中で、施設を長期使用した結果、事故に至った事例16件を解析した。事故事例は表４のとおり。

表４　ARIA に見られる腐食・劣化を原因とする事故事例

番号	破損物件	取扱物質	破損状況	原因物質／事象	設計不良	施工不良	設置場所	設備管理
1	地上移送配管 12B	燃料油	保温材下での腐食による配管穴開き	水による外面腐食				○
2	パージ用 1B 配管	プロピレンガス	ねじ込み継手での配管破裂	振動による機械的疲労			○ 振動	
3	スパイラル熱交換器	硫酸	隔壁（SUS316L）の穴からの水の混入	塩素によるピッチング 殺菌剤変更に伴う変更管理不良				○
4	チューブ熱交換器	ホスゲン	熱交換器チューブの穴開き	堆積物内の残留ホスゲンと水が反応し、生成した塩酸による内面／外面腐食				○
5	コーンルーフタンク	重油	補修で側板に溶接した当て板からの割れ	切欠効果による繰り返し応力割れ不良 設計及び施工不良		○		
6	フローティングルーフタンク	重油	フローティングルーフの割れ	強風による繰り返しの力によるフローティングルーフの割れ				○
7	タンクドレン抜き配管のエルボ	硫酸	タンクドレン抜き配管のエルボ部分の穴開き	加圧下での硫酸との接触 設計不良	○			
8	埋設移送配管	重油、軽油	合成樹脂の防食被覆を施した埋設配管の減肉、腐食、穴開き	海岸地区を走る配管であるため、潮の干満による地下水面の変動が起こり、汽水中の塩素による外面腐食			○ 地下水	
9	地下埋配管のエルボ	硫酸	FRP 配管の曲部やスロープのき裂	酸性環境下における応力腐食割れ（応力は支持土壌の圧縮不足に起因する配管の湾曲と水圧により発生）	○	○		
10	タンク	オルソクレゾール	タンク側板の溶接部の最も弱い溶接線の割れ	蒸気加温コイルの内部腐食に起因する蒸気漏れによりタンク内圧が上昇し側板開裂		○		○
11	①取出し配管	シアン化水素	①溶接部の開裂	①未焼鈍炭素鋼溶接部のシアン応力腐食割れ		○		

番号	破損物件	取扱物質	破損状況	原因物質／事象	設計不良	施工不良	設置場所	設備管理
12	②タンク側板		②タンク側板の溶接部の開裂	②SUS 溶接部の割れ		○		
13	③配管エルボ		③エルボの溶接部の開裂	③SUS 溶接部の苛性ソーダ応力腐食割れ				○
14	加熱炉対流部チューブ	水素、減圧軽油	対流部チューブの開裂	①ポリチオン酸による腐食と酸化・硫化による減肉 ②外面のクリープ割れ				○
15	球形タンク取出しノズル	LPG	取出しノズル 1B の溶接部開孔	雨水のエバンス効果により酸性化し塗膜が水膨れしたため、外部からの腐食				○
16	タンク底板	原油	タンク底板が円弧状に腐食減肉	タンク基礎の砂の圧縮不足により底板に窪みが発生し、水分が滞留しての腐食		○		○

（1）事故原因

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

（2）事故発生場所

配管類９件、熱交換器２件、タンク５件

（3）事故発生原因

① 設計不良 「材料の選定ミス」及び「設計段階で基準に準拠していない」…２件

② 施工不良 溶接不良、溶接面の形状不適、タンク・配管の支持土台の不良…５件

③ 設備管理不良 点検不良、「腐食物質を除去していない」…９件

④ 設置場所不良 振動のある場所、地下水に間欠的に触れる場所など…２件

※事故によっては二つの発生原因があるので、総数は事故件数と一致していない

（4）長期使用に係る事故のパターン

① 外面腐食 雨水、地下水などへ常時又は高い頻度で間欠的に触れ、湿潤状態を形成している場所での腐食（保温材への水の浸み込みも含む）

② 内面腐食 施工不良又は設置環境により配管、底板に窪みが形成され水などが滞留することによる腐食

③ 内面腐食 機器及び配管内に堆積物が残留し、堆積物内の腐食物質による腐食

④ 内面腐食応力腐食割れを発生させる物質への対策が不十分なことによる割れ

4　米国（CSB）の調査結果

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

（１）事故原因

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

（２）事故発生場所

配管類６件、タンク３件、熱交換器２件

（３）事故発生原因

①　管理不良　（９件）　「肉厚検査を実行していない」「減肉傾向に対し適切な処置をしていない」「休止設備の管理不良」

②　プロセス危険性評価不十分（１件）　設計運転温度よりも実運転温度が高い場合のリスク評価の見しがされていない。

③　工事不良　（１件）　溶接技能が不良に加え、X 線検査の実施箇所が規定どおりではなかったので、気泡巻き込みによる強度不足を発見できなかった。

（４）CSB の事故報告書の特徴

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

参考資料３



スマート保安先行事例集

～安全性と収益性の両立に向けて～

平成29年4月

経済産業省　保安課

目次

1 本事例集の概要 1

1.1. 本事例集について 2

1.2. 本事例集におけるスマート化投資の技術について 3

1.3. 保全・保安業務へのスマート化技術活用の方法 4

2 スマート化投資のメリット 5

2.1. スマート化投資による保安面及び収益面のメリット 6

2.2. 安全性向上の手段としてのスマート化 7

2.3. 収益性向上の手段としてのスマート化 10

3 スマート化投資の成功要因 13

3.1. スマート化の成功要因 14

3.2. 強いリーダーシップ／ボトムアップの文化・仕組み 15

3.3. 段階的な導入／システム導入のタイミング 16

3.4. 外部専門企業との協働／技術研修 17

3.5. システムの調整・最適化 18

4 スマート化投資を行った事例 19

4.1. 個別事例から見た各社が享受したメリット　一覧 20

4.2. 企業別個表 21

用語・調査方法の解説 71

本事例集における用語の定義 72

本事例集における調査方法 74

スマート化投資を行った個別事例　目次

石油精製

1. 太陽石油株式会社　四国事業所　21
2. 富士石油株式会社　袖ヶ浦製油所　23

石油化学

3. 宇部興産株式会社　宇部ケミカル工場　25
4. JNC石油化学株式会社　市原製造所　27
5. 昭和電工株式会社　川崎事業所　29
6. 住友化学株式会社　31
7. テクノポリマー株式会社　四日市事業所　33
8. 丸善石油化学株式会社　千葉工場　35

一般化学

9. 旭化成株式会社　水島製造所　37
10. 花王株式会社　和歌山工場　39
11. 四国化成工業株式会社　丸亀工場　41
12. 株式会社ダイセル　網干工場　43
13. 東洋合成工業株式会社　市川工場　45
14. 日本エイアンドエル株式会社　愛媛工場　47
15. 日本曹達株式会社　二本木工場　49
16. 三菱ガス化学株式会社　四日市工場　51

電力

17. 関西電力株式会社　舞鶴発電所　53
18. 中国電力株式会社　島根原子力発電所　55
19. 中部電力株式会社　碧南火力発電所　57
20. 北海道電力株式会社　59

ガス

21. 大阪ガス株式会社　61
22. 東京ガス株式会社　63
23. 北海道ガス株式会社　65

インフラ等

24. ニッポン高度紙工業株式会社　米子工場　67
25. 東日本旅客鉄道株式会社　69

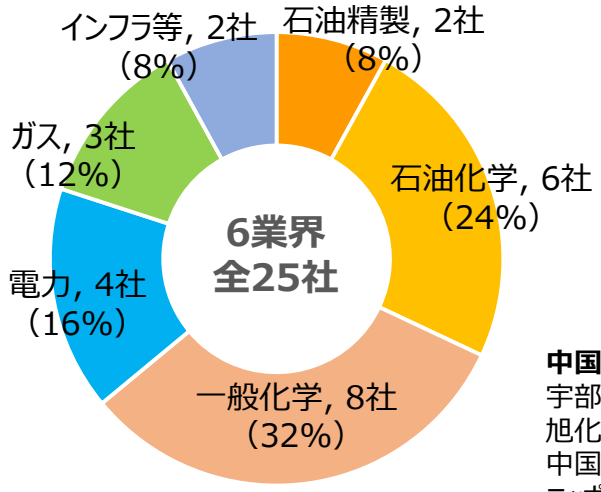
※各業種内は五十音順

1 本事例集の概要

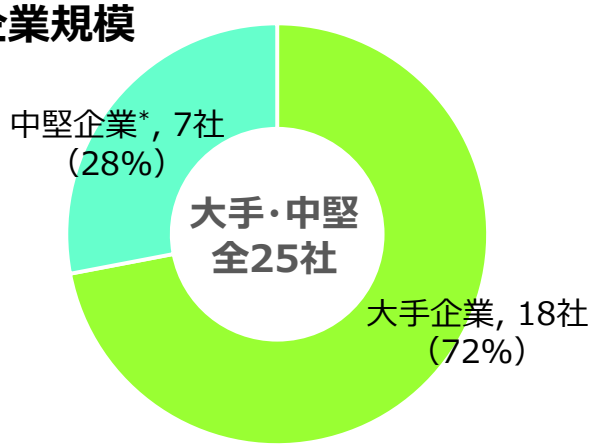
1.1.本事例集について

本事例集では、ヒアリングを通じて、スマート化投資を行った企業から得た情報に基づき、スマート化のメリット及び成功要因についてとりまとめ、以下の６業種に属する25社分を事例として収載した。

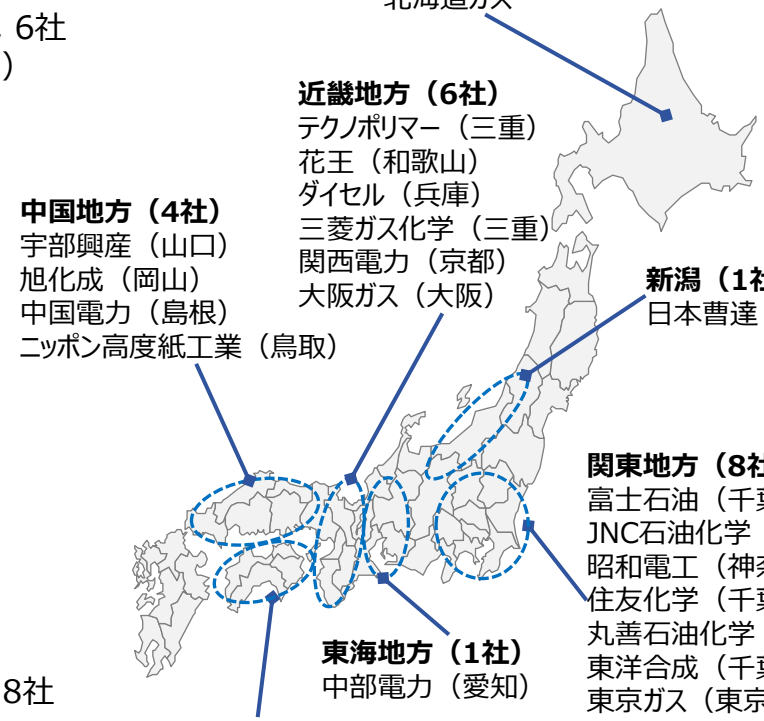
業界



企業規模



事業所所在地域



北海道（2社）
北海道電力
北海道ガス

近畿地方（6社）
テクノポリマー（三重）
花王（和歌山）
ダイセル（兵庫）
三菱ガス化学（三重）
関西電力（京都）
大阪ガス（大阪）

中国地方（4社）
宇部興産（山口）
旭化成（岡山）
中国電力（島根）
ニッポン高度紙工業（鳥取）

新潟（1社）
日本曹達

関東地方（8社）
富士石油（千葉）
JNC石油化学（千葉）
昭和電工（神奈川）
住友化学（千葉等）
丸善石油化学（千葉）
東洋合成（千葉）
東京ガス（東京）
JR東日本（東京等）

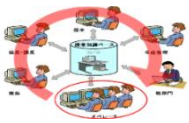
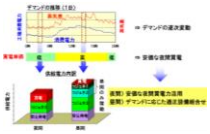
東海地方（1社）
中部電力（愛知）

四国（3社）
太陽石油（愛媛）
四国化成工業（香川）
日本エイアンドエル（愛媛）

*本事例集では、資本金100億円未満の企業を指す

1.2.本事例集におけるスマート化投資の技術について

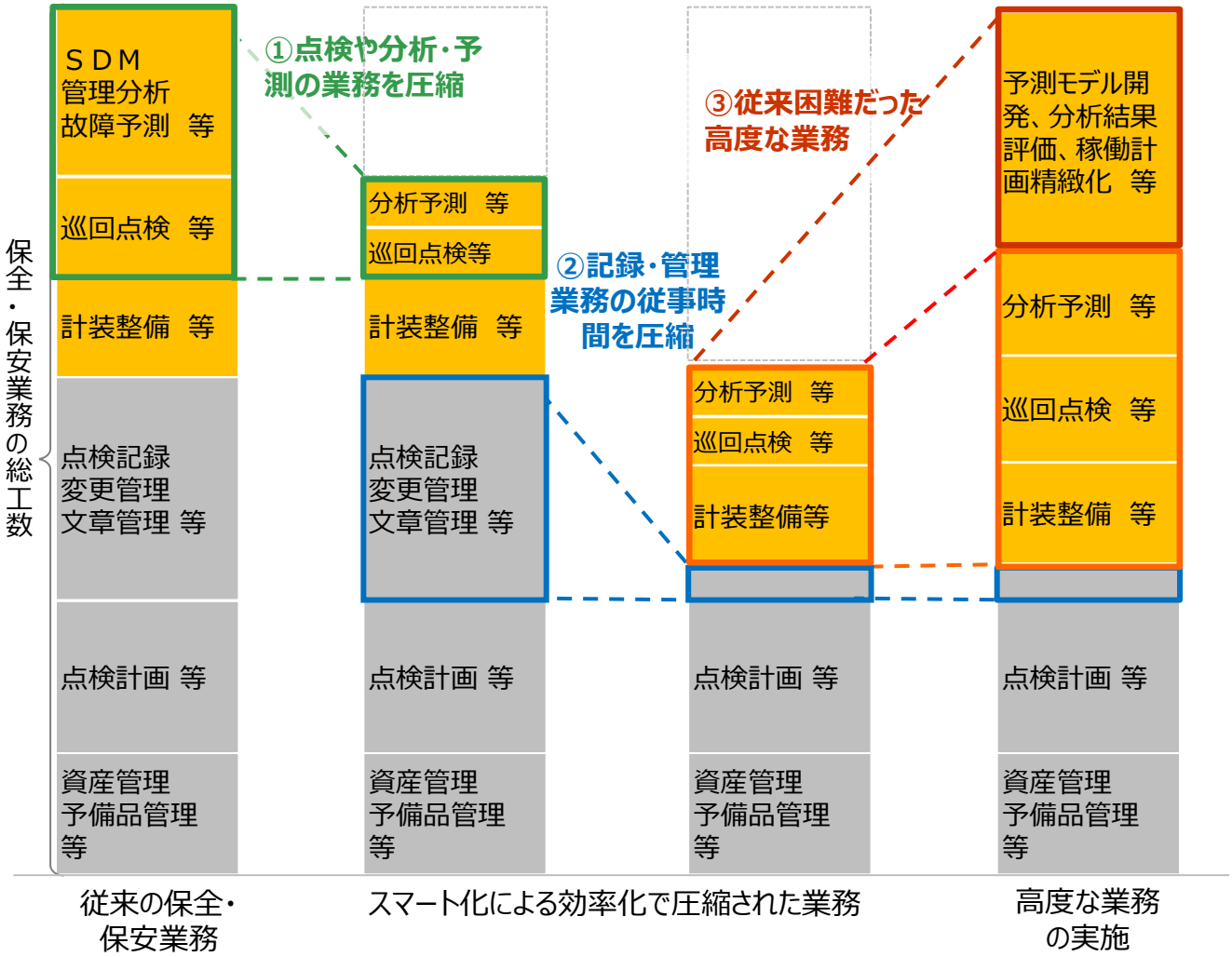
本事例集では、従来より大量・多種の情報を電子データとしてリアルタイムに取得・共有する技術や、人では気づかない異常の予兆検知の技術を導入・活用し、プラントの収益性や安全性を向上する取組をヒアリング対象とした。
スマート化技術の代表例は以下のとおりである。

	スマート技術の事例		具体的活用方法
データ取得	タブレットの活用		•現場で点検データや作業メモをタブレットに入力することで、履歴の電子化を促進
	 **端末を活用し点検を効率化**		
	センサーの活用		•調節弁にセンサーを搭載し（スマートバルブ）、稼働を止めずデータを収集可能
	 **より大量・多種のデータをリアルタイム**に取得		
データ蓄積・分析	データベース化		•熟練運転員の知見・意思決定プロセスをデータベースに蓄積して共有
	 作業記録等を**電子データ化してノウハウを蓄積**		
	事前予兆検知		•過去の実績値等を基に発電量の最適化を図る
	 最適モデルを予測し、**人では気づかない予兆を検知**		
結果の周知	アラームマネージメント		•アラームシステムの閾値や頻度を設定することで、必要なアラームのみを作動
	 **重要な事故に繋がり得る予兆等に限定**して、作業員に周知		

1.3.保全・保安業務へのスマート化技術活用の方法

本事例集の掲載企業の事例ではスマート化技術を、①従来の点検や分析業務の効率化・圧縮、②記録・管理業務の効率化・圧縮、③従来困難だった高度な保全・保安業務の実施などに活用した事例が存在した。

**スマート化による従来の業務時間の圧縮と
それにより生まれた時間の活用イメージ**



2 スマート化投資のメリット

2.1.スマート化投資による保安面及び収益面のメリット

本事例集では保安面及び収益面の２点に基づいて、スマート化投資のメリットを収集・分析した。その結果、本事例集における掲載企業（25社）の全てが、スマート化を通じて、保安面及び収益面双方が向上と回答。（25社のうち、21社が保安面・収益面双方の向上を目指してスマート化技術を導入、3社が保安面の向上、1社が収益面の向上を目指して同技術を導入した。）

また、本事例集では、保安面及び収益面のメリットをそれぞれ４点に分けて分析を行った。具体的なメリット及びその具体例は以下のとおりである。

保安面のメリット	具体例	収益面のメリット	具体例
作業履歴の管理 **12/25社**	現場での作業に関するメモなど、**作業履歴を電子データ化。タブレット端末を用いて効率的かつ効果的に入力・保存できる仕組み**でバックアップ（住友化学）	エネルギーコストの削減 **2/25社**	熟練のノウハウ、過去の実績、予測値を組み合わせた**シミュレーションを行うことで、工場全体の総光熱費の最適化を図り、1.2%の改善を実現**（花王）
熟練ノウハウの蓄積・可視化 **7/25社**	**ＩＴを駆使して、これらをシステム化し、運転員の的確な判断と迅速な対処に貢献**（ダイセル）	生産性向上による売上拡大 **10/25社**	異常予兆検知システムにより、**異常への早期対応及び安定稼働が可能**となり、**品質のぶれ幅を縮小**。品質を一定に保つことで従来より売上を向上（宇部興産）
従来把握できなかった状態の監視 **13/25社**	ドローンの活用により、**危険な現場の点検が可能となり、点検作業の安全性が向上**。また、従来の**目視点検では確認しにくく見落としがちであった箇所も容易に確認可能**（関西電力）	維持修繕におけるコスト削減 **23/25社**	全て手作業で行っていた発注書作成等の作業を自動化することで、**業務工数を約4分の1に削減**。（JNC石油化学）
故障の予測 **10/25社**	新たに配管の腐食速度、腐食倍率を導きだし、**配管の腐食を予測することで、配管からの漏れ等のトラブルを未然に防止**（旭化成）	新ビジネス創出を通じた売上拡大 **1/25社**	将来的には、**設備故障の予兆監視等の各サービスを国内外の火力発電事業者に提供する予定**であり、**インフラ輸出にもつながる**可能性を有する（中部電力）

2.2.安全性向上の手段としてのスマート化

本事例集では安全性向上のメリットを「作業履歴の管理」、「熟練ノウハウの蓄積・可視化」、「従来把握できなかった状態の監視」、「故障の予測」の4つに分類した。

	メリットの概要	該当企業*
作業履歴の管理	✓作業とその判断の履歴を電子データとして記録することで作業の抜漏を防止 ✓モバイルデバイスによる作業履歴の即時入力・共有を通じ、情報の検索工数を削減	**12/25社** JNC石油化学 住友化学 テクノポリマー 丸善石油化学 ダイセル 日本曹達 三菱ガス化学 中国電力 大阪ガス 北海道ガス ニッポン高度紙工業 JR東日本
熟練ノウハウの蓄積・可視化	✓熟練作業員のノウハウをデータとして蓄積・可視化し、若手人材も保全業務に活用 ✓システムに熟練ノウハウを反映し活用	**7/25社** JNC石油化学 住友化学 テクノポリマー 花王 ダイセル 日本エイアンドエル 三菱ガス化学
従来把握できなかった状態の監視	✓従来の点検では見えなかった箇所を監視 ✓点検に危険が伴う箇所を監視	**13/25社** 太陽石油 富士石油 昭和電工 旭化成 花王 東洋合成工業 関西電力 北海道電力 大阪ガス 東京ガス 北海道ガス ニッポン高度紙工業 JR東日本
故障の予測	✓データ解析・予兆検知システムを通じた、異常の未然防止 ✓熟練ノウハウや新しく利用可能となったデータを用いた、人による予測	**10/25社** 太陽石油 宇部興産 JNC石油化学 昭和電工 旭化成 四国化成 ダイセル 中国電力 中部電力 JR東日本

* 企業によっては複数のメリットが該当

2.2.安全性向上の手段としてのスマート化
作業履歴の管理／熟練ノウハウの蓄積・可視化

作業履歴の管理

概要

運転操作や点検、判断に関する履歴を電子データとして記録。トラブル対応時などは、過去の類似状況の検索・参照を容易にすることで、必要なタイミングで必要な情報を取得

ヒアリング企業の事例

現場での作業に関するメモなど、作業履歴を電子データ化。タブレット端末を用いて効率的かつ効果的に入力・保存できる仕組みでバックアップ（石油化学：住友化学）

紙資料の電子化を担当する専属のスタッフを配置し、必要性の高い資料を優先的に電子化。機器の部品の単価、作業に必要な工数、作業履歴等の設備保全に関連するほぼすべてのデータを保全管理システムに蓄積していった（石油化学：JNC石油化学）

本システム導入により、引継ぎ情報を時系列で管理し、後から活用しやすい形式で運転異常への対応方法等のノウハウを蓄積することが容易になった（石油化学：テクノポリマー）

保安に係る各種情報を地図上で一元管理し、災害によりガス供給を停止した顧客を速やかに確定。各作業工程間で確実に情報連携を行い、復旧進捗状況の「見える化」を実現（ガス：大阪ガス）

該当事例数 12/25社



熟練ノウハウの蓄積・可視化

概要

熟練作業員のノウハウを電子データとして蓄積。モバイル等を通じて可視化・共有化し、若手人材も保全業務に活用

ヒアリング企業の事例

日々の稼働状況を数値化していく過程で、熟練のノウハウを蓄積・可視化。更にシミュレーション値と実際の稼働値の差などを日々若手と熟練で議論していくことにより、技術伝承のきっかけとしても作用（一般化学：花王）

熟練運転員へのインタビューを通して、意思決定方法を表出させ標準化。ＩＴを駆使して、これらをシステム化し、運転員の的確な判断と迅速な対処に貢献（一般化学：ダイセル）

熟練人材のノウハウを基に、アラーム作動時の機器の対応操作手順を標準化し、若手人材が熟練ノウハウを活用（一般化学：日本エイアンドエル）

従来はノートに記録されていた作業の申し送り事項を、ナレッジデータベース機能を有するシステムに電子データとして入力・共有することにより、適切な操作方法・判断基準の伝承・標準化が進んでいる（一般化学：三菱ガス化学）

該当事例数 7/25社



2.2.安全性向上の手段としてのスマート化
従来把握できなかった状態の監視／故障の予測

従来把握できなかった状態の監視

概要

センサーが搭載された機器で、従来の点検では見えなかった箇所を監視。高所点検に危険が伴う箇所を監視する機器や、普段見えない箇所の問題点を周辺情報から推測。より詳細な状態の把握につなげるとともに、危険が伴う作業を削減

ヒアリング企業の事例

従来は見えなかった緊急停止ロジックの作動状況（予め設定された条件に基づき回路や調節弁等の設備が正しく作動するか等）が可視化されるなど、万が一の場合の安全・安心な対応に備えた状態監視に寄与（石油精製：富士石油）

（スマートバルブにより）調節弁の動作状況など、従来の点検では取得できなかったデータが入手でき、異常を検知しやすくなった（石油化学：昭和電工）

ドローンの活用により、危険な高所へ人が行かずとも、現場の点検が可能となるため、点検作業の安全性が向上。また、目視点検では確認しにくく見落としがちであった箇所も容易に確認可能（電力：関西電力）

（送電線故障情報システムにより）故障地点の標定誤差（標定された故障地点と実際の故障地点との距離）が、従来の手法と比較して平均約1/7に縮小され、より高精度で状態を管理できるようになった（電力：北海道電力）

該当事例数
13/25社



故障の予測

概要

データ解析・予兆検知システムにより異常を予兆段階で検知。故障や事故を未然に防止すると共に、設備の余寿命をより正確に予測し、適切なタイミングで修繕・交換を実施

ヒアリング企業の事例

将来の重要プロセス変数のトレンド予測に基づき、プラントの異常運転により生じる設備の故障も予測しアラームを発する。有効なアラームの割合は10か月で約60%程度である（石油精製：太陽石油）

熟練人材が経験の中で身につけた異常の予兆に関する「気づき」をシステムで検知。対処のための時間を確保することでプラント運転を安定化（石油化学：宇部興産）

新たに配管の腐食速度、腐食倍率を導きだし、配管の腐食を予測することで、配管からの漏れ等のトラブルを未然に防止（一般化学：旭化成）

検測車両の走行時に、軌道の高低差や架線設備の摩耗状態などの設備状態のデータを収集。閾値を逸脱したデータを検知した場合、速やかに職場へ送付（インフラ等：JR東日本）

該当事例数
10/25社



2.3.収益性向上の手段としてのスマート化

本事例集では収益性向上のメリットを「エネルギーコストの削減」、「生産性向上による売上拡大」、「維持修繕におけるコスト削減」、「新ビジネス創出を通じた売上拡大」の4つに分類した。

	メリットの概要		該当企業*
エネルギーコストの削減	✓稼働の安定化を通じたエネルギーロスの削減	2/25社	花王 ダイセル
生産性向上による売上拡大	✓異常の予兆検知と早期対応により設備トラブルを防ぎ、稼働率を向上 ✓異常検知システムによる品質のブレ幅縮小などにより、価格の高い高品質製品の生産量を増加	10/25社	太陽石油 宇部興産 JNC石油化学 テクノポリマー 四国化成 ダイセル 東洋合成工業 日本エイアンドエル 三菱ガス化学 中部電力
維持修繕におけるコスト削減	✓従来より広範囲・高頻度な点検を通じ、必要なタイミングのみで修繕・交換することで、無駄な費用を回避 ✓点検や分析業務の機械化、および紙文書の電子データ化等による業務工数削減	23/25社	（太陽石油、花王を除く全社）
新ビジネス創出を通じた売上拡大	✓ベンダーの技術をベースにしつつ、自社で開発を加えたシステムを、プラントのスマート化製品として他社に販売	1/25社	中部電力

* 企業によっては複数のメリットが該当

2.3.収益性向上の手段としてのスマート化
エネルギーコストの削減／生産性向上による売上拡大

エネルギーコストの削減

概要

異常の予兆検知やアラームシステムを活用し、異常の発生を未然に防ぐことで稼働を安定化。エネルギーのロスを防ぐ

ヒアリング企業の事例

熟練のノウハウ、過去の実績、予測値を組み合わせシミュレーションを行うことで、工場全体の総光熱費の最適化を図り、1.2%の改善を実現（一般化学：花王）

運転員の作業負荷件数90%削減するとともに、安全・安定生産や品質改善、コストダウンを実現し、総原価20%の削減や生産性3倍を達成（一般化学：ダイセル）

該当事例数 2/25社



生産性向上による売上拡大

概要

異常の予兆検知と、それに基づく早期対応により設備トラブルを未然に防ぎ、稼働を安定化。設備の停止や異常に伴う機会損失の減少・品質のブレ幅縮小により、生産性を向上

ヒアリング企業の事例

異常予兆検知システムにより、異常への早期対応およびこれまで以上の安定稼働が可能となり、品質のぶれ幅を縮小。低品質になるとその分価格が下がるため、品質を一定に保つことで従来より売上を向上（石油化学：宇部興産）

修理計画や予算策定、発注書作成作業を自動化することで、業務工数を約4分の1に削減。工数削減によって得た時間は、保全周期の再考等の業務改善や、より付加価値の高い事業の検討等、プロジェクト的な活動にあてられるようになった（石油化学：JNC石油化学）

申し送りの電子化により品質トレンドが管理しやすくなり、収益減の要因となりうる品質のばらつきの抑制を実現（一般化学：三菱ガス化学）

稼働効率の低下因子を分析・検知し、早期に対応。稼働率向上により収益が増加（電力：中部電力）

該当事例数 10/25社



2.3.収益性向上の手段としてのスマート化
維持修繕におけるコスト削減／新ビジネス創出を通じた売上拡大

維持修繕におけるコスト削減

概要

高頻度な点検や分析・予測、アラーム発出業務等の機械化や、紙文書の電子データ化とモバイルを活用した情報共有等により、維持・修繕に係る業務工数を削減

ヒアリング企業の事例

稼働中のバルブの状態を把握し状態基準保全へ移行することで、不要なメンテナンスを1割程度回避し、コスト削減を図る（石油化学：昭和電工）

従業員の業務の約10%程度を占めた文書の検索作業を効率化。工事発注用仕様書の自動作成が可能となり、プラントの運転や保全に関わる従業員一人あたりの年間約180時間の工数を削減（石油化学：丸善石油化学）

（異常予兆検知システムにより）保守が必要な時期をより正確につかむことで、分解点検等の頻度を削減でき、将来、保守コストの低減につながる（電力：中国電力）

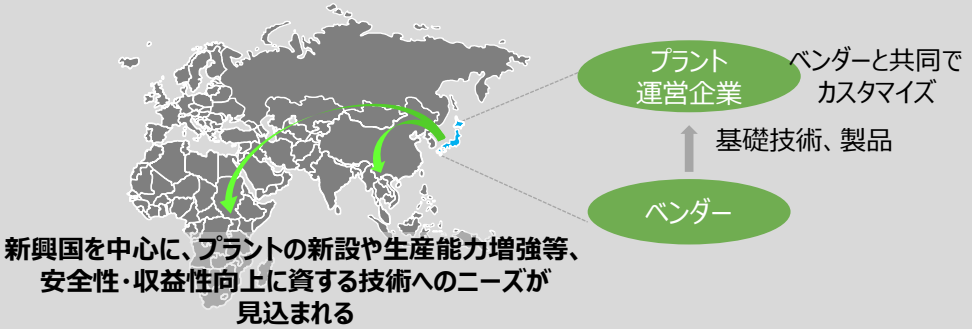
（地震防災システムによって）ガス管に被害を及ぼすような大きな揺れを検知した地域のガス供給を遠隔操作で停止。従来、現地作業のため40時間程度かかると想定されていたガス供給の停止作業が10分程度で済むようになった（ガス：東京ガス）

該当事例数
23/25社

新ビジネス創出を通じた売上拡大

概要

ベンダーの技術をベースにしつつ、自社で開発をしたステムを、プラントのスマート化製品として他社に販売



ヒアリング企業の事例

将来的には、設備故障の予兆監視、要因分析および運転保守支援等の各サービスを国内外の火力発電事業者に提供する予定であり、インフラ輸出にもつながる可能性を有している
（電力：中部電力）

該当事例数
1/25社

3 スマート化投資の成功要因

3.1.スマート化の成功要因

ヒアリング企業がスマート化投資を行う際に、重要な事項として挙げた成功要因を７つに分類して記載を行った。

	要因の概要	該当企業*	
① 強いリーダーシップ	✓経営層によるスマート化方針の提示 ✓予算不足や導入リスク等の現場が抱える課題の解決策の提供	11/25社	富士石油　日本曹達　中部電力 宇部興産　三菱ガス化学　北海道電力 住友化学　関西電力　ニッポン高度紙工業 四国化成　中国電力
② ボトムアップの文化・仕組み	✓現場からの活発な提案 ✓現場の人材も加わった技術の開発・導入	12/25社	太陽石油　丸善石油化学　中国電力 昭和電工　JNC石油化学　大阪ガス 住友化学　旭化成　北海道ガス テクノポリマー　三菱ガス化学　JR東日本
③ 段階的な導入	✓効果を検証しながら、スマート化技術への投資規模を拡充、他事業所への横展開	8/25社	昭和電工　花王 住友化学　東洋合成工業 テクノポリマー　日本曹達 丸善石油化学　中部電力
④ システム導入のタイミング	✓スマート化の社会的気運の高まりを受けた導入検討 ✓新プラントの増設のタイミングを狙った導入	5/25社	四国化成　中部電力 ダイセル　東京ガス 東洋合成工業
⑤ 外部専門企業との協働	✓自社に合った技術の提案や、導入時のカスタマイズにおける支援 ✓社内人材へのIT技術研修における支援	3/25社	太陽石油 日本エイアンドエル JR東日本
⑥ 技術研修	✓現場人材がスマート化技術を活用するための支援	8/25社	富士石油　日本エイアンドエル　東京ガス 宇部興産　関西電力 花王　中国電力 ダイセル
⑦ システムの調整・最適化	✓生産設備の更新等に合わせ、継続的にチューニングを実施	13/25社	太陽石油　花王　大阪ガス 宇部興産　ダイセル　北海道ガス テクノポリマー　日本エイアンドエル　ニッポン高度紙工業 JNC石油化学　三菱ガス化学 旭化成　北海道電力

＊ 企業によっては複数の要因が該当

3.2. 強いリーダーシップ／ボトムアップの文化・仕組み

成功要因1 強いリーダーシップ 11/25社

- スマート化技術を導入する際は、経営層による自社のスマート化方針の提示が重要
- 経営層が、現場の抱える予算制限や導入リスクといった課題解決を支援し、不安感を減らすことが効果的

ヒアリング企業の事例

✓**ITの知見を有する社長**がトップダウンで導入を決定。**組織横断のプロジェクトメンバーが現場でヒアリング**を実施し、安全性向上に向けた課題を明確化（宇部興産）

✓**本社IT部門が、本社の費用負担でのタブレット導入を各工場に打診**し、製造現場へのタブレット導入を推進（日本曹達）

✓本社にてスマート化の方針と導入技術の種類を定め各事業所に提案し、**事業所での取組を予算面や情報面などからサポート**（三菱ガス化学）

✓システムの導入は**本店工務部を中心に決定**した。無駄な故障地点の探査が軽減されるなど、**現場でもメリットをイメージしやすいよう説明**がなされた（北海道電力）

成功要因2 ボトムアップの文化・仕組み 12/25社

- 保全・保安現場の担当者からの自発的な提案に基づき技術導入が進められることにより、同じ現場の理解が得られやすく、技術導入がスムーズに行える
- 現場の人材も加わったシステムの開発・構築も効果的

ヒアリング企業の事例

✓**本社経営層が生産現場を理解することを重要視**し、本社の保安部門等では現場経験者を半数程度配置。現場からの提案を促進する文化を形成（太陽石油）

✓現場が主体的にシステム導入を推進。**システム導入後も現場が発案したシステム改善に関するアイデアを取り纏めることで、導入効果を向上**（テクノポリマー）

✓**事業所で独自に決裁できる予算**の範囲内で、現場主導による新技術導入を促進（昭和電工）

✓現場担当者からのニーズによりシステム構築が開始され、**現場担当者が開発に直接関与することで、使い勝手のよいシステムを構築**（北海道ガス）

3.3. 段階的な導入／システム導入のタイミング

成功要因3 段階的な導入 8/25社

- まずモデルケースとなる事業所や、一部の部署において、スマート化技術の導入効果を検証し、効果が確認された技術から投資規模を拡充し、他事業所への横展開を図る

ヒアリング企業の事例

✓**スモールスタート**で新技術を導入し、効果を確認後に導入規模を拡大（昭和電工）

✓**本社がスモールスタートで多数の技術導入の検討を進め、**効果が確認できたものから、**拡充や複数事業所への横展開を実施**（住友化学）

✓優先度を付けて無線通信機能付きの液面計を設置するタンクを決め、小規模な技術導入で効果を実証（東洋合成）

✓ベンダーとも協力し、**まずは実証的な研究で有効性を確認した後に本格導入**（中部電力）

成功要因4 システム導入のタイミング 5/25社

- 経営の効率化など業界・企業の転機を好機ととらえ、新技術を導入することが効果的
- 社内での新技術の活用への関心や気運の高まりを活用することも重要

ヒアリング企業の事例

✓プラント増設のタイミングで、新しいシステムを導入（四国化成）

✓**熟練運転員の減少と海外企業との競争激化に備え**、システム開発を含む抜本的な業務改革を実施（ダイセル）

✓**社内でデータ活用の必要性が認識されたタイミングで、新技術を導入**し、効果を実証（東洋合成）

✓国内電力の需要低下に伴い、**経営効率化や新ビジネスの機会創出等の必要性が認識され、更に社会がIoTなどの新技術に注目するようになった頃に導入**（中部電力）

3.4. 外部専門企業との協働／技術研修

成功要因 5 外部専門企業との協働 3/25社

- ベンダーからの提案を活用して、技術の導入を実施
- 導入時のカスタマイズにおいてベンダーの知見を活用することでカスタマイズが効率的に実施できる

ヒアリング企業の事例

✓**ベンダーの技術サポートによって**、将来の重要プロセス変数の変動トレンド予測**モデルを精緻化**（太陽石油）

✓**保安ベンダーと共同で**、運転員の非定常時の対応力など、自社人材の保安面での**熟練度合に適したアラームマネジメントシステムを導入**（日本エイアンドエル）

✓**検測（設備検査を目的とした測定）については、専門知識を有する関連会社に委託**し、**データの保存については、システム会社に委託**することで、日々の検測作業を確立している（東日本旅客鉄道）

成功要因 6 技術研修 8/25社

- 導入したスマート化技術を現場の人材が活用できるようになるために、導入時に研修を行うことが重要
- 導入技術の習熟のために、定期的な研修も効果的

ヒアリング企業の事例

✓**技術の採用担当者が仕様を習得した上で社内教育を行い、人材を育成。**運転に係るシステムは単に機能面だけでなく、運用面でのノウハウも必要であり（保全部門担当者への引渡し、引取り等）、社内での人材育成が重要となる（富士石油）

✓従来より自社内のプラント設計理論に詳しい人材にデータ解析の方法を教えることで、データサイエンティストを育成（宇部興産）

✓**社内でITが得意な人材やITに関心のある人材に、社内のDCSに詳しい人材が技術教育を実施**することで、自社内でシステム保守・改善が可能となった（日本エイアンドエル）

✓ドローンの操縦技術の研修を進めるとともに、設備に精通したベテラン社員の持つ点検ノウハウも併用することで、点検技能の習熟を図った（関西電力）

3.5. システムの調整・最適化

成功要因 7 システムの調整・最適化 13/25社

- 実際に使用する現場職員のニーズに合わせて、導入システム・技術をカスタマイズ
- 導入時の一度だけでなく、生産設備の更新等に合わせ継続的にチューニングを行うことが重要

ヒアリング企業の事例

✓自社プラントの稼働設備における温度や圧力変動の傾向に合わせて**導入後のシステムをチューニングすることで、アラーム作動の精度や信頼性を向上**（太陽石油）

✓自社内でシステムの調整・最適化を続けることで、使い勝手の良い保全システムを構築（JNC石油化学）

✓現場のニーズに応じて、申し送り情報電子化システムやタブレットを柔軟に調整。事業所が導入技術を選定する際は拡張性を評価項目とし、**現場の運用方法に合わせ、柔軟に調整できるシステムを選定**（三菱ガス化学）

✓システム設定（アラーム作動の閾値や頻度、優先度等）を**3ヶ月に1回、作業員の技量等に合うよう見直す**ことで、監視漏れ・操作ミスの防止効果を最適化（日本エイアンドエル）

4 スマート化投資を行った事例

個別事例から見た各社が享受したメリット　一覧

			安全性向上のメリット				収益性向上のメリット			
			作業履歴の管理	熟練ノウハウの蓄積・可視化	熟練把握できなかった状態の監視	故障の予測	エネルギーコストの削減	生産性向上による売上拡大	維持・修繕におけるコスト削減	新ビジネスの創出を通じた売上拡大
石油精製	1	太陽石油株式会社 四国事業所			✓	✓		✓		
	2	富士石油株式会社 袖ケ浦製油所			✓				✓	
石油化学	3	宇部興産株式会社 宇部ケミカル工場				✓		✓	✓	
	4	JNC石油化学株式会社 市原製造所	✓	✓		✓		✓	✓	
	5	昭和電工株式会社 川崎事業所			✓	✓			✓	
	6	住友化学株式会社	✓	✓					✓	
	7	テクノポリマー株式会社 四日市事業所	✓	✓				✓	✓	
	8	丸善石油化学株式会社 千葉工場	✓						✓	
一般化学	9	旭化成株式会社 水島製造所			✓	✓			✓	
	10	花王株式会社 和歌山工場		✓	✓		✓			
	11	四国化成工業株式会社 丸亀工場				✓		✓	✓	
	12	株式会社ダイセル 網干工場	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	13	東洋合成工業株式会社 市川工場			✓			✓	✓	
	14	日本エイアンドエル株式会社 愛媛工場		✓				✓	✓	
	15	日本曹達株式会社 二本木工場	✓						✓	
	16	三菱ガス化学株式会社 四日市工場	✓	✓				✓	✓	
電力	17	関西電力株式会社 舞鶴発電所			✓				✓	
	18	中国電力株式会社 島根原子力発電所	✓			✓			✓	
	19	中部電力株式会社 碧南火力発電所				✓		✓	✓	✓
	20	北海道電力株式会社			✓				✓	
ガス	21	大阪ガス株式会社	✓		✓				✓	
	22	東京ガス株式会社			✓				✓	
	23	北海道ガス株式会社	✓		✓				✓	
インフラ等	24	ニッポン高度紙工業株式会社 米子工場	✓		✓				✓	
	25	東日本旅客鉄道株式会社	✓		✓	✓			✓	
合計			12	7	13	10	2	10	23	1

石油精製

1. 太陽石油株式会社四国事業所

現場のノウハウを反映した異常の予兆検知システムを活用。稼働安定化による生産性向上につなげる

事業内容

事業内容	石油精製
事業所従業員数	408名
所在地	愛媛県今治市
会社情報	本社所在地：東京都千代田区 従業員総数：669名 資本金：56億円
生産製品	石油製品 石油副産品

導入技術

重要プロセス変動監視ツール

- 重要プロセス変数（温度・圧力等）を監視し、その将来の変動トレンドを予測することで、運転異常の予兆を検知
- 将来予測に基づいて緊急対応を促すアラームを作動させ、オペレーターの異常事態の見過ごしを防止

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

☐ 作業履歴の管理　☐ ノウハウの蓄積・可視化　☑ 従来把握できなかった状態の監視　☑ 故障の予測

将来の重要プロセス変数のトレンド予測に基づき、プラントの異常運転により生じる設備の故障も予測しアラームを発する。有効なアラームの割合は10か月で約60%程度である

収益面のメリット

☐ エネルギーコストの削減　☑ 生産性向上による売上拡大　☐ 維持・修繕におけるコスト削減　☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大

運転異常に影響し得る重要プロセス変数（温度や圧力等）の将来トレンドを予測し、運転異常の予兆を検知。正常化に向けた運転調整を早期に行うことで、安全・安定運転を維持し生産性を向上（売上拡大を意図したものではない）

スマート化技術導入の成功要因

2 ボトムアップの文化・仕組み	本社経営層が生産現場を理解することを重要視し、本社の保安部門等では現場経験者を半数程度配置。現場からの提案を促進する文化を形成
5 外部専門企業との協働	ベンダーの技術サポートによって、将来の重要プロセス変数の変動トレンド予測モデルを精緻化
7 システムの調整・最適化	自社プラントの稼働設備における温度や圧力変動の傾向に合わせて導入後のシステムをチューニングすることで、アラーム作動の精度や信頼性を向上

現場経験者を本社に配置し、現場からのボトムアップでの提案を促進

太陽石油は、東京に本社を置き、愛媛県今治市に石油精製プラントを持つ。

太陽石油の四国事業所では、プラントの運転・保全・保安に関わるベテラン人材が減少し、若手人材の割合が増加するにつれ、プラントの安全・安定稼働を左右するオペレーターの経験・スキルが低下していくことが危惧されていた。それらの懸念事項があっても保安レベルを維持していかなければ、安全・安定運転は維持できないと考え、早急な対応を求める声が多くなった。

今回取り上げる**「重要プロセス変動監視ツール」**は、そんな現場の声を反映し、導入したシステムである。

太陽石油では、現場の意見を尊重する風土がある。**本社の企画部門や保安部門において、現場経験者が半数程度を占めており、現場の事情を熟知している職員が多い。**本社の人材も、**現場ではプラントの安全・安定稼働にどのように取り組んでいるかを知っていることが重要という、経営層の方針**が反映されたものである。このように、現場から提案された取り組みが理解されやすく、導入されやすい仕組みがある。

現場のノウハウをシステムに反映し、有効アラームの割合を30%増加

プラント運転が非定常状態となったとき、従来のDCSのアラームシステムでは、大量のアラームが作動し、アラームの洪水状態になってしまうことで、オペレーターが重要なアラームに気づかないという事態が多発していた。「重要プロセス変動監視ツール」はそんな事態を解消するためのDCSとは別の独立したシステムである。

本システムは、**運転異常に繋がり得る温度や圧力などの重要プロセス変数の変動を常時監視し、変数と設備稼働状況の相関関係等のモデルを導出することで、将来の運転状況を予測するシステムである。**これにより、熟練以外の人材であっても、見えない状況の変化に早期に気が付くことができる。

重要プロセス変動監視ツールの導入時は、現場の製造部の人員が、温度や圧力等のパラメーターとすべき重要変数を選定した。そのパラメーターを、システムのベンダーが本アラームシステムに登録した。しかし当初は、アラームの誤報も多く、システムの未来予測に基づくもののうち、実際に有効だったアラームは30%程度に留まるものだった。アラームの精度を上げるため、システムを自社の生産設備に合わせてカスタマイズする段階では、**プログラミングなどに対応できる社内のIT人材では数が足りなかったため、ベンダーの技術サポートを活用**した。**操業ノウハウを豊富に持つプラント運転管理部門長の指揮**の下、ベンダーのコンサルタントが**現場の人材から聞き取り**を行い、重要変数の変化に基づき**緊急停止すべき閾値や、爆発につながりかねない限界閾値等を加味しながらチューニング**を行った。これにより、自社の生産設備に合った適切なタイミングで、未来予測に基づき可視化されたトレンドデータと合わせアラームが発せられるようになった。その結果、約10か月後には、**有効アラームの割合を30%から60%に増加**させ、アラームの精度を改善できた。

また、このシステムは、オペレーターの見逃しを防ぐよう、大型ディスプレイに、システムが予測した未来変動を強制出力するなど、チームで異常に気づき、対応できる環境を創出することにも一役買っている。

システムに依存せず活用できる人材の育成

重要プロセス変動監視ツールに限らず、様々な自動制御機能の導入により、保安力が向上した一方で、オペレーターが機械に頼りきってしまうことが懸念された。

そこで、**原油種或いは原料油切換えの際には製造工程の自動制御機能の一部を切って、オペレーターに手動で操作を行わせることで、作業員の知識・判断力・技術力の低下を防止している。システムに依存するのではなく、操作理由を理解して判断できる人材を育て、安全なプラント運転に必要な技術を伝承**している。

このように、太陽石油では、スマート化技術を活用しつつ、人材育成も行うことで、高い技術力を保持し、安定したプラント稼働に日夜注力している。

石油精製

2. 富士石油株式会社袖ケ浦製油所

プラントの安全性向上を目的に安全計装システムを導入。緊急時に安全かつ速やかにプラントを緊急停止することで、事故の防止と運転の早期正常化を行う

事業内容

事業内容	石油精製
事業所従業員数	381名（平成28年10月1日現在）
所在地	千葉県袖ケ浦市
会社情報	本社所在地：東京都品川区 従業員総数：481名（平成28年10月1日現在） 資本金：245億円
生産製品	石油製品 石油化学基礎製品

導入技術

安全計装システム

- 従来の緊急停止の仕組みは多数のリレー（ハードウェア）により構築していたが、安全計装システムではプログラム（ソフトウェア）により構築
- 緊急停止ロジックおよびその作動状況の最適化を容易にし、異常発生時の迅速・安全な対応に寄与
- 安全性認証を取得したシステム

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

☐ 作業履歴の管理　☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化　☑ 従来把握できなかった状態の監視　☐ 故障の予測

従来は見えなかった緊急停止ロジックの作動状況（予め設定された条件に基づき回路や調節弁等の設備が正しく作動するか等）が可視化されるなど、万が一の場合の安全・安心な対応に備えた状態監視に寄与

収益面のメリット

☐ エネルギーコストの削減　☐ 生産性向上による売上拡大　☑ 維持・修繕におけるコスト削減　☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大

安全計装システムは、緊急停止に関わる設備の自己診断も可能とする。同システムを採用した結果、設備のハードウェアの定期更新が不要となり、保全費の低減に寄与

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	緊急時の対応として、安全度水準の高いシステムを採用したいと言う経営層からの強い要求があった
6 技術研修	技術の採用担当者が仕様を習得した上で社内教育を行い、人材を育成。例えばハードウェアからソフトウェアによる停止回路に変わったため、保全担当者の意識改善と教育、および保全部門から製造部への教育を実施

緊急時の安全性向上を目指す経営層の方針

富士石油は、千葉県袖ケ浦に製油所を保有する石油精製企業である。

安全計装システムの導入の背景には、**大規模地震や装置の異常事態発生等により装置を緊急停止する場合に安全かつ速やかに停止し、爆発・火災等の二次災害を防止するという、経営層の安全に対する意識の高さ**が重要であった。

また、高度制御（多変数モデル予測制御）システム等の普及により、異常時には複数装置に波及する運転構成に変わってきており、**万が一の事象が発生した際に、安全性を担保するには、制御システムとは切り離された、より安全に停止できるシステムが必要**ということを経営層が認識していた。

そのような折に、製油所の保全部門から安全計装システム導入の提案が上がってきた。保全部門担当者は業界団体の勉強会でのユーザー企業による発表や懇親会、展示会、メーカーからの紹介等を通して、技術に関する情報を収集していた。提案を経営層に説明した結果、安全計装システム導入については、費用は掛かるが会社として安全・安心の観点から総合的にメリットが大きいと判断した。

システムの迅速な最適化と、自己診断による効率的な状態監視

従来の緊急停止システムは、リレーシーケンスに基づき構築されていた。それは、リレー（電磁継電器）と呼ばれる、回路の結節点で遮断弁を閉じるなどの操作を行う機器（ハードウェア）を用い、事前に設定された順序や閾値等のロジックに基づき稼働を停止する仕組みである。安全計装システムは、従来のハードウェアに基づくシーケンス制御から、ソフトウェアに基づくシーケンス制御への移行である。従来の仕組みの課題を解決しながら、安全性向上に寄与している。

例えば、プラントの稼働設備は適宜メンテナンスされるものだが、リレーシーケンスの改造が必要になった場合は、判定に必要な閾値の変更以外に、リレーや配線の追加・変更作業といったハードウェアの改造作業に大きな負荷がかかる。**安全計装システムはコンピュータ上でロジックをプログラムするため、変更が容易となり、緊急停止のシステムを迅速に最適化することが可能**となった。

それ以外にも、ソフトウェアであることから、ＤＣＳ画面上でロジックの作動状態の可視化が可能となった。**従来は見えなかった緊急停止ロジックの作動状況（設定された条件に基づき回路や調節弁等の設備が正しく作動するか等）を可視化**するなど、万が一の場合の安全・安心な対応に備えた状態監視に寄与している。

また、従来はリレー等の個々の機器の健全性（異常時に適切に作動するか）を担保するために、模擬信号を使ったテストによる作動確認や、定期交換を行っていたが、タイミングは人の推測により決められていた。安全計装システムでは**自己診断機能が備わっており、緊急停止に係る機器の健全性を常時監視できるため、定期的な更新が不要となるなど、コスト面でのメリット**も見いだせている。

社内教育を通じ、システムの機能面のみでなく運用面のノウハウも強化

富士石油では、新しいシステムの活用には社内体制構築と社内教育が重要と考えている。安全計装システムに関しては、**保全部門の担当者と、運転を担当する製造部メンバーの体制で、既存の緊急停止回路を新システムに反映**すると共に、メーカーの工場立会試験、現地実機試験で緊急停止システムの作動状況を確認した。

教育面では、**技術の採用担当者が仕様を習得した上で、社内教育を行い人材を育成**している。ハードウェアを用いた従来の制御回路からソフトウェアに基づくシステムに変わったため、保全担当者の意識改善と教育、および保全部門が製造部に対して新システムの教育を行うことが必要であった。**運転に係るシステムは単に機能面だけでなく、運用面でのノウハウも必要であり（保全部門担当者への引渡し、引取り等）、社内での人材育成が重要**となる。

このように、富士石油は安全性を追求する方針の下、新技術の導入とそれを活用するための社内人材育成を行いながら、保安力を向上させている。

石油化学

3. 宇部興産株式会社宇部ケミカル工場

プラント稼働の異常を予兆段階で検知し、非定常状態に確実に対応。プラント稼働を安定化させ、安全・品質の両面を向上

事業内容

事業内容	化学品製造
事業所従業員数	3,693名
所在地	山口県宇部市
会社情報	本社所在地：山口県宇部市 従業員総数：9,524名 資本金：584億円
生産製品	ファインケミカル、工業薬品、医薬品、ナイロン、機能性材料等

導入技術

異常予兆検知システム

- 異常が発生する際の各数値の相関（温度や流量、圧力等の各設備変数の関連性）を把握
- 数値の変動を予測することで、異常の予兆を検知。異常時の確実な対応を可能とする

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☐ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の監視
- ☑ 故障の予測

熟練人材が経験の中で身につけた異常の予兆に関する「気づき」をシステムで検知。対処のための時間を確保することでプラント運転を安定化

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☑ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

異常予兆検知システムにより、異常への早期対応及びこれまで以上の安定稼働が可能となり、品質のぶれ幅を縮小。低品質になるとその分価格が下がるため、品質を一定に保つことで従来より売上を向上

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	ITの知見を有する社長がトップダウンで導入を決定。組織横断のプロジェクトメンバーが現場でヒアリングを実施し、安全性向上に向けた課題を明確化
6 技術研修	従来より自社内のプラント設計理論に詳しい人材にデータ解析の方法を教えることで、データサイエンティストを育成
7 システムの調整・最適化	社内で組織横断のプロジェクトチームを組成し、システム開発に必要な専門性を結集することで、自社プラントの稼働上の特性を反映したシステムを開発

化学プラントでの事故増加、熟練人材減少を受けたシステム導入

宇部興産の主要生産拠点である宇部ケミカル工場は、ナイロン原料やナイロン樹脂、ファインケミカル等を製造し、爆発や火災の危険性を有する物質を扱っている。近年国内の化学プラントで事故が増加したことがきっかけとなり、経営層も生産現場におけるリスク管理の必要性を強く感じていた。

化学プラントは一度事故を起こしてしまうと各種認定の取り消しや一定期間運転停止の処分が、また顧客は製品の調達先を変えてしまう可能性があり、事故による損害は非常に大きい。宇部ケミカル工場においても、センサーの不具合やバルブの詰まり等に起因する不具合が発生した。従来は熟練人材がこのような不具合につながる予兆を検知して対処していたが、世代交代や海外工場への展開によって**熟練人材が減少したことにより対処が遅れた**ことが要因であった。

トップダウンでの新たな技術の導入

プラント運転に際して、経験が浅くノウハウが少ない人材がDCSの画面を見て一度に確認できるデータは2～3種類程度である一方、**熟練人材は5～6種類、多ければ10種類程度のデータを一度に見て状況判断**をしている。これは、長い経験を通して感覚的に各数値の相関を把握することで実現できるものである。このようなスキルは暗黙知であるため、なかなか熟練人材から中堅・若手人材への伝承が難しい。

経営層も熟練人材の減少と若手従業員の割合の増加による課題に対処するため、**経験が浅い人材だけでも異常検知を含めた非定常時の対応を確実に行うことができる体制の構築**が急務と考えていた。そこで、経営層が自ら現場（計器室）を訪問し、従業員の声を聴いたところ、事故発生のリスクの高まりに対して問題意識を持っている従業員が多いことがわかった。

そこで、近年注目されているスマート化技術をプラント運転に導入することで安全性向上や品質の安定化が可能ではないかと考え、**社長主導でビッグデータを活用したソリューションの検討チームが発足した。**チーム構築の際には、ビッグデータ活用に必要なスキルをもった人材が様々な部署に散逸していたため、**部署（製造部門・プラント設計部門・装置研究開発部）をまたがるプロジェクトチームを組成**することで理論計算やデータ解析等の知見を結集した。また、プラント設計理論に詳しい自社人材にデータ解析の方法を教えることで、**データサイエンティストを育成**し、システムの開発を促進した。

リアルタイムでの異常検知システムによる稼働安定性・品質向上

異常の予兆検知システムは、**現場従業員の判断を支援するシステムという位置づけ**で導入した。異常検知の仕組みとしては、プラント設計時に算出した理論上の稼働データと実際に運転した際の稼働データを比較するというアプローチを採っている。安定した稼働をしている時の各数値の相関（温度や流量、圧力等の変動の関連性）を特定し、その相関が崩れる事態を異常の予兆としてアラームを作動するものである。

従来は異常が発生してからアラームが作動するため、対処のための時間が十分に確保できない場合があったが、予兆を検知することで確実に対応することが可能となる。更に、本システム導入によりプラントの運転異常への確実な対処ができるようになったことで、**異常回避に留まらずプラント運転の安定化を通じた品質向上**にもつながっている。**製品の価格は品質に左右される面があるため、品質を一定に保てれば売上向上にもつながる。**

また、化学物質が過剰に加熱されることによる、**火災につながりかねない異常の予兆検知にも成功**している。人が見つけることが難しい異常であり、従来のアラームが作動してからの対応では事故につながりかねない事態を安全に収束させることができる。

導入された異常検知システムはネットアプリケーションであり、**どこからでも稼働情報をリアルタイムに確認できる。**将来的には、海外にあるプラントの稼働データを日本からリアルタイムに確認することや、稼働情報をダッシュボード化することで経営層がいつでも確認できるようにすることを目指している。

石油化学

4. JNC石油化学株式会社市原製造所

細部に渡る保全履歴のデータベース化により、保全計画にかかる工数を１/４に削減

事業内容

事業内容	化学品製造		
事業所従業員数	694名	所在地	千葉県市原市
会社情報	本社所在地：東京都千代田区 従業員総数：700名 資本金：20億円	生産製品	合成樹脂 有機化学品 液晶組成物 その他化学製品の製造

導入技術

保全システム
（電子台帳データベース）

- 設備台帳や保全履歴等のデータベースシステムを相互連携させることで、修理計画や予算計画、発注書などの自動作成を可能にした

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☑ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の監視
- ☑ 故障の予測

設備台帳や検査履歴等、保全業務に関するほぼ全てのデータをシステム上に蓄積することで、保全活動の分析が可能となり、保全活動の傾向や腐食箇所の傾向の把握が可能となった

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☑ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

従来全て手作業で行っていた修理計画や予算策定、発注書作成作業を自動化することで、業務工数を約4分の1に削減。削減できた工数で、より付加価値の高い事業に従事

スマート化技術導入の成功要因

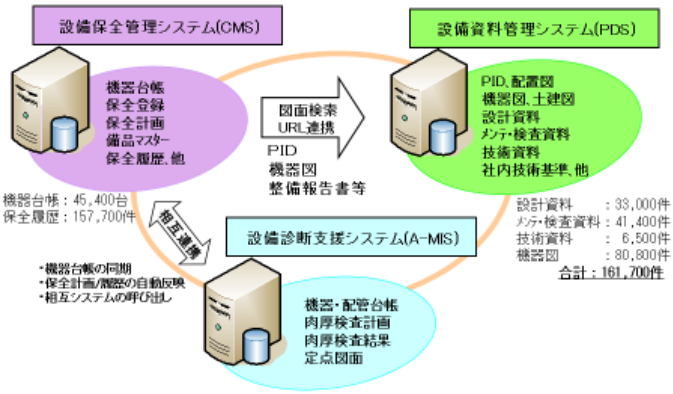
② ボトムアップの文化・仕組み	保全現場のボトムアップの文化により、データ活用に対する現場の思考をシステムに反映
⑦ システムの調整・最適化	自社内でシステムの調整・最適化を続けることで、使い勝手の良い保全システムを構築

戦略的な設備点検を実現するシステムを導入

JNC市原製造所は1962年に設立された石油化学製品の製造工場である。生産製品は石油化学製品にとどまらず、液晶材料の生産拠点として革新的技術に挑戦している製造所である市原製造所では、**保全業務に関連する施策は主に予防保全方式である。**従来から保全データの収集に積極的ではあったが、保全部では、更なる効率的なデータ活用が必要という認識があった。そこで、**より戦略的な設備点検の実施を可能にすることを目的として、複数のデータベースを相互連携させた保全システムを構築した。**

保全システムは、①設備保全管理システム（機器台帳や保全履歴を管理）、②設備資料管理システム（図面や設計資料を管理）、③設備診断支援システム（検査計画や検査結果を管理）の3つのデータベースから構成されている。

データベース自体はそれぞれ独立しているが、**各システムは相互連携が可能**であり、これにより**網羅的な情報取得ができる。**さらに、これらのシステム上に蓄積されている設備台帳情報や保全履歴は、運転部門とも情報共有が可能であり、稼働状況の分析にも活用されている。



保全システムの構成

システムで代替可能な作業を自動化し、作業工数を４分の１まで削減

保全管理システムの導入にあたっては、これまで紙で保存していた設備台帳等を全て電子化する必要があり、この作業に膨大な時間を要した。そのため、JNCでは、**紙資料の電子化を担当する専属のスタッフを配置**し、**必要性の高い資料を優先的に電子化**を行い、システム構築後に早期に効果が実感できるよう心がけた。また、**保全計画や点検結果データの入力方法を標準化**し、システム間で円滑に連携できるようにした。さらに、**機器の部品の単価、作業に必要な工数、作業履歴等の設備保全に関連するほぼすべてのデータを保全管理システムに蓄積していった。**

この結果、従来は関連する複数の情報を参照しつつ、全て手作業で行っていた設備台帳への入力作業や検査会社等への発注書の作成が、本システムにより、**ボタン1つで自動作成できるようになり、システム導入前と比較して、書類作成業務にかかる工数を4分の1程度まで削減できた。**工数削減によって得た時間は、保全周期の再考等の業務改善や、より付加価値の高い事業の検討等、プロジェクト的な活動にあてられるようになった。

配管腐食箇所の予測への可能性

保全管理システムに保存されている、過去30～40年分の保全履歴データ（約158,000件）は、設備やプラントの信頼性や稼働率、保守性の分析にも活用している。これによると、**近年の保全作業は全体の1/4弱が配管類にあてられていることが分かった。**したがって、JNC市原製造所では配管類の検査に注力している。

配管については、JNC市原製造所では、外面腐食検査の結果の活用が進められており、配置図等へ腐食進行程度や腐食発生原因の情報を反映させている。これにより、**海に面している配管は潮風の影響で腐食が進行しやすいが、防風林により腐食を抑制できているなど、市原製造所独自の腐食傾向を把握**している。

今後の活動としては、検査結果データから配管腐食を予測する手法を模索しており、更にクラウド化等により他事業所とデータ共有をし、より戦略的な検査へ活用できるようにするなど、さらなるデータの活用を計画している。

石油化学

5. 昭和電工株式会社川崎事業所

調節弁の動作に関する情報を収集し状態監視を行うことにより、設備点検コストの削減・早期の異常検知を実現

事業内容

事業内容	化学品製造		
事業所従業員数	800名	所在地	神奈川県川崎市
会社情報	本社所在地：東京都港区 従業員総数：3,735名 資本金：1,406億円	生産製品	石油化学製品 産業ガス 基礎化学製品 セラミックス 等

導入技術

スマートバルブ

- プラント制御に不可欠なバルブ（調節弁）にセンサーを搭載し、稼働を止めることなくデータ収集を可能にした次世代バルブ
- 設備を稼働しながらバルブの状態を監視することで、状態基準保全への移行を可能にする技術

スマート化・先端技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☐ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☑ 従来把握できなかった状態の監視
- ☑ 故障の予測

調節弁の動作状況など、従来の点検では取得できなかったデータが入手でき、異常を検知しやすくなった。今後は故障の予測に繋げていく計画

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

稼働中のバルブの状態を把握し状態基準保全へ移行することで、不要なメンテナンスを1割程度回避し、コスト削減を図る

スマート化・先端技術導入の成功要因

2 ボトムアップの文化・仕組み	事業所で独自に決裁できる予算の範囲内で、現場主導による新技術導入を促進
3 段階的な導入	スモールスタートで新技術を導入し、効果を確認後に導入規模を拡大

現場主導のスモールスタートで新技術を導入

石油化学業界において国際競争が激化する状況下で、昭和電工も生き残りをかけて、経営課題としてコスト削減の必要性を認識していた。

上記のような課題をうけて、現場が目を付けたのが調節弁（バルブ）だった。石油化学のプラントには、設備の各所にバルブが設置されており、昭和電工においても川崎事業所だけで4,000～5,000個のバルブが設置されている。全てのバルブを定期的に点検する工数は非常に大きく、従来のバルブ点検では年に1回程度の点検で、年に1,000人日の工数を要しており、計装機器に対する保安費用の20%に及ぶ。すなわち、バルブの点検にかかる工数を削減できれば、大きなコスト削減効果を生み出すことができる。

2016年8月に川崎事業所が導入したスマートバルブとは、**センサーが搭載されたバルブとコンピュータを組み合わせて、設備を停止せずにセンサー情報からバルブ自身の状態を診断することを可能**にするものである。従来の調節弁では、設備の稼働を停止しなければ弁の異常や故障を確認できなかったが、スマートバルブの導入によって、**設備を稼働しながら修理や交換が必要な部分だけ点検・修繕する状態基準保全への移行が可能となり、保安業務の工数・コストの1割削減が期待できるようになった。**

かねてより保安ベンダーからスマートバルブ導入の提案を受けており、IoTへの注目の高まりをうけて、事業所が主導して導入を決定した。**現場のグループ単位で独自に決裁できる予算を使用することで、本社での稟議等を経ることなく現場主導の速やかな導入**（グループ内での連携のみであったため説明・合意形成は迅速）が可能となった。

スモールスタートの考え方でスマートバルブの導入を行っており、2016年8月には16台導入した。まずは**技術の効果を検証し、その後導入規模や範囲を拡張**する予定である。



スマートバルブ

導入2か月で効果を発揮

スマートバルブは導入後2か月余りの間に早速効果を発揮した。稼働中に調節弁の動きが鈍いことが検知されたことがあり、**これまで流体の量や圧力、温度などのプロセス的な要因と思われた問題が即解決した。**例えば、調節弁の状態が状態監視により可視化されたことで、動きが悪い原因は調節弁本体の問題ではなく、調節弁のグランド部（パッキンやボルトを含む、流体の漏れを制限する部位）の締め付けが固すぎることと迅速に判明した。これにより、調節弁の動きを元に戻し、稼働を正常な状態にすることができた。

このように、**調節弁の部品の状況データを常時取得するというこれまでは出来なかった点検を可能にすることで、異常検知に役立つ新しいデータの取得・蓄積に繋げていく**予定である。さらに、**それらのデータを活用し、どのような数値が出たら異常の可能性ありと判断するかなどの基準を定め、モデルを策定することで、故障の予測にも繋げる**計画を有する。

導入から半年程度経過した段階で、導入による効果を定量的に試算し、本格導入への移行を計画している。そうなればデータの蓄積が一層進み、故障の予防と稼働率の向上が進展する見込みである。

スマート化によって現場の働き方を変える

プラントをスマート化することで、現場作業員に求められるスキルや役割は変化していくことが予想される。このような流れを不安視する意見もあるものの、川崎事業所ではその流れを前向きに捉えている。

スマート化によって、機械が人を代替する作業が増えると考えられるが、**人はより付加価値が高い仕事（例えば、新しいデータを解析し、どのような数値が出たら異常と判断するかといった基準づくり等）に専念できる**と考えている。さらに、**新しい技術・仕事に触れることが若手従業員への良い刺激となることを期待**している。

石油化学

6. 住友化学株式会社

新たな価値創造に向けた取り組みとして、IoTをテーマに幅広く新技術の導入を検討。国内外の複数の製造現場において、タブレット端末導入と情報の電子化等によるワークスタイル変革を推進

事業内容

事業内容	総合化学		
会社情報	本社所在地	東京、大阪	事業部門：石油化学部門、エネルギー・機能材料部門、情報電子化学部門、健康・農業関連事業部門、医薬品部門
	従業員総数	31,094名(連結)	
	資本金	897億円	

導入技術

タブレット端末
（作業履歴・ノウハウの電子データ化含む）

- 製造現場に導入したタブレット端末を通して資料を参照。また、設備状況を撮影した写真を共有
- 現場で作業メモをタブレット端末に入力することで、作業履歴の電子化を促進

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☑ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の監視
- ☐ 故障の予測

現場での作業に関するメモなど、作業履歴を電子データ化。タブレット端末を用いて効率的かつ効果的に入力・保存できる仕組みでバックアップ。今後は、蓄積データの解析により、保全業務のさらなる効率化を図る

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

従来は、多くの紙資料を参照しながら業務を行っていたが、タブレット端末を用い現場から直接電子データにアクセスすることで作業時間を短縮。新しく生まれた時間を、工事安全や工事品質の管理をはじめとした重要業務に充てること等を通じ、一層の安全・安定操業を実現するとともに、今後はワークスタイルの変革も推進したい

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	全社を挙げてプラントへのIoT導入を促進。その一環として、タブレット端末の利用や情報の電子データ化を推進（各工場での取り組みと連携）
2 ボトムアップの文化・仕組み	現場が現状課題を認識の上、将来の在りたい工場の姿を描き、変革ニーズを抽出。その結果、現場から、スマート化もてこにした、情報蓄積の促進や利活用などのニーズが挙がってきた
3 段階的な導入	幅広い取り組みを小規模に実施し、効果を確認できたものから、拡充および複数事業所への横展開を行う

IoTをテーマとした新技術導入を推進

住友化学は、石油化学、エネルギー・機能材料、情報電子化学、健康・農業関連事業、医薬品の5つの事業を手掛ける総合化学メーカーである。

モバイル機器をはじめとしたデジタル技術の進化などの流れを受け、**IoTをテーマにデータの蓄積・活用を推進**している。**プラントに関しても、保全業務やサプライチェーンの管理、研究開発の効率化を図る取り組みを展開し、様々な技術の導入や、技術を導入・活用するためのインフラ・仕組みづくりなど、幅広いテーマでの導入検討および準備を行っている**。

このような流れの中で、新しい技術を活用して製造現場での人の働き方を変革し、業務効率化への取り組みとして、千葉工場や大分工場、シンガポールのグループ会社など国内外のプラントにおいて、タブレット端末等のデジタル技術を展開および計画している。

製造現場へのタブレット端末導入により、運転・保全業務の工数を削減

従来は、事務所の資料棚に保管してある、パイプ式ファイル等の膨大な紙資料から必要な図面や過去の記録などの資料を探し出さなければならなかった。

さらに、現場での作業には、必要な資料のコピーを取って携行しなければならず、またノート、カメラや電卓等のツールを用いなければならない。また作業後には、事務所に戻らなければ現場の状況を撮影した写真等の情報を共有できなかったため、現場と事務所の往復により、時間のロスが生まれていた。

現在、**このような作業時間のロスの削減を目指して、保全現場でタブレット端末活用の効果を実証実験している。**現場でタブレット端末を用いて資料を参照できるようになり、また撮影した写真をタブレット端末を通じて事務所のメンバーと共有することなどが可能となった。**現在は効果検証中の段階ではあるが、業務の効率化が期待できる**。

業務効率化によって新たに生まれた時間は、例えば、現場立会の時間を増やしてより細やかな工事品質管理などの重要業務に充てることもできる。また若手担当者にとっては、蓄積されるデータが多い分、ノウハウの習得が容易になる。

スモールスタートで、現場を巻き込みながら技術導入・活用

IoT技術の導入効果に関しては、実際に活用してみなければ定量的で正確な費用対効果を算出することは難しい。そのため、住友化学では、**スモールスタートで多数の技術導入の検討を進め、効果が確認できたものから拡充や複数事業所への横展開**を行っている。このような取り組みが、コストや生産性の面で、競争優位の源泉となり得る。

また、トップダウンでIoT活用によるスマート化に取り組んでいるが、**現場が抱えている課題を解決できるような取り組みでなければ、効果の発揮は難しい**。今回の取り組みにより、蓄積された情報を活用したいという要望が、現場からボトムアップで上がってきた。このように、経営層がリードしつつ現場を巻き込み、現場が考える工場の将来像に基づいてスマート化による変革のニーズを抽出することが、成功の重要な要素と考えている。

住友化学では、タブレット端末の利用や作業履歴・ノウハウの電子データ化の他にも、幅広いテーマでの取り組みを並行して検討・実施している。**千葉工場や大分工場、シンガポールのグループ会社など国内外のプラントにおいて、予知保全をはじめとした生産性向上に資する技術、保全許可業務の電子化、無線通信環境とそれを支えるサイバーセキュリティ技術等の導入検討も進めており、スマート化を一層推進していく計画**である。

石油化学

7. テクノポリマー株式会社四日市事業所

運転情報の引継ぎを電子化することで、作業履歴やトラブル対応のノウハウを蓄積。また、導入したシステムを応用し、保全業務の履歴管理にも活用することで、設備保全のノウハウも蓄積

事業内容

事業内容	化学品製造
事業所従業員数	200名
所在地	三重県四日市市
会社情報	本社所在地：東京都港区 従業員総数：260名 資本金：30億円
生産製品	スチレン系樹脂(ABS・AS・ASA・その他ポリマーアロイ)等

導入技術

運転引継ぎ情報電子化システム

- 交代勤務をしているプラントの運転員間のトラブル等の引継ぎを電子化するシステム
- 引継ぎ情報を時系列で管理し、トラブルへの対応方法等のノウハウを蓄積することが容易に

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☑ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の監視
- ☐ 故障の予測

本システムの導入により、引継ぎ情報を時系列で管理し、後から活用しやすい形式で運転異常への対応方法等のノウハウを蓄積することが容易になった。設備の不具合発生からその事態の収束までの情報を整理・保管することで、設備を軸とした保全ノウハウを蓄積・可視化

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☑ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

関連部門間の情報連携が強化された結果、トラブル発生時などの対応検討や工事等の手配に要する時間が短縮された。又、生産量に変化が生じ得る事態が発生した際にも、その影響を速やかに生産計画に反映する事が可能となった

スマート化技術導入の成功要因

2 ボトムアップの文化・仕組み	現場が主体的にシステム導入を推進。システム導入後も現場が発案したシステム改善に関するアイデアを取り纏めることで、導入効果を向上
3 段階的な導入	一部の引継ぎ業務に試用版のシステムを導入し、効果を検証。検証の結果、導入による効果が確認できたため、本システムを本格導入
7 システムの調整・最適化	引継ぎ情報の共有用に導入したシステムを活用し、設備の不具合発生から事態収束までの情報を整理・保管することで、保全ノウハウを蓄積・可視化

現場の意見を取り入れ、紙ベースの引継ぎを刷新

テクノポリマーは、ABS樹脂の製造メーカーとして国内で大きなシェアを誇る企業であり、生産する製品は自動車や建材等、幅広い産業の材料として使用されている。同社は海外市場にも積極的に進出しており、現在、さらなるグローバル展開を図っている。

同社の四日市事業所では、**製造現場での運転引継ぎや、発生したトラブルに関する情報を正確に共有するために、電子引継ぎシステムを活用している。**

従来、交代勤務者が紙媒体で生産ラインの運転状況や点検結果等の申し送り事項の情報を共有をしていた。しかし、媒体が紙であるゆえに、情報管理がうまく行えていなかった。例えば、あるトラブル事象についての時系列の経過なども、各担当者がよほど注視して記述しない限り、引継ぎが繰り返される中で、事象の発生から処置、結果という経過が正確にとらえなれなくなっており、トラブルの要因調査に多大な労力を要していた。

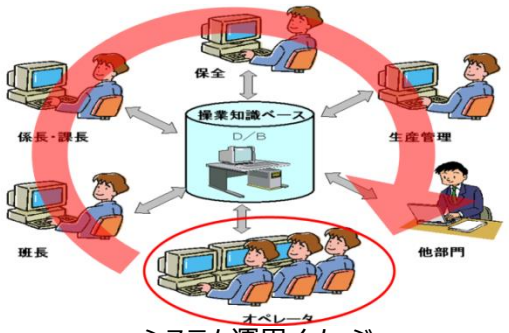
このような問題意識を感じていたところ、ベンダーからの、電子引継ぎシステムの提案プレゼンテーションを見る機会があり、**その提案が現場ニーズに合致していたため、現場が主体となって本システムの導入が進められることになった。**

現場の意見を反映させていくことで、現場全体のシステムへ

当該システムの導入にあたっては、まずは**製造現場の一部の部署の引継ぎ業務に、試用版のシステムを導入し、システム導入による効果を検証することから始めた。その後、1年程度の検証期間を経て、引継ぎの効率化やトラブル対応に関するノウハウ蓄積等の効果を確認できたため、本格的なシステム導入が実現された。**

本システムでは、引継ぎ情報を事象単位でスレッドにまとめて管理が可能であり、**トラブルについても、その発生から完了に至る経緯が速やかに確認ができるようになり、継続中の作業のステータスや、重要度なども一目で分かる**ようになり、作業漏れ等の防止にも役立っている。

本システムは、ユーザ側が積極的にシステムを活用すること意識しなければ、有用な情報がシステムに入力されない。しかし、元々本システムの導入が現場主導で始まったこともあり、現場の運転員がシステムの活用に好意的であったため、積極的なシステムの活用が行われた。本システムの運用に慣れてくると、**どのように使い方を更に工夫したらよいか、現場作業員から声が上がってくるようになり、それを関連部門で検討し反映することで、本システムの使い勝手を絶えず改良**していっている。



システム運用イメージ

総合知識データベースとしての活用

製造現場での導入効果を踏まえ、現在では、本システムを設備管理部門でも活用されている。その活用方法として、運転情報の引き継ぎ以外の情報共有も行っている。

具体的には、**「設備」という切り口で、不具合の発生から事態の収束までの情報を記録・整理しており、各設備の点検方法やトラブル時の対応を記録した写真、対応手順も本システムで共有し、保全ノウハウの蓄積にも活用しており、総合知識データベースとしても機能するようになった。**

従来の引き継ぎは運転担当者間だけの情報共有だったが、本システム導入後は、関連部門にも共有されることにより、**発生した事象を瞬時に広範囲に共有できるようになった。これにより、現場の状況が関連部門に速やかに把握され　事象への評価やその対応、工事等の手配にかかる時間が短縮された。また、事象の影響による生産計画への速やかな反映も可能になった。**

同社では、今後はビッグデータを活用したプロセスデータの解析の検討も進めており、更なるデータ活用に意欲的である。

石油化学

8. 丸善石油化学株式会社千葉工場

設備の図面や保全履歴等の文書の電子化を実施。継続的にシステムをカスタマイズすることで、年間180時間の業務工数削減効果を発揮

事業内容

事業内容	化学品製造		
事業所従業員数	617名	所在地	千葉県市原市
会社情報	本社所在地：東京都中央区 従業員総数：829名 資本金：100億円	生産製品	エチレン、プロピレン、ベンゼン等の基礎石油化学製品等

導入技術

社内資料の電子化

- 従来、紙媒体で保管されていた設備の図面や保全履歴等の社内資料を電子化し、保管・管理するシステムを導入
- 図面データをメンテナンスする専門スタッフを配置して常に最新データとなるように維持することで、文書の検索にかかる時間を大幅に削減

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の把握
- ☐ 故障の予測

設備の保全履歴を電子化し、設備点検の漏れが発生する危険性を排除。また、保全に関連する資料をデータとして保管することが習慣化され、保全履歴等の情報共有の漏れを防止

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

従業員の業務の約10%程度を占めていた文書の検索作業を大幅効率化。工事発注用の仕様書の自動作成が可能となったことで、プラントの運転や保全に関わる従業員一人あたりの年間約180時間の工数を削減

スマート化技術導入の成功要因

2 ボトムアップの文化・仕組み	現場の従業員が社内資料の電子化の必要性を認識し、導入を推進
3 段階的な導入	当初は設備の図面のみの電子化から始まり、文書電子化の有用性を確認した後、現在は多くの社内資料の電子化を実施

社内資料検索の効率化を図り、文書の電子化システムを導入

丸善石油化学は、プラスチックや合成繊維等の原料となる石油化学基礎製品や機能性原材料を生産している。同社の製品は自動車、住宅、家電及びコンピュータなどの幅広い商品の原材料となっている。

同社の千葉工場では業務の効率化を目的として、**社内資料の電子化を実施**している。従来は、**設備の台帳や保全履歴等の社内資料は全て紙媒体で保管されていたが、文書を保管・管理するシステムを導入し、過去の文書を含めた社内資料の電子化を着実に進めてきた。**その結果、現在では設備の図面だけではなく、多くの社内資料が電子化されるに至っている。

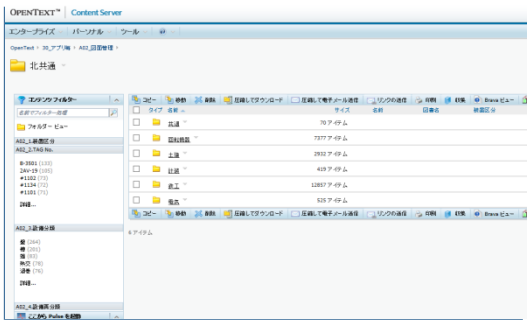
導入したシステムを継続的にメンテナンスすることで、導入効果を向上

丸善石油化学において、**本システムが導入されたきっかけは、社内で紙媒体資料の電子化が求められていたことである。ベンダーから提案をうけた際に、現場の従業員が本システムの有用性を評価したことも導入を後押しした。**

本システムの導入によって、図面の電子化に取り組むようになったものの、導入当初はプラントに設置されている各設備に付されたタグナンバー（識別番号）での検索しかできず、設備の情報を検索する際は、入力したタグとサーバーに登録された識別番号が完全に一致しなければ検索結果として表示されなかった。そのため、まず検索したい設備のタグの特定等に時間を要し、結果として参照したい図面の電子ファイルの検索に時間がかかっていた。そこで、**ソフトウェアの更改や登録データの改善を継続的に実施してきた結果、現在はキーワードでの柔軟な文書検索が可能となり、図面だけでなく他の社内資料検索にかかる時間も大幅に短縮された。**

このような継続的なカスタマイズが可能な背景としては、**同社では、本システムのデータメンテナンスにかかる費用を毎年予算化し、専門スタッフを常駐させていることが挙げられる。**このように、専属の担当者を配置することで、継続的なデータのアップデートが可能な体制を構築している。

本システムの導入前は、過去の文書を参照する際は、まず事務所から離れた書庫に行き、そこに保管してある大量の文書の中から必要な文書を探すという作業が必要であったが、**本システムの導入によって、システム上ですぐに検索・参照ができるようになった。**さらに、各設備の保全履歴等も電子化され、設備の検査周期をシステムで管理することで、従来複数の資料を確認し、手動で作成していた**工事発注用の仕様書をシステム上で自動作成可能**となっている。



継続的なカスタマイズによって、1人あたり年間約180時間の工数を削減

本システムの導入と継続的なカスタマイズによって、**担当者の業務の約10%程度を占めていた文書の検索作業が大幅に効率化された。**概算ではあるが、**同社ではプラントの運転や保全に関わる技術スタッフ一人あたりで年間約180時間の工数が削減できているという。**

また、副次的な効果として、社内資料の電子化によって社員が自社ネットワーク上の共有フォルダを用いて仕事をするようになった。その結果、**業務が属人化せず、従業員が退職や異動する際に引継ぎしやすくなるというメリットも享受**している。

丸善石油化学では、文書の電子化を通じて、情報やノウハウ共有の必要性を認識し、**現在、さらなる情報共有の効率化の取り組みの一つとして、動画の活用を進めている。**例えば、頻繁に実施しない現場作業の際には、**動画を撮ることによって、文字や静止画では伝えきれなかった設備の状態を記録**している。また、若手従業員に対する教育でも、教本だけなく**過去に起きたトラブル時の対応を映像化することで、トラブル対応の方法をより習得しやすくなるよう工夫**している。

同社では、今後もこのような新たな取り組みを採用することで、効率的に保安力を向上させることを図っていく計画である。

一般化学

9. 旭化成株式会社水島製造所

保温材下腐食(CUI)検査データの統計的な分析により予測モデルを確立し、CUIが原因によるトラブルゼロを実現

事業内容

事業内容	化学品製造		
事業所従業員数	1,200名	所在地	岡山県倉敷市
会社情報	本社所在地：東京都千代田区 従業員総数：32,821名 資本金：1,034億円	生産製品	基礎化学品、石油化学・樹脂製品

導入技術

配管・機器の保温材下腐食（CUI）予測モデル

- 腐食の検査データを使用条件と関連付けて系統的に分類し、統計的に解析して、予測モデルを構築

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☐ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☑ 従来把握できなかった状態の監視
- ☑ 故障の予測

新たに配管の腐食速度、腐食倍率を導きだし、配管の腐食を予測することで、配管からの漏れ等のトラブルを未然に防止

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

対処すべき配管の優先付けを行い経年劣化設備の維持コストの最適化を実現

スマート化技術導入の成功要因

② ボトムアップの文化・仕組み	工場の運転・設備管理担当によるボトムアップの立案
⑦ システムの調整・最適化	自社内でのシステム開発に加え、協力企業から提供されたデータや、検討の枠組みを活用していくことで、更なるシステムの高度化を実現

現場主導による新技術の導入

旭化成は、ケミカル・繊維から電子材料・電子部品、医薬・医療、住宅、建材等、幅広い事業領域で活躍している総合化学メーカーである。今回取り上げる水島製造所は、そんな旭化成の中でも石油化学製品のためのプラントを有する製造所である。

水島製造所では、元来**現場の運転・設備管理担当のボトムアップで、保全に関する技術の開発や導入が進められてきた**。例えば、伸縮可能なポールとデジカメを使った新しい高所の目視点検方法に取り組んでいる。

配管・機器の高経年化を契機とした独自の腐食予測モデルの構築

水島製造所は設立から約50年経っており、設備の経年が進行している。プラントの配管についても例外ではなく、その維持管理は重要な課題の一つである。

プラントを長期運転するほど、配管腐食の可能性は高くなるため、プラントの安定稼働のためにも腐食を早期に発見することは重要であるが、通常、プラントの配管には保温材が巻かれているため、仮に腐食が発生していたとしても、その発生箇所を外見からは特定することは難しい。また、保温材を剥離して検査を行おうとすると、剥離の手間や、場合によっては足場の設置が必要となり、追加の費用が発生する。そのため、水島製造所では、従来よりガイド波等の超音波を活用した非破壊検査法による、保温材下の配管腐食（CUI）の検査を実施してきた。

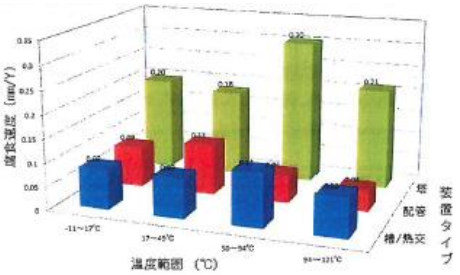
ただし、プラントには数多くの配管が存在し、ただ適用法規に応じて網羅的に検査を行うのは非効率である。そのため、同製造所では、**「配管リスク評価」を行うことによって、予め対処すべき配管の優先順位付けを行った。そして、優先度が高いものから検査を実施することで、効率的に検査を実施し、これにより、経年劣化設備の維持コストの最適化を図ることができた**。

このリスク評価は、「腐食結果影響度評価」（火災・環境・人的被害等の項目に従い、配管から漏えいがあった際の影響を評価）と「腐食発生可能性評価（旭化成独自方式）」の二つの評価に分けることができる。

このうち、**「腐食発生可能性評価」には、水島製造所独自の「CUI予測モデル」が活用されている。この「CUI予測モデル」は、同製造所の種々の設備（塔、槽、熱交配機、配管等）から収集された約6,000点のCUIデータを基に構築されたもの**である。

モデルの構築にはまず、CUIに関する検査データを、**温度、環境、構造、塗装仕様などの配管の使用条件毎に分類し、統計的に解析を実施**。これにより、**「基準腐食速度」と「腐食倍率」を導き出し**、この値を「CUI予測モデル」の係数として活用することで、**腐食速度を推定し、CUI発生可能性を評価することが可能**となる。

この「CUI予測モデル」による保温材を剥離した検査の効果として、**想定外の腐食箇所も漏れなく検出でき、水島製造所ではCUIが原因のトラブルは近年発生していない。**



各装置のタイプ・温度によるCUIの分布

更なるビッグデータの展開を目指して

旭化成水島製造所で開発された、この「CUI予測モデル」は、その後同社だけに留まらず、複数の企業と共同で更なる検討が進められてきた。まず協力化学会社７社から配管に限定したCUIデータ約1,900点の提供を受け、これを「CUI予測モデル」を活用して分析を行った。

更に、平成28年には、旭化成を含む化学会社14社の合同提案が、経済産業省の「IoT推進のための新産業モデル創出基盤事業」に採択された。この事業では、上記14社が収集したCUI検査データを分析し、これにより従来より精度の高い、CUI発生可能性の定量的な推定方法の構築し、その普及を図り日本全体の高経年化プラントの信頼性向上を目指している。

一般化学

10. 花王株式会社和歌山工場

熟練のノウハウ、過去の実績、予測値を組み合わせてシミュレーションを行うことで、工場全体の総光熱費の最適化を図り、1.2%の改善を実現し、技術伝承の機会としても活用

事業内容

事業内容	化学品製造		
事業所従業員数	1,673名	所在地	和歌山県和歌山市
会社情報	本社所在地：東京都中央区 従業員総数：33,026名 資本金：854億円	生産製品	家庭用洗剤、石鹸、その他家庭用消耗品、化学製品等

導入技術

最適運転支援システム

- 電力消費量が大きく変動する工場において数理計算手法や過去の実績値や熟練のノウハウを基に発電量の最適化を図る

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☐ 作業履歴の管理
- ☑ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☑ 従来把握できなかった状態の監視
- ☐ 故障の予測

日々の稼働状況を数値化していく過程で、熟練のノウハウを蓄積・可視化。更にシミュレーション値と実際の稼働値の差などを日々若手と熟練で議論していくことにより、技術伝承のきっかけとしても作用

収益面のメリット

- ☑ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☐ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

熟練のノウハウ、過去の実績、予測値を組み合わせてシミュレーションを行うことで、工場全体の総光熱費の最適化を図り、1.2%の改善を実現

スマート化技術導入の成功要因

3 段階的な導入	マザー工場である和歌山工場で実績を作り、その後、複数の国内工場に展開。今後は全世界の工場に展開しデータの一元管理を図る
6 技術研修	システムによって導出された最適な発電設備の稼働とオペレータによる操作の場合の差を現場で毎朝議論し、運転技術の向上や技術伝承につなげている
7 システムの調整・最適化	自社で開発を行うことにより、システムのブラックボックス化を避け、日々の稼働状況をシステムに反映しやすくしている

熟練の「ノウハウ」をデータ化

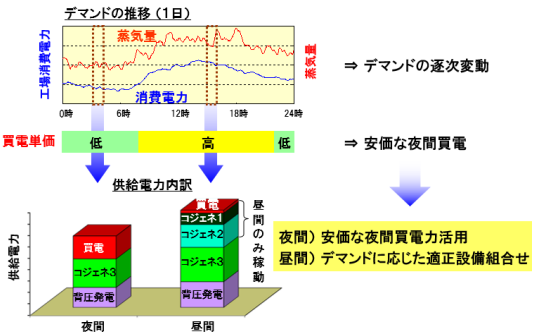
花王和歌山工場は、国内外にある花王の工場の中でも最大規模の工場であり、花王の各工場で原料として使用される化学製品を製造して供給するなど、旗艦工場としての役割を果たしている。
そんな和歌山工場ではデータの活用に注力しており、中でも「ノウハウの見える化」においては、特筆すべきものがある。同社の「ナレッジマネジメント」システムは、国内のみならず、同社の海外のすべての拠点と連携するなど、その規模と情報量は他社の追随を許さない。今回紹介する「運転最適化システム」は、そんな同社の取組の一環である。

数理的計画手法による最適運転支援システム

和歌山工場のプラントは、バッチプラントが多いため運転が頻繁に停止し、これによる電力需要の変動が大きい。プラント内で必要な電力は、自家発電と買電によって賄われている。買電の場合の単価は昼・夜で異なる（昼と比較して夜は安価）ため、夜は買電した電力を使用し、昼は自家発電による電力を主に用いている。従来、このような配分は**主にベテランのオペレータの経験によって決められていたが、2010年よりエネルギー使用に関する全体最適化の取組を数値的に把握する動き**が始まった。

和歌山工場では、システムの発展性とメンテナンス性を考慮して、システムの基礎部分は自社で開発するべきと考え、今回の最適化のための一連のモデル構築も自社内で進められた。

まず、全ての関連設備を線形モデルで定式化することに着手した。更に、**コジェネの連続稼働・停止制約の条件を加味し、モデル式の変動要因になりうる外気温度・湿度の変動やボイラー内部の電熱特性の変化を、過去の実績データを加えていくことで、モデル式の精緻化を図っていった。**



電力需要に応じた発電設備の組み合わせ

また、実際には、各設備の消費電力や蒸気のデマンドは逐次変化するため、そのデマンド予測に基づいた運転最適化が必要となる。そのため、**各部門の消費電力を合計し、工場トータルの消費電力を予測**し、その値を更にモデル式に加えていくことでシステムの実用度を高めていった。

現在、和歌山工場では、上記のモデルに基づき、過去の実績値を基礎データとして、１時間毎に最適化の計算が行われており、その結果に基づいた最適化運転のガイダンスをリアルタイムで実施している。このシステムの活用により、コジェネの運用方針や買電の量とそのタイミングの改善が図られ、システム導入後には、**総光熱費の最適化を図り、1.2%の改善を実現する効果があった。**

本システムはまず和歌山工場で導入され、現在では複数の国内工場にも導入されており、今後は、**全工場のデータを一覧化することで、工場をまたがった稼働の最適化を目指している。**また、現在は電力の供給側のコントロールが対象だが、将来的には電力を消費する設備の稼働最適化を通して電力の供給・需要の最適化を実現していく予定である。

ノウハウ伝授の機会に

花王では「人の判断力」を重視しており、システムはあくまでも人の補助として機能するものとの認識である。更に、システム導入を通して、各従業員が日常の作業を改めて考える「きっかけ」になることを期待している。今回本紙で紹介したシステムも、稼働の最適化を補助するものであるが、自動制御を目的とするものではない。そのため、システムのシミュレーションの値と、実際の稼働値が異なることがある。

花王ではこのような機会を運転技術向上の契機としてとらえている。**毎朝現場にて、システムによって導出された最適な発電設備の稼働と、実際にオペレータによって行われた稼働の差が議論されている。**その際には、まず若手にその原因を考察させ、その後に熟練の見解を伝えるなど、**運転技術の向上や技術伝承の場としても活用**している。

一般化学

11. 四国化成工業株式会社丸亀工場

プラント増設に合わせ、異常の予兆検知システムの導入を決定。プラント稼働の安定化、およびそれを通じた生産性向上を見込む

事業内容

事業内容	一般化学
事業所従業員数	150名
所在地	香川県丸亀市
会社情報	本社所在地：香川県丸亀市 従業員総数：584名 資本金：68億円
生産製品	不溶性硫黄等の無機化学品、有機化学品、ファインケミカル、建材等

導入技術

重要プロセス変数変動監視システム

- 重要プロセス変数（温度・圧力等）を監視し、その将来の変動トレンドを予測することで、運転異常の予兆を検知
- 将来予測に基づいて緊急対応を促すアラームを作動させ、オペレーターの異常事態の見過ごしを防止

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☐ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の監視
- ☑ 故障の予測

将来の重要プロセス変数のトレンド予測に基づき、プラント運転の異常から生じる設備の故障を予測しアラームを発する。また、プラント稼働の安定化によって人の操作への介在を減らし、事故リスクの低下を見込む

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☑ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

運転異常に影響し得る重要プロセス変数（温度や圧力等）の将来トレンドを予測し、異常の予兆を検知。異常発生前に対処することでプラント稼働を安定化し、エネルギーコストや設備調整のコストを削減するとともに、連続生産を維持することで生産性向上を見込む

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	プラントの増設にあたって、プラントの安全性向上を図るよう上層部から指示をうけて、現場で具体的な技術導入を検討・推進
4 システム導入のタイミング	プラント増設のタイミングで、新しいシステムを導入

プラント増設のタイミングで更なる安全性向上に資するシステムを導入

四国化成は、香川県丸亀市を主要な拠点として化学品と建材を製造する企業である。

四国化成では、熟練運転員が減少しており、**トラブル対応の経験が少ない若手運転員の割合が大きくなることで、非定常時の対応力が弱まっていることに危機感**を有していた。その折に、丸亀工場の生産力を増強するため、**プラント増設**が決まった。同社はこれをプラントの安全性向上のための**技術を導入する好機**と捉え、現場での検討が始まった。

四国化成では、過去に落雷による停電が発生し、一部の設備が停止した際に、プラントが危険な状態に陥るという経験をした。その際は、長い経験を有する運転員も現場にいたものの、大量のアラームが一度に作動し、その対応に苦慮する若手運転員のサポートで余裕がなくなってしまった。DCSの数値を十分に確認することができず、事故につながる予兆を把握することができなかった。その結果、異常への対応が後手に回ってしまった。加えて、大量のアラームが作動することで、重要なアラームを見落としてしまったことも事態を悪化させる要因となった。

このような経験をうけて、2017年3月から稼働予定のプラントへの導入が進められているのが重要プロセス変数変動監視システムである。

プラント稼働の異常を予兆段階で検知、特に重要なアラームを可視化

本システムは、**温度や圧力などの稼働安定性に影響する重要プロセス変数の変動を常時監視し、過去から現在までの変数の変動トレンドや設備稼働状況との相関関係等のモデルを用いて運転異常を予測するシステム**である。自動で生成されるモデルによって、**重要プロセスの変数が設備の停止や故障等に影響する限界値に達するまでの時間を推定**する。

これにより、異常の兆候を可視化し、トラブル対応の経験がないような若手運転員であっても、見えない状況の変化に早期に気が付くことができる。アラームが作動する前に異常発生の兆候を把握することで、現場の運転員による**異常への対応に時間的な余裕を設け、確実な対応を促す**ことができる。

また、プラント運転が非定常状態となったとき、DCSのアラームシステムでは、大量のアラームが作動し、運転員が重要なアラームに気づかないという事態が発生し得る。本システムは、**早急に対応しなければ事故リスクが高まるような、特に重要なアラームを明示することで早期・確実な対応を可能にする機能も備えている。**具体的には、重要なアラームを専用の大型ディスプレイに強制出力することで、運転異常の予兆をオペレーターが見逃さないような仕様となっている。

プラント稼働の安定化を通して、生産性の向上・事故リスクの低下を図る

四国化成では、日頃より設備の保守契約を結んでいるベンダーによる提案をうけて、本システム導入の検討を開始した。

重要プロセス変数の変動監視システムを実装したプラントは2017年3月から稼働予定となっている。具体的な効果が出るのはそれ以降となるが、四国化成では、**本システムによりプラント稼働の安定性を高め、事故リスクの低下・生産性向上につなげることを見込んで導入を進めている。**

プラントは一度停止してしまうと、稼働を再開する際には機器の再加熱が必要となり、多大なエネルギーロスや歩留まりの低下、設備調整の追加コストが発生する。さらに、機器の再加熱には半日から1日程度要し、その間は製品が製造できなくなるため、**稼働停止により発生する機会損失は非常に大きい。**

また、プラント稼働の停止・再開時には、人の操作が介在するため、最も事故が発生しやすい。本システムを通じた**稼働の安定化によって、人の介在を減らし、事故リスクが低下することも見込んでいる。**

システム導入によって、稼働の安定性を高め、エネルギーコストや機会損失の削減、生産性の向上、事故リスクの低減を進めていく計画である。

一般化学

12. 株式会社ダイセル網干工場

徹底的な安定化と合わせ、熟練運転員のノウハウを顕在化させた。運転員に必要な情報を適時に提供するシステムを構築することで、運転員の意思決定を支援

事業内容

事業内容	一般化学		
事業所従業員数	299名	所在地	兵庫県姫路市
会社情報	本社所在地：大阪府大阪市 従業員総数：2,153名 資本金：362億円	生産製品	セルロース誘導体製品、有機合成品、合成樹脂等

導入技術

運転支援システム

- 熟練運転員の意思決定プロセスを科学的な裏付けを行った上で整理
- 顕在化した約840万件の意思決定プロセスをシステムに組み込み、運転員に適時に必要な情報を提供

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☑ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の監視
- ☑ 故障の予測

熟練運転員へのインタビューを通して、意思決定方法を表出させ標準化。ＩＴを駆使して、これらをシステム化し、運転員の的確な判断と迅速な対処に貢献

収益面のメリット

- ☑ エネルギーコストの削減
- ☑ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

運転員の作業負荷件数90%削減するとともに、安全・安定生産や品質改善、コストダウンを実現し、総原価20%の削減や生産性3倍を達成

スマート化技術導入の成功要因

4 システム導入のタイミング	熟練運転員の減少と海外企業との競争激化に備え、システム開発を含む抜本的な業務改革を実施
6 技術研修	熟練運転員のノウハウを効率的に引き出すため、社内研修を受けて手法習得し、コミュニケーション能力を有すると認定されたスタッフが、改善インタビューを実施
7 システムの調整・最適化	運転員が一画面で必要な情報が適時に得られるような仕様（「シングルウインドウオペレーション」）のシステムを構築

熟練運転員減少や競争激化に備え生産革新の取組を開始

ダイセルは、大阪府大阪市に本社を置く総合化学メーカーである。同社は、網干工場をモデル工場として先進的な生産革新に取り組んできた。同社網干工場で開発された生産革新手法は「ダイセル式生産革新」と呼ばれ、生産革新の好事例として他社の製造現場にも取り入れられ、プラント稼働の安定化や生産性向上に効果を発揮している。

同社がこのような生産革新に取り組んだきっかけは、網干工場主要プラントの熟練運転員の定年退職に備えて、プラント運転に関する技術伝承と生産性向上の必要に迫られたことである。同社は、基盤整備・安定化を実施した上で、安全・品質・生産量・コストに関する熟練運転員の意思決定方法を顕在化・システム化することによって、運転員の的確な判断と迅速な対処に貢献することが必要と考えた。

熟練運転員の知見とITを駆使して「知的生産システム」を構築

ダイセルにおける取組の特徴は、**熟練運転員の意思決定方法の顕在化とITを融合して取り組まれている点**にある。この取り組みでは、まず人に着目して、**従来属人的になっていた運転員の意思決定方法を表出させる「頭の中の見える化・標準化」に取り組み**、更に、一部門の改善ではなく、全社レベルでの全体最適化を実施してきた。

同社の生産革新の取組は、４段階の手法で行われる。まず、第0段階で**共通の切り口で現行業務の在り方を点検の上、全体像を把握してマスタープランを策定し**、第1段階で**業務の無駄やロスを徹底的に排除し、運転員の負荷となっている作業を排除する**。第２段では**業務の「標準化」**が行われるが、ここでは同社で考案された**「総合オペラビリティスタディ」**という手法が活用される。この手法では、熟練運転員へのインタビューを通して、**熟練運転員の意思決定方法を「安全」「品質」「生産量」「コスト」の要素ごとに、監視―判断―操作の流れで網羅的に表出させる**。なお、**このインタビューを実施できるのは、同社で定める認定試験を通過したスタッフだけ**である。そして、**総合オペラビリティスタディによって体系的に整理された運転ノウハウに、科学的な裏付けを行い、従来属人的なノウハウであったものを、「技術」のレベルまで昇華させた。**

そして第３段階として、この「技術」を**ITを駆使してシステム化したものが「知的生産システム」**である。このシステムのコンセプトは、**「必要な時に、必要な人が、必要な情報がミエル仕組み」**であり、運転員**の意思決定方法を支援するための仕組みづくり**である。化学プラントの場合、異常・変調発生時には、的確な判断と迅速な対処が求められる。しかし、従来のシステム化では、情報過多になる傾向にあり、これにより逆に運転員の負荷を増大させていた。
そのため**「知的生産システム」では「シングルウィンドオペレーション」にこだわり、一台のディスプレイから必要な画面に展開できる構成となっている**。具体的には、**運転操作用画面から、運転に関連するより広い情報が見れる仕組みとして、必要情報を迅速かつ的確に確認できるよう設計**されている。



網干工場のオペレーションルーム

運転員の負荷を軽減しつつ、生産性を向上

同社では、一連の生産革新に取り組んだ結果、運転員**の作業負荷件数を90%削減すると共に、安全・安定生産や品質改善、コストダウンを実現し、総原価20%の削減や生産性3倍を達成した**。

更に同社では、「知的生産システム」を陳腐化させないために、集大成した製造技術を日々の運転の中で常にブラッシュアップさせ、標準化した運転方法を教育する仕組みと、新規プロセス設計に活用する仕組みを構築し、さらなるノウハウの顕在化・標準化に努めている。

同社は、画像判断システム等の新たな技術の導入にも積極的であり、引き続き人とシステム両面からの革新に取り組んでいる。

一般化学

13. 東洋合成工業株式会社市川工場

完成した製品を保管するタンクに無線通信機能付きの液面計を設置することで、人の巡回点検の手間を省き、製品需要を反映した生産計画の実現に寄与

事業内容

事業内容	一般化学
事業所従業員数	110名
所在地	千葉県市川市
会社情報	本社所在地：東京都台東区 従業員総数：596名 資本金：16億円
生産製品	感光性材料、電解液、香料材料、電子材料溶剤等

導入技術

無線通信機能付き液面計

- 生産した製品を保管するタンクの液面を計測し、在庫量をモニタリング
- 液面計に無線通信機能を搭載し、計器室からリアルタイムでタンク内の在庫量を把握

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☐ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☑ 従来把握できなかった状態の把握
- ☐ 故障の予測

無線通信機能を備えた新しい液面計の導入によって、人が目視しなくてもリアルタイムにタンク内の製品量を正確に把握することができるようになり、作業員がタンクの上に登り、蓋を開けてタンク内を確認するという危険を伴う作業が不要となった

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☑ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

巡回員が目視点検しなくてもリアルタイムにタンク内の製品量が把握できるようになり、巡回点検の工数を削減。更に、製品の在庫不足によって顧客に製品を提供できないという機会損失を防ぐとともに、これまで以上に製品需要を反映した効率的な生産計画が立てられるようになり、生産性の向上に寄与

スマート化技術導入の成功要因

3 段階的な導入	優先度を付けて無線通信機能付きの液面計を設置するタンクを決め、小規模な技術導入で効果を実証
4 システム導入のタイミング	データ活用の必要性が認識されたタイミングで、社内に新技術を導入し、効果を実証

弛まぬ技術革新により、高付加価値の製品を生産

東洋合成工業は、1954年に設立された医薬品用化学製品の製造を起源とする会社である。設立以来、弛まぬ技術革新を続けており、日々研究開発に注力しており、現在の主力製造品は、①感光材、②香料用原料、③電子部品・医薬品用の溶剤である。同社の製造品の特徴は、バッチ製造で複雑な製造プロセスを経た高単価・高付加価値の製品が多いことにある。製品の中には、生産に1～2週間の期間を要するものもある。

製品在庫量のリアルタイムモニタリングにより、効率的な在庫管理を実施

電子部品・医薬品用の溶剤製造を行う東洋合成工業の市川工場では、完成した製品を保管するためのタンクが55基設置されている。通常、バッチ製造を行う化学プラントでは、連続式プラントと異なり、在庫量が少なくなったタイミングで製品を追加生産する。更に、適時に顧客に製品を提供するためには、製品の在庫量の管理が重要となる。在庫が十分にない場合、顧客の求める期間内に製品を提供できず、取引が滞るというリスクが存在する。

同社の市川工場では、在庫・原料等の管理システムを用いて在庫管理をしているものの、そのシステム上のデータはあくまでも帳簿上の数値であるため、製造ロスの発生等の理由により、実際の製造品の在庫量とズレが生じることがある。そのため、正確な在庫量の管理のために、作業員が一日2～3回現場を巡回し、タンクに設置された液面計を目視点検することでタンク内の製品量を確認しており、在庫管理の確認に時間がかかっていた。そこで、市川工場では、製造品の保管用タンクのうち2基のタンクに**無線機能付の液面計を設置し、液面の高さをモニタリング**している。**無線通信機能を備えた液面計の導入によって、人が目視点検しなくてもリアルタイムにタンク内の製品量を把握できるようになった。**

これにより、在庫不足によって顧客に製品を提供できないという機会損失を防ぐことが可能となり、これまで以上に製品需要を反映した生産計画を立てることが可能となった。

さらに、**巡回点検作業にかかる時間が削減されることで、プラントの更なる運転・保全業務の高度化のために、稼働データの分析や新技術導入に向けた検討等に時間を充てることが可能となった。**

また、従来の液面計では、特にタンクに保管されている製品が酸性が強いものだと液面系が故障したり、値に誤差が出てていた。そのような場合、タンクの上に登り、蓋を開けて確認にする作業が発生していた。

しかし、**新たに導入された無線通信機能付きの液面計は、従来のものよりタンク内に保管している物質の影響を受けにくく、故障しにくいため、計測値の信頼性が向上した。さらに、リアルタイムで計測値が把握できることも相まって、タンクの蓋を開けずとも状況を正確に確認できるようになったため、保全作業の安全性が向上した。**

将来的には全てのタンクに無線通信機能を搭載した液面計を設置したいと考えているが、現時点では、優先順位をつけて設置するタンクを決めている。



タンクに設置された
無線通信機能付き液面計

精緻な生産計画の策定を目指して

同社では効率的な生産計画のために、オンライン液面計等から収取した在庫管理データと製造データの統合的な管理が必要であるという課題を感じていた。そのため、**在庫管理データや製造現場の製造データ、設備の稼働データ等をシステム上で統合・分析し、精緻な生産計画を立てる構想をしている。**

最近では、同社は特殊な感光材など、製造時に温度や圧力を厳密に管理する必要がある製品を取り扱うことが多くなってきている。現在は熟練人材の経験によって、その微調整をしているが、今後は高度制御システム等を導入することで、より安定した生産を実現し、顧客の要求に応えたいと考えている。

一般化学

14. 日本エイアンドエル株式会社愛媛工場

操業の安全と安定のための組織価値定義に基づくアラームマネジメントの導入により、稼働の安定化とベテラン保安人材から若手への技能伝承を実現、現場保安力を向上

事業内容

事業内容	一般化学
事業所従業員数	200名
所在地	愛媛県新居浜市
会社情報	本社所在地：大阪市中央区 従業員総数：300名 資本金：60億円
生産製品	ABS樹脂 SBRラテックス ラテックスコンパウンド

導入技術

アラームマネジメント

- 生産性・環境性・安全性の視点から自社の組織価値の最大化を目的に、アラームシステム再設計と画面の設計を実施
- アラームシステムの適正化評価と改善のための演習と訓練により、アラームの適切性を検証。さらに、定期評価等により、アラームシステムの適正を維持

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

☐ 作業履歴の管理　☑ 熟練ノウハウの蓄積・可視化　☐ 従来把握できなかった状態の監視　☐ 故障の予測

熟練人材のノウハウを基に、アラーム作動時の機器の対応操作手順を標準化することで、若手人材が熟練ノウハウを活用

収益面のメリット

☐ エネルギーコストの削減　☑ 生産性向上による売上拡大　☑ 維持・修繕におけるコスト削減　☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大

対応が必要なアラームのみを、対応工数を踏まえた必要なタイミングで発することで、異常の監視漏れや機器操作ミスをゼロ化し、稼働安定性向上、設備損傷の予防につなげた

スマート化技術導入の成功要因

5 外部専門企業との協働	保安ベンダーと共同で、運転員の非定常時の対応力など、自社人材の保安面での熟練度合に適したアラームマネジメントシステムを導入
6 技術研修	社内でITが得意な人材やITに関心のある人材に、社内のDCSに詳しい人材が技術教育を実施することで、自社内でシステム保守・改善が可能となった
7 システムの調整・最適化	システム設定（アラーム作動の閾値や頻度、優先度等）を3ヶ月に1回、作業員の技量等に合うよう見直すことで、監視漏れ・操作ミスの防止効果を最適化

熟練人材の大量退職をうけてスマート化技術の導入を決定

日本エイアンドエルは住友化学と三井化学の合弁会社であり、新居浜市にある愛媛工場は、1966年に稼働を開始した。

10年程前に、工場操業開始時に採用された**熟練人材が大量退職**する時期を迎えた。熟練運転員の減少に伴い、製造ラインでの調整ミスから原料が十分添加されなかった際に、DCSのオペレータが異常に気付かなかった等のミスが若手運転員の間で目立つようになった。このような事態をうけ、製造現場では**工場の安定稼働に支障がでるのではないか、という危機感**が募ってきた。

日本エイアンドエルでは運転情報のデータベース化や技能マップを作成するなどの取り組みにより熟練人材の技能伝承に努めており、その中でも特に力を入れているのがアラームシステムの構築であった。

アラームの最適化によって監視漏れ・操作ミスをゼロに

アラームはプラント稼働の異常を知らせるものだが、簡単に設定ができるからこそ、重要性の低いものまで多くのアラームを設定してしまいがちである。アラームが頻繁に作動すると、現場は原因調査・安全確認に追われ、アラーム対応の遅れやアラームを受けた機器操作にミスが生じ得る。一方で、安易なアラーム削減は重要なアラームの削除につながり得るという現場の問題意識があった。そこで注目したのが「アラームマネジメント」の考え方によるアラームシステムの導入だった。

日本エイアンドエルが導入したアラームマネジメントとは、**アラーム設計に係る思想の策定やその明文化といったプロセスを経ることで、アラームを作動する目的（品質安定や重大事故防止等）を明確化したアラーム設計**を行うことに特徴がある。その上で、**DCSを通して収集しているプラントの稼働データを解析し、アラーム作動と人の操作の相関性（アラーム作動から対応開始までにかかる時間や対応開始から収束までの時間等）を導出することで、アラームの優先度（重要性）や作動タイミングを決定**するものである。

このようにアラーム設定の目的を明確化することで、目的が不明確なままに設定されていたアラームを排除しつつ、本来必要なアラームのみを作動させることができる。更に、運転員の非定常時の対応力等を踏まえつつ、対応に必要な時間を考慮してアラーム作動タイミングを設定することで、経験の浅い運転員でも確実に異常に対処することが可能となる。

その結果、愛媛工場では運転員のアラーム対応に必要な時間の確保が可能となった。アラームマネージメントの取り組み前には、人的要因で起きたトラブルのうち監視漏れ・DCS操作ミスが60%近くを占めていた。しかしアラームマネジメント導入と、アラーム作動の閾値や頻度、優先度等の閾値の定期的な（3ヶ月に1回）見直しによって、**監視漏れ・操作ミスの割合をほぼゼロにすることに成功した。**定量的な測定は今後行う予定だが、運転員の**アラームへの対応工数の削減も実現**している。

社内人材育成によるシステムの自主改善

アラームマネジメントの導入にあたっては、**保安ベンダーの支援を受けることで円滑な導入を実現**した。

具体的には、アラームの目的を特定するために実施したHAZOP（Hazard and Operability study、安全性・運転性の評価手法。化学品の製造プロセスにおける危険性を網羅的に分析・評価するもの）等の進め方やアラーム設計の取り纏め方法に関する知見を提供してもらった。

一方、**自社内で導入技術の応用ができる人材育成**にも取り組んでいる。技術導入当初は初めての取り組みであり、システムやノウハウを理解している人材が少なかったが、**社内でITが得意な人材や関心がある人材（全体の3～5割程度）に対し、DCS等のシステムに詳しい社内人材が集中的な教育を実施**した。

社内人材の技術力が上がったことで、**自主的に、迅速に低コストでシステムを改善**できるようになり、熟練人材の大量退職後も事故を起こすことなく安全な稼働を継続することに寄与している。

一般化学

15. 日本曹達株式会社二本木工場

本社による提案・支援をうけて、生産現場でタブレット活用を推進。各種パトロール業務が効率化されることで、年間80人日の業務工数を削減

事業内容

事業内容	一般化学
事業所従業員数	329名
所在地	新潟県上越市
会社情報	本社所在地：東京都千代田区 従業員総数：1,304名 資本金：291億円
生産製品	基礎化学品、機能性化学品、環境化学品、農薬、医薬品原料

導入技術

タブレット

- 製造現場に導入されたタブレットを通して各種パトロールデータの入力・報告書作成を実施

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の監視
- ☐ 故障の予測

現場で確認したデータをその場でタブレットに入力し、瞬時・円滑な情報共有が可能となった

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

収集した各設備のデータを現場でタブレットに入力することが可能となり、設備点検業務が効率化されることで、年間で80人日の工数削減効果を確認

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	本社IT部門が、本社の費用負担でのタブレット導入を各工場に打診し、製造現場へのタブレット導入を推進
3 段階的な導入	小規模な導入で導入効果を確認した上で、導入範囲を拡大するスモールスタートでタブレット導入を開始

巡回点検業務の効率化と情報共有の円滑化を図り、タブレットを導入

日本曹達は、アグリビジネス、機能性化学品事業、医薬品事業、環境化学品事業、クロールアルカリ事業の5つの事業領域を手掛け、グローバルに展開する化学品メーカーである。

同社の本社IT企画部では、ITを活用した業務改革を計画しており、特にタブレットの導入に意欲的であった。このような流れをうけて、同社二本木工場がモデル工場に選ばれ、**タブレットを活用した安全パトロール等の保全業務が進められている**ところである。

なお、今回のタブレット導入にあたっては、**初期導入に係る経費を本社の負担とすることで、現場が取り組みやすい環境を作った。**また、同社では元来、現場が新しい物事を積極的に取り入れる文化があるため、今回のタブレットの導入も特段の問題なく受け入れられた。

本社がタブレット導入を提案・支援することで、現場への導入を推進

従来の各種パトロールでは、指摘項目をまず紙に記録し、事務所に戻った後にPCで報告書の作成を行っていた。

さらに、現場設備の状況をより詳細に記録するために、写真で記録を行う場合は、まず現場で写真を撮影した後に、事務所に設置されているコンピュータに取り込む作業が必要であった。

一方、今回二本木工場で始められた取り組みでは、**巡回点検時に、点検すると同時にその結果をタブレットへ入力し、点検結果の記録・撮影を現場で行うことで、当該作業の効率化を図っている。**

更に、写真を含めたパトロール結果から自動的に報告書が作成できるようになったため、報告書の作成にかかる工数が削減された。

また、点検結果を直接データの形で蓄積できるようになったため、過去の指摘事項に対する改善状況の確認も容易となった。

この結果、**各種パトロール作業全体が効率化され、年間で80人日の工数削減効果が確認されている。**

なお、今回タブレットを活用する際、点検作業効率化のためのシステムでは、公共網の通信回線を使うなど、積極的な情報通信技術の活用が行われている。



現場でのタブレット活用の様子

導入規模の拡大を目指して

現在、日本曹達では、二本木工場の中でも、点検や入力作業が多い各種パトロール等の一部の現場管理業務を対象として、試験的にタブレットが導入され、実証が行われている。

このように、同社では**スモールスタートの考え方でタブレット導入を進めている**が、今後は、同社の他工場への水平展開を予定している。その際には、動画での記録や、テレビ電話の機能等を活用した製造現場と計器室間のリアルタイムのコミュニケーション等、タブレットの活用具合を深化させ、さらなる業務の効率化・情報共有の円滑化を目指している。

一般化学

16. 三菱ガス化学株式会社四日市工場

タブレット端末を用いた、作業履歴や品質情報の電子データでの管理を通じ、作業の抜け漏れ防止・技能伝承、作業時間の短縮や品質向上を推進

事業内容

事業内容	化学品製造
事業所従業員数	251名
所在地	三重県四日市市
会社情報	本社所在地：東京都千代田区 従業員総数：8,176名 資本金：419億円
生産製品	天然ガス系化学品、芳香族化学品、機能化学品、特殊機能材

導入技術

ナレッジデータベースおよびタブレット

- 従来はノートに記録されていた作業の申し送り事項を、ナレッジデータベース機能を有するシステムに電子データとして入力・共有
- 一部の現場情報をタブレットを用いて収集
- タブレットによるデータ共有により現場データ収集と同時にトレンド監視でき、異常の早期発見に寄与

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☑ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の監視
- ☐ 故障の予測

ナレッジデータベース機能により、適切な操作方法・判断基準の伝承・標準化が進んでいる
作業の申し送り事項の実施状況やスケジュールも管理できるなど、作業の抜け漏れ防止にも繋がっている

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☑ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

申し送りの電子化により、情報の可視化や事項の共有、過去事例の検索などを容易に行える様にした。さらに、電子化により品質トレンドが管理しやすくなり、収益減の要因となりうる品質のばらつきを抑制

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	本社にてスマート化の方針と導入技術の種類を定め各事業所に提案し、事業所での取組を予算面や情報面などからサポート
2 ボトムアップの文化・仕組み	本社からの提案に対し、手を挙げた事業所においてスマート化を実践。本社の提案に沿いつつ事業所自らが、自分たちに合った技術を有するベンダーを調査し導入した
7 システムの調整・最適化	事業所が導入技術を選定する際は拡張性を評価項目とし、現場の運用方法に合わせ、柔軟に調整できるシステムを選定した

本社からのサポートと現場のイニシアチブによるスマート化

三菱ガス化学は、技術の伝承、安全操業、品質安定化・向上を追求するため、ITを活用した取組にトライしている。**本社の生産技術部がスマート化に関する情報収集を行い、有効と考えた技術を現場に提案し、導入に手を挙げた事業所での取組を予算面をはじめ後押し**している。

この一環で、2013年から全社でナレッジマネジメントに取り組む方針となり、**保全・運転業務の申し送り履歴情報の電子データ化**が本社から事業所に提案された。四日市工場はこれに対して早期に手を挙げ、タブレット端末を用いたデータ入力・確認も最初に導入した。

化学プラントは24時間操業のため交代勤務となっている。四日市工場では4班3交代制で、交代の度、申し送り（作業履歴と対応事項の引継ぎ）が発生する。この申し送りを正確・迅速に行うことは、工場の安全性や品質の向上には重要である。

より正確・迅速な申し送りと品質安定化

運転・点検履歴等の申し送り情報が電子化される前は、現場ではノートに手書きした情報を運転員間で共有していた。使い切ったノートはファイリングされていくが、過去のデータを参照しようとした場合、どのノートを参照すべきで、そのノートがどこにあるかを特定するのは容易ではなかった。

以前は一人一人がノートを見ながら行うべき業務を確認していたが、申し送りの電子化導入により、**必要な情報を大型プロジェクタに投影し、その画面を運転員同士で共有することで、より可視化され、正確な申し送りを行えるようになった**。紙のノートでは不可能だった画像や動画、PDF化した作業手順書の一元管理も可能となり、**申し送り事項の共有や適切な作業手順の検索の容易化**に繋がっている。

タブレットの導入は、運転情報の申し送り事項や点検で収集した操業データの現場での入力を可能にした。**作業内容の実施確認のトレースや、定期点検作業のスケジュール管理も可能となり、作業の抜け漏れ防止に繋がっている**。それ以外にも、予め各点検データの基準値を設定しておくことで、**入力された点検データが値を超えていた場合は、タブレットが振動し異常を知らせることもできるなど、異常の早期検知・解消にも役立っている**。

さらに、運転情報を電子データ化することで、製品品質のトレンドが管理しやすくなった。その結果、**品質のばらつきの要因を特定し対策を打つことで、品質低下を抑制し収益のマイナスを減らすことができている**。

また、顧客からは、納入品を生産した際の品質データ共有の要望を受けることもあり、このような依頼に応えることで、**顧客満足度の向上にも寄与**している。



図1　大型プロジェクタを用いた情報共有の様子



図2　現場でのタブレット活用イメージ

現場に合わせたシステムの調整と、さらなる横展開の仕組み

電子申し送りシステムには製品間で使い勝手や調整の容易さなどに差があるが、**導入に当たっては柔軟性・拡張性を重視し、現場の運用方法に合わせ、柔軟に工夫が反映できるシステムを選定した**。四日市工場での、電子データ化とタブレットでも、現場のニーズに応じた調整がなされている。

三菱ガス化学では、このような**現場での柔軟なスマート化の取組を事業所間で共有する場として、各事業所のメンバー（製造課の担当者等）を集め交流会を実施**している。その場でシステムの効果や利用方法などを共有し、導入技術の横展開等に繋げるなど、スマート化による一層の安全性・品質向上を推進している。

電力

17. 関西電力株式会社舞鶴発電所

高所での目視点検に代わり、ドローンを活用することで、安全性の向上や作業工程の短縮を実現

事業内容

事業内容	火力発電
事業所従業員数	120名
所在地	京都府舞鶴市
会社情報	本社所在地：大阪府大阪市 従業員総数：21,817名 資本金：4,893億円
生産製品	水力発電148箇所、火力発電12箇所、原子力発電３箇所等

導入技術

ドローンの活用による高所点検

- 煙道ダクトや石炭サイロ等の人が点検しにくい箇所を、ドローンにより、足場の架設なしに、容易に点検可能

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

☐ 作業履歴の管理　☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化　☑ 従来把握できなかった状態の監視　☐ 故障の予測

ドローンの活用により、危険な高所へ人が行かずとも、現場の点検が可能となるため、点検作業の安全性が向上。また、従来の目視点検で確認しにくく見落としがちであった箇所も容易に確認できることにより、点検品質の精度が向上

収益面のメリット

☐ エネルギーコストの削減　☐ 生産性向上による売上拡大　☑ 維持・修繕におけるコスト削減　☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

ドローンの活用により、高所点検のための足場架設作業を省略できるため、保全コストの低減を実現

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	所長のリーダーシップのもと保全活動に積極的に新技術を導入
6 技術研修	ドローンの操縦技術の研修を進めるとともに、設備に精通したベテラン社員の持つ点検ノウハウも併用することで、点検技能の習熟を図った

意欲的な新技術の導入

関西電力株式会社は、近畿地方2府4県を営業区域とする電力会社である。同社舞鶴発電所は国内最大規模の石炭を燃料とする火力発電所である。

関西電力は日頃よりプラントの安定稼働を心がけており、最近では同発電所長の主導により、同社グループ会社の関電プラント(株)と共に、日々新しい技術の導入に意欲的に取り組んでいる。

ドローンを活用した保全活動の高度化

舞鶴発電所では2016年２月から６月にかけて１号機の定期点検作業を実施した。その一環で、煙道ダクトや石炭サイロ内部、配管などの不具合の確認を試みた。確認作業を行う地点は、地上５～６mの高所にあるため、従来は点検のために大掛かりな足場を構築し、目視で点検を行っていた。

2016年より、保全活動の効率化を目的として、人の目視点検に代わりに、ドローンによる点検の試みが始まった。**ドローンによる点検により、高所での足場構築が不要となるため、足場の架設作業が省略され、保全コストの低減も期待できる。**また、発電所内では、大型工事が輻輳するため、現場では大型資機材の配置も重要となる。**ドローンを活用することで、資機材の配置状況を効率よく確認でき、作業スペースの有無を把握できることで、どこに資機材を置くべきかを効率的に判断することが可能である。**



今回使用したドローン

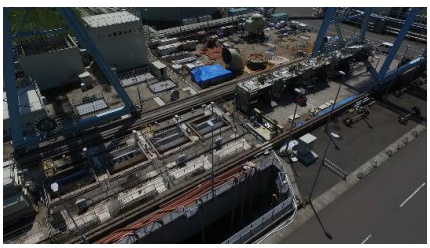
ただし、最初から全てがうまくいったわけではない。ドローンはGPSの位置情報を基に、安定的な飛行が可能であるが、発電所内にはGPSが使えない箇所も複数存在する。そのため、石炭サイロや煙突の内部などにおいて、GPSが使えなくても問題なく操縦ができるよう、操縦訓練を度重ねた。



煙道ダクトの点検

また、ドローンの操縦は、若い社員から先行的に習得していった。しかし、実際の点検作業は、ただドローンを飛ばせば済むものではなく、点検すべき箇所をきちんと確認することが肝となり、そのためには熟練者の知見が重要となる。そのため、舞鶴発電所では、**ドローンの操縦者と、点検ポイントを熟知しているベテラン社員を組ませることで、点検漏れのない、効率的な点検を実施**している。

最近では、各持ち場担当の中で、最低でも一人はドローンが操縦できるよう操縦者の育成が進められており、新技術の導入に意欲的である。現時点では、ドローンからの映像は、システムが連携しているタブレットのみで閲覧が可能であるが、ゆくゆくは、制御室等での遠隔監視や複数の端末と連携していくことを考えている。



点検資材状況の確認

画像活用への期待

舞鶴発電所では、点検作業の際にドローン以外の新技術を活用している。ウェアラブルカメラはその一つである。不具合箇所の監視強化の一環で始めたもので、現時点では定期点検時のボイラーの中やタービン等の限定的な場所での実施となっている。

点検者は頭にウェアラブルカメラを装着して点検に臨む。ウェアラブルカメラで撮影された映像は、現場から離れた制御室・事務所でも同時に確認が可能である。従来は、点検者が現場で異常を感知した際、確認したい情報がある場合は、その都度現場を離れ、制御室等に戻り確認していた。しかし、**ウェアラブルカメラを活用することで、制御室側等と状況を共有できるため、制御室等の上司、上席者が必要情報を確認し、点検者に伝えることによって、点検作業の効率化を図ることができた。**

今後はドローンやウェアラブルカメラの画像の更なる活用を検討しており、画像診断システムの導入による異常の早期発見に向けた検討を行っていく。

電力

18. 中国電力株式会社島根原子力発電所

計測データから「いつもと違う」挙動を察知し、異常の予兆を検知。システム導入によりプラント監視を現在より正確に、より効率化し、信頼性・安全性確保と安定稼働につなげる

事業内容

事業内容	原子力発電
事業所従業員数	511名（島根本部52名含む）
所在地	島根県松江市
会社情報	本社所在地：広島県広島市 従業員総数：9,524名 資本金：1,855億円
発電設備	火力：12カ所 水力：99カ所 原子力：1カ所 新エネルギー等：2カ所

導入技術



異常予兆検知システム

- 設備に設置したセンサーから収集したデータを解析
- プラントの「いつもと違う」動きを察知し、故障につながる可能性のある箇所の特定や故障発生前の早期補修が可能

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☐ 従来把握できなかった状態の監視
- ☑ 故障の予測

過去事例の分析では、運転員より約8時間前に異常検知できたケースも存在。分解点検頻度の削減が可能、分解時のヒューマンエラーの可能性も減少。分解点検とその結果の履歴管理により、原因究明も容易になる。

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

設備異常顕在化前に対処することで、信頼性、安定性が高まり安全性、稼働率向上につながる。保守が必要な時期をより正確につかむことで分解点検等の頻度を削減でき、将来、保守コストの低減につながる。

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	原子力管理部長（当時）がコンセプトをつくり、情報通信部門が現場に在勤しながら1年かけてシステムを開発
2 ボトムアップの文化・仕組み	導入を推進するには、いかに現場を本気にさせるかが重要。現場の保守・運転員と一緒にシステムを組み立てるなど、最初からプロセスに巻き込むことで、現場の人間も前向きに対応した
6 技術研修	特に入社約5年目までの若手を対象に、計器・センサーのパラメータを変動させ、予兆の発生から事故防止対応までのシミュレーションを実施

ベテラン人材の減少をきっかけとした、人手に依存することへの課題認識

事業所では**ベテラン人材が減少してきており、人手に依存する体制は変えていく必要がある**という認識があった。人手に依存せず、異常の予兆を察知する手段について、社内で議論が重ねられた。

福島事故後のような長期停止後の再稼働では，信頼性確保に対する課題が格段に多い。プラントの異常を早期に発見することはもとより、状態を的確に捉え、客観的に評価する手段はないかが検討された。

ITベンダー企業から、システム障害対応エンジンの紹介があった。原子力管理部長（当時）は、このエンジンの障害検知に関するアルゴリズムから「プラントの状態監視に応用できる」と判断した。

現場を巻き込みシステムを開発

本エンジンを用いて、現在の計測データとモデルからの予想を比較することにより、**「いつもと違う動き＝異常の予兆」を検知**するデータ解析・異常予兆検知システムの開発・導入検討を開始。

まずは、原子力管理部長がシステムのコンセプトを作り、画面設計や何を監視すべきかなどは、保守・運転員と一緒に組立てた。その過程では、エンジン開発メーカが持つITの専門的な知見と現場の知見を融合させるようにした。現場もベテランがいなくなることに対して、危機感を抱いていたため、このように**最初からプロセスに巻き込むことにより、現場の人間も前向きに取り組んでくれた。**

開発の過程で難しかったのは、**プラントの状態監視のためのデータとして何を採用するかであった。**異常を早期に検知するためには、水位、圧力あるいは流量、何に注目すれば良いか。**計算機により監視している約３千５百のセンサーデータを、どのように活用すれば異常を予兆の段階で検知できるか**決めねばならない。また、必要なデータは問題がある系統ではなく、異なる系統に現れることもある。例えば、原子炉の出力変化はタービン系のデータの変化として現れることもある。このような検討は**現場の運転員の協力なしでは進まない。**運転員と議論をしながら、**1年かけてシステムを作り上げた。**

人より迅速な異常予兆検知による安全性・稼働安定性向上

結果的に可能になった、あるいは高度化された業務は多岐に渡る。例えば、プラント運転中・停止中の各種系統のリアルタイム監視、定期試験における機器の状態判定、プラント起動・停止工程におけるプラントの健全性確認、機器点検・更新した機器の健全性評価、トラブル事象後の分析などである。

現在、異常予兆検知システムの性能および機能の高度化について検討中である。別途導入した**EAM（Enterprise Asset Management／統合型保全システム）と異常の予兆検知システムを連携**させることで、より詳細な分析が可能になる。EAMとは「保守管理活動全体を管理する統合型保全システム」のこと。特にヒューマンエラーの起こりやすい分解点検について、いつどのように実施し、その結果がどうだったか等の情報を電子データとして記録し、アセットの管理を行っている。これを異常予兆の分析とリンクさせることで、異常が検知された際は、例えばいつ点検して何をどう交換したことで不具合が発生しているか、どの不適合が原因になっているかなど、**異常の原因が何であったかを究明**し易くできる。

実際の効果検証はプラントの再稼働後に確認することとなるが、同社では開発・導入にあたり、過去のプラントの異常事例解析および訓練用施設を用いて様々な異常を発生させ、その事象を解析することにより異常予兆検知システムの実効性についての検証を実施してきた。

過去の異常事例解析の結果によると、**運転員よりも約8時間前に異常を検知できた**というケースもあった。今後、保守データを長期わたり蓄積して行くことにより、例えば2年ごとに分解点検を行っていた機器について、点検間隔の延長も期待できる。故障原因の多くは、いじり壊しのような分解点検時のヒューマンエラー。**分解点検の頻度を下げることで、ヒューマンエラーのリスクが下がりプラントの信頼性が向上し、稼働率が上がる。**原子力プラントでは「**信頼性・安定性向上＝安全性・稼働率向上**」であり、プラントの安全、経営面からも重要なシステム。システム導入によりプラント監視を現在より正確に、より効率化できる。

異常予兆検知システムは、若年層教育にも活用されている。若年層の中には異常を知らせるパラメータの相関関係に対して理解が浅い人達も多い。そこで機器故障の予兆事象をパターン化し、計器・センサーのパラメータを変動させ、**予兆の発生から事故防止対応までのシミュレーション**を実施している。

電力

19. 中部電力株式会社碧南火力発電所

自社の稼働データを分析することで、事故要素を早急に検知し、プラントの異常に事前に対処

事業内容

事業内容	火力発電	使用燃料：石炭 ユニット数： 5	
事業所従業員数	269名	所在地	愛知県碧南市
会社情報	本社所在地：愛知県名古屋市 従業員総数：17,506名 資本金：4,307億円	発電設備	火力 10ヶ所、水力 196ヶ所、原子力 1ヶ所、風力 1ヶ所、太陽光 3ヶ所

導入技術

ビッグデータ分析

- センサー・計器からデータを収集・分析し、平常時のデータの関係性を自動的に抽出
- この関係性と違う状態になったとき、早期に検知する技術

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

☐ 作業履歴の管理　☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化　☐ 従来把握できなかった状態の監視　☑ 故障の予測

稼働データから自動で異常を検知し故障を予兆。今まで気付かなかったインシデント要素を検知できるようになった

収益面のメリット

☐ エネルギーコストの削減　☑ 生産性向上による売上拡大　☑ 維持・修繕におけるコスト削減　☑ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

稼働効率の低下因子を分析・検知し、早期に対応。稼働率向上と修繕の効率化により収益が増加。将来的には、新たなビジネスとして、海外の電力会社を対象にビッグデータ分析ソリューションの提供を計画

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	本社技術部が中心となって経営層と現場を説得し、新技術導入をけん引
3 段階的な導入	ベンダーとも協力し、まずは実証的な研究で有効性を確認した後に本格導入
4 システム導入のタイミング	国内電力の需要低下に伴い、経営効率化や新ビジネスの機会創出等の必要性が認識され、更に社会がIoTなどの新技術に注目するようになった頃に導入

産業保安による売上増加の追求と時宜を得た技術導入

中部電力には、中部地方に対して、安定的な電気の供給を行う中、最新鋭の高効率火力設備の投入や燃料調達・消費の柔軟性向上などを通じて良質で安価な電気の供給に努めるなど、一歩先を見据えて新たな挑戦を行う文化があった。

今回の新技術導入の構想は2014年から始まった。きっかけは、本社技術Gの担当課長が、当時ビッグデータを活用して工場の保全を行っているという情報（ビッグデータ分析システム）を得て、自社での導入を検討したことに起因する。

導入について検討を始めたが、当時はビッグデータ分析システム自体が業界で知られておらず、また、その導入効果を明示することも難しく、周囲の理解を得ることは難しかった。

しかし、そんな状況は次第に変化していく。まず、将来的な**国内電力の需要低下といった流れに対して、経営効率化に加え、今まで培った経営資源である人財、技術を活かした新しいビジネス創出の必要性が生じた。**また、**社会全体がIoTなど新しい技術の導入に注目**するようになり、新技術の導入の話も話題に取り上げやすくなっていった。

それを受けて、技術Gは経営層への説明を重ねて、ビッグデータ分析システムは火力発電プラントの温度・流量・圧力等のデータの動きの相関から、従来の人間および警報装置による監視のみでは予見が困難であった異常までを検知し早期対応を可能にすることで、故障の未然防止による修繕コストの削減ならびに運転機会の損失低減および稼働率の向上による収益向上に繋がることを確認しビッグデータ分析システムの導入を決定した。

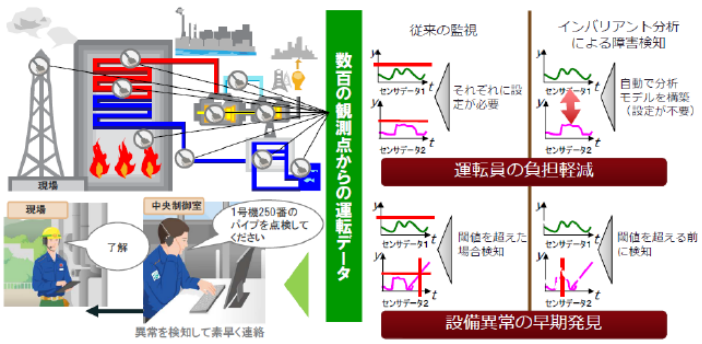
本社と現場が連携した段階的なシステム導入

本社技術G主導のもと、経営層だけではなく、現場の理解を得て、本社と現場が連携した取り組みとして進めたことが、今回のビッグデータ分析システムの導入に繋がった。

経営層に対して、上記のように、売上増加を軸にした説明を行った後、**現場職員に対しては、同システムを導入することで、従来よりも事故を事前に察知することが可能となり、火力発電プラントの更なる安全性を担保できることを説明。**加えて、**現場の運転・保守のノウハウをシステムに組み込みながらシステムを段階的に成熟させていく必要性を説明した。**

の結果、現場の理解を得て、2016年現在、碧南火力発電所では、異常の検知方法や運転員サポートの仕組みなど実用化に向けた検証を本社職員と共に進めている。

「いつもと違う」を早期に発見、故障を予兆



中部電力が導入したビッグデータ分析システムの仕組み

本システムは、中部電力の保有している火力発電に関する運転・保守ノウハウとビッグデータ分析技術を融合し、今まで気が付かなかった事故要素を早期に検知し、設備故障の予兆監視を行うシステムである。

本システムにより、従来のように個別に運転データをチェックするのではなく、収集したデータから自動的に異常検知が可能となり、効率的なプラント運営が可能となる。

本システムの導入は、2017年中に開発、2018年に運用開始の予定であり、現在、実用化に向けた検証を行っているところである。

将来的には、設備故障の予兆監視、要因分析および運転保守支援等の各サービスを国内外の火力発電事業者に提供する予定であり、インフラ輸出にもつながる可能性を有している。

電力

20. 北海道電力株式会社

送電線の故障地点を高い精度で標定するシステムを導入し、探査要員および時間を削減

事業内容

事業内容：発電・送電

会社情報

本社所在地	札幌市中央区
従業員総数	5,660名
資本金	1,143億円

発電設備

水力	56ヶ所
火力	12ヶ所
原子力	1ヶ所
地熱	1ヶ所
太陽光	1ヶ所

導入技術

送電線故障情報システム

- 送電線の両端に位置する変電所に、送電線の電圧・電流の変化を検知する検出器を設置
- 落雷等で発生した電圧・電流の変化の波形が、各検出器に到達した時間の差から、送電線上の故障地点を標定

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☐ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☑ 従来把握できなかった状態の監視
- ☐ 故障の予測

故障地点の標定誤差（標定された故障地点と実際の故障地点との距離）が、従来の手法と比較して平均約1/7に縮小され、より高精度で状態を管理できるようになった。また、故障時に発生する電圧・電流変化のパターンを解析することで、故障原因の推定も行えるようになった

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

送電線故障情報システムの導入により、故障地点を発見するまでに要していた時間が導入前に比べて50%以上縮減された。また、探査要員を半分程度の人数で実施できるようになったという事例も見られた

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	システムの導入は本店工務部を中心に決定した。無駄な故障地点の探査が軽減されるなど、現場でもメリットをイメージしやすいよう説明がなされた
7 システムの調整・最適化	システムだけで対応出来ない事象（例えば電圧・電流の変化が検知しづらい倒木など）に対しては、保守員による手動補正機能を付加し、精度を向上した

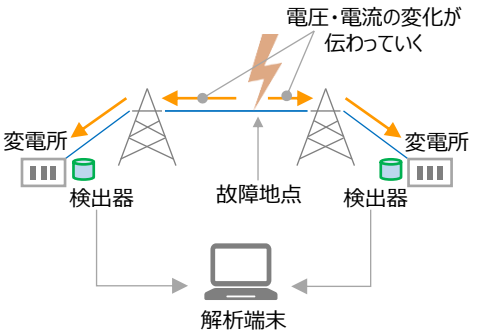
故障地点の高精度な特定を行うシステムの導入

送電線は山間部を経過していることが多く、故障点探査では保守員が地上から巡視するため、時間と労力を必要とする。また、故障停止による供給支障が発生した場合は、復旧までに時間を要し、特に冬期間においては作業も長期化する。よって、故障箇所の早期発見・復旧のため、精度の高い故障標定により効率的に保守員が現地出向することが望まれた。

このような検討事項について、電力業界内で情報共有を行う中、送電線故障情報システム（FAST：Fault Analyzing System Technology）について知ることとなった。このシステムは、元々他の電力会社と共同して開発した技術で、それを北海道電力でカスタマイズし実際に運用している。

運用の決定は、**本店工務部を中心に決定**した。**故障点探査業務の軽減など、現場としてもメリットがイメージしやすかった**ため、スムーズに受け入れられた。

同システムは、送電線の両端に位置する変電所に、送電線の電圧・電流の変化を検知する検出器を設置。落雷や鳥害、樹木との接触等により発生した**電圧・電流の波形の急な変化（故障サージ）を両端の検出器で特定し、各検出器にその変化の波形が到着した時間の差から、故障地点を自動演算で標定**する。故障地点は、保守員が閲覧する既存のPC画面上に、故障点標定結果として「○○号から××m地点」のように表示される。さらに、**電圧・電流変化のパターンの解析により、故障原因の推定も可能**。



FASTのイメージ

故障地点の標定誤差が従来手法の約1/7に縮小

故障点標定装置の一つとして、C型フォルトロケータと呼ばれる、電気信号を送電線に流して故障地点で反射して戻ってくるまでの時間を測定するシステムが用いられていた。FASTの導入効果を検証した結果、主要な故障原因4点（落雷、鳥害、糞害、樹木）及び他物接触による**故障地点特定における平均誤差（標定された故障地点と実際の故障地点との距離）が、C型フォルトロケータと比較し1.24kmからFASTの0.18kmへと約1/7に縮小**された*。

さらに、高精度で故障地点を標定できるようになった結果、故障点の発見までに要した**巡視平均時間が、FAST設置前の184分からFAST設置後は85分となり、50%以上の工数削減効果**が見られた。また、ある例では、従来は4班（各班2名）で故障点探査を行い故障地点を発見していたところが、2班で実施可能となったという効果も観察された。

* FASTによる自動標定のみの場合は誤差0.72Kmと、精度は従来比1.7倍程度だったが、後述の手動補正を加えることで、一層の精度向上が可能となっている。C型フォルトロケータでは同様の手動補正はできない。

故障地点の特定精度向上に向けたカスタマイズ

FASTを実用化し効果を発揮するには、精度を向上させることが課題だった。特に、主要な故障原因の一つとして倒木が挙げられるが、樹木は電気抵抗が大きく故障サージ到達時間を示す波形変化が緩慢になりがちなため、誤判読が起こりやすい。FASTの効果測定においても、樹木の倒木が原因の場合は、標定誤差が1.61Kmと大きくなった。

この課題に対しては、保守員が解析端末のモニターに映る波形変化を観察し、手動で故障サージ到達時間を補正することで、標定誤差を改善させた。その結果、例えば樹木の倒木が原因とされた故障地点の標定誤差は、1.61Kmから0.28Kmへと大幅に改善された。

このような効果が示されたことで設置エリアの拡大が進み、2014年度末時点では、466電線路中、97電線路にFASTが設置されている。架空線全亘長（2点間の電線路の水平距離）7,982Kmの内、2,840Km（36%）が標定区間の対象となっている。

ガス

21. 大阪ガス株式会社

地図情報と顧客情報の連携により、災害時の復旧作業を「見える化」し、携帯電話を活用したリアルタイムの報告により、作業完了報告時間やシステムへの進捗反映時間を短縮

事業内容

事業内容	ガス		
事業所従業員数	5,824名	所在地	大阪府大阪市
会社情報	本社所在地	大阪府大阪市	
	従業員総数	5,824 名	
	資本金	1,321億円	
生産製品	都市ガス ＬＰガス 電気 ガス機器		

導入技術



災害復旧システム（BRIDGE, OG-DRESS）

- 地図情報と顧客情報を連携させるとともに、進捗状況を一元管理することで災害復旧作業を「見える化」
- 携帯電話によりリアルタイムで報告を行い、作業完了までの期間短縮や、復旧計画の早期立案が可能となった

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☑ 従来把握できなかった状態の監視
- ☐ 故障の予測

保安に係る各種情報を地図上で一元管理し、災害によりガス供給を停止した顧客を速やかに確定。各作業工程間で確実に情報連携を行い、復旧進捗状況の「見える化」を実現

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

関係部門が使いやすいシステムの構築により情報共有の迅速化を実現。さらに携帯電話を活用したリアルタイムの報告により、復旧作業報告の時間を93%削減

スマート化技術導入の成功要因

2 ボトムアップの文化・仕組み	現場での課題意識に基づき、災害復旧に資するシステムの構築を実施。システムだけでなく、現場の運用ルールを併せて構築することで効果的に作用
7 システムの調整・最適化	関連部門の現場の声をよく聞き取り、各部門の作業スタイルを保持したまま、円滑な情報共有ができるように工夫

災害復旧に資するシステムの導入

大阪ガスは、京阪神地域を中心に約3,220㎢、725万世帯へ都市ガスを供給している一般ガス事業者である。同社では、阪神淡路大震災をきっかけに防災対策が進められ、安定した都市ガス供給のために様々な取組が行われている。災害等により停止したガス供給の復旧には、様々な部門が密に連携し、現場状況を即時に情報共有することが重要だが、同社では「BRIDGE（ブリッジ）」と「OG-DRESS（オージードレス）」という二つのシステムを活用して災害復旧作業の省力化、迅速化を図っている。

密な連携により迅速な状況把握を目指して

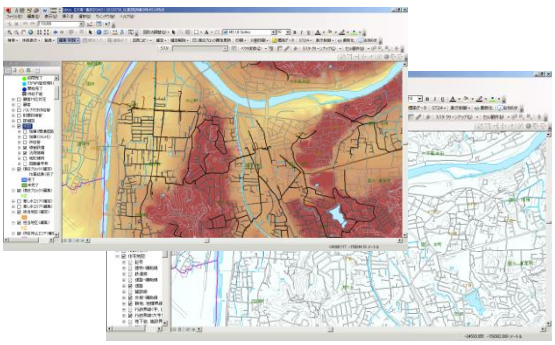
同社では、災害対応の現場作業において、大きく分けて二つの部門が関与している。ガス導管を管理する導管部門と、顧客側のガス機器を管理する営業部門である。災害や事故後の復旧対応に際して、迅速な復旧を目指すという点では、両部門の意識に相違はないが、その作業スタイルは異なっていた。

導管部門では、従来紙の地図ベースで、復旧作業の進捗確認や復旧計画の検討を行っており、開栓作業の状況等の復旧状況の集計も主に手作業で行われていた。一方営業部門では、地図ベースではなく顧客のリストベースで作業に従事しており、情報の集計は同じく手作業で行われていた。また、現場への出動指示や状況報告の情報集約についても全て手作業で行われ、多くの労力を要していた。

このため、両者の作業スタイルを変えずに、円滑な情報共有を可能とし、作業の省力化を実現するシステムの構築を求める声が上がるようになった。これを実現するため構築されたのがBRIDGEである。元来作業スタイルが異なる二つの部門のシステムを連携させるため、そのシステム結合部分の開発にあたっては、両者の意見を取り入れつつ、試行錯誤が重ねられた。

BRIDGEでは、地図情報（導管マップシステム）と顧客情報システムを連携させ、災害等で供給停止から復旧に至るまでの情報をリアルタイムで管理することができる。 BRIDGEのマップシステム上で対象エリアの標高及び導管の配管情報が把握できるだけでなく、供給停止顧客数や開栓対応済み顧客数など、**被害の影響範囲の早期確認と復旧作業の進捗状況の確認をリアルタイムで実施できる。**これにより**各種確認作業のための工数を大幅に削減することが可能となった。**

また、**対象エリア内の顧客のリスト抽出が容易**であり、このリストを活用することで、復旧の進捗状況を導管部門・営業部門で共有できるため、共有化のための資料作成の手間が省け、**導管部門と営業部門間の情報共有を迅速化した。**



BRIDGEのシステムイメージ図

リアルタイムの状況報告

BRIDGEに加え、同社の災害復旧支援をより迅速化させたのが、モバイル端末を活用した災害システムの導入である。従来の災害復旧支援対応では、まず担当者が現場にて確認結果を紙に記入し、帰社後にその記録をOCRで読み取ることでBRIDGEに反映させていた。しかし、業務報告が各担当者の帰社後になるため、進捗状況管理に時間を要し、要員配置計画等の立案に大きな影響がでていた。

そこで構築されたのが、OG-DRESSである。まず、**BRIDGEで案件登録がされ、供給停止エリアが確定されると、その情報はOG-DRESSへ自動反映される。**これを受けて現場へ出動した作業担当者は、本システムを活用することで、**モバイル端末を使い現場から状況を報告することができるようになった。**更に、**社内個人情報の運用ルールを構築することで、セキュリティを担保しつつBYOD*を活用できるようになり、他業務からの応援者でも、簡便に同システムを利用することができるようにした。**これらにより、復旧作業完了ー報告ーシステム反映の作業スピードは格段に向上し、**従来2時間20分かかっていた業務報告が、10分という短時間で完了させることが可能となった。**

大阪ガスでは、このようなシステムの活用に加え、日々の保安訓練にも努めており、有事の際の速やかな復旧作業体制を確保している。

* BYOD: Bring your own device. 従業員が個人保有のデバイスを業務に使用することを示す

ガス

22. 東京ガス株式会社

超高密度で配置した地震計(SIセンサー)を用いて、地震防災システム（SUPREME）により、大規模地震発生時に低圧のガスの供給を遠隔操作にて停止させ、二次災害を防止

事業内容

事業内容	ガス		
会社情報	本社所在地	東京都港区	生産製品：ガス 電力
	従業員総数	7,973名	
	資本金	1,418億円	

導入技術

地震防災システム（SUPREME）

- 大規模地震が発災した場合に、二次災害防止を図るシステム
- 供給エリア内に高密度でSIセンサーを設置し、地震時に本社・拠点の端末で情報を一覧表示。低圧ガス導管の被害が想定される地域への低圧ガス供給を遠隔操作で遮断

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

☐ 作業履歴の管理　☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化　☑ 従来把握できなかった状態の監視　☐ 故障の予測

地区ガバナ（ガスを中圧から低圧に変換する施設）に設置されているSIセンサーがガス管に被害を及ぼすような大きな揺れを検知すると、自動的にガス供給が停止される。地震防災システム（SUPREME）により、SIセンサーから収集したデータは、地震発生後5分以内に本社・拠点端末で確認できるようになった

収益面のメリット

☐ エネルギーコストの削減　☐ 生産性向上による売上拡大　☑ 維持・修繕におけるコスト削減　☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

SUPREMEによって、ガス管に被害を及ぼすような大きな揺れを検知した地域のガス供給を遠隔操作で停止。従来、現地作業のため40時間程度かかると想定されていたガス供給の停止作業が10分程度で済むようになった

スマート化技術導入の成功要因

4 システム導入のタイミング	阪神淡路大震災の経験を教訓に、地震対策システムSUPREMEを自社で構築し、2001年より稼働
6 技術研修	地震発生時の初動措置の訓練を毎週土日及び祝日に実施。訓練の中でSUPREME端末を実際に操作することで、作業員のシステムの操作習熟度を維持

安全なガスの提供のために

東京ガスは、供給エリア内に約5万7千kmに及ぶガス導管を保有し、1,100万件以上の顧客にガスを供給する大手都市ガス企業である。この広大なガス導管網の保持のために、日々安全に注力しており、日頃からその保全・保安活動に余念がない。

同社では、ガスを安全に供給するための取組一つとして、同社では地震など自然災害の対策にも力を入れている。今回紹介する**超高密度リアルタイム地震防災システム「SUPREME」は、**阪神・淡路大震災を教訓に2001年より運用を開始したシステムであり、**大規模地震が発災した場合に迅速な初動措置を可能にし、二次災害防止を図るもの**である。

二次災害を防止するため、自動でガス供給を遮断

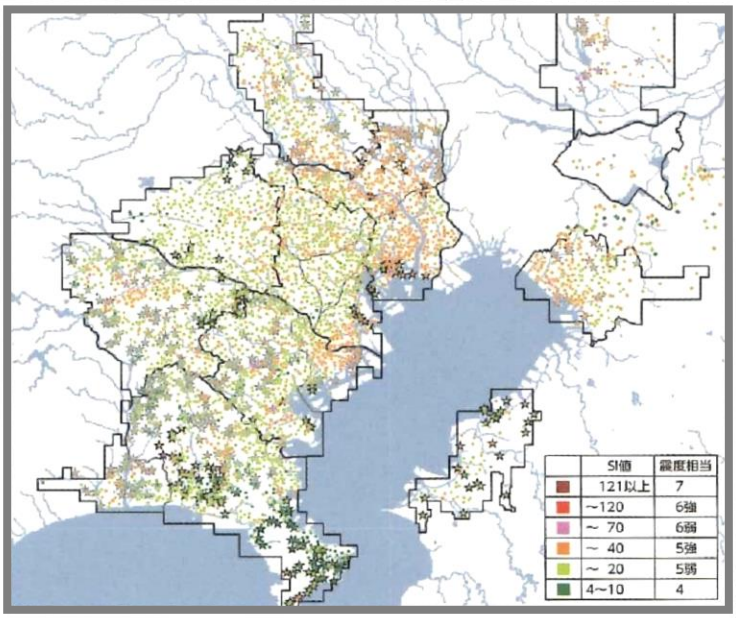
同社では、供給エリア内の約4,000箇所の低圧ガスを供給している地区ガバナに地震計（SIセンサー）を設置しており、高密度な地震計ネットワーク（1㎢あたりセンサーを1基設置）を構築している。

そして、**各地区ガバナに設置されたSIセンサーから収集したデータは、地震発生後5分以内に本社の供給指令センター等で確認できるようになっている。**更に、本システムでは、各地域のSIセンサーからの震度情報から推計された液状化状況や、停電情報などを地図上に可視化する機能も備えている。

地区ガバナに設置された**SIセンサーは、ガス導管に被害を及ぼすような地震を検知すると、地区ガバナからの低圧ガス供給を自動的に遮断する。**

東京ガスでは、震災時に低圧ガス供給が停止されるエリアを最小限にするため、低圧ガス導管網を複数ブロックに分けて管理しているが、**SUPREMEは、地震が発生すると、SIセンサーで測定された地震情報と、地区ガバナからの低圧ガス供給停止情報を収集する。収集した情報から低圧ガス供給停止が必要なブロックの特定を行う。**

更に、SUPREMEでは、地震時に低圧ガス供給が自動で停止しなかった地区ガバナを特定し、**必要に応じて、遠隔で低圧ガス供給遮断をすることもできる。**



SIセンサーによる
東京ガス供給エリア内の地震観測

東日本大震災でシステム導入の効果を発揮、今後更なる効率化を図る

SUPREME導入前は、ガス導管網ブロック内で感震遮断しなかった地区ガバナごとに作業員が現地でガス供給を停止する必要があったため、阪神・淡路大震災クラスの地震の場合は、**従来40時間程度かかると想定されていたガス供給停止の作業が、SUPREME導入後は、10分程度で済むようになった。**

実際に、2011年に発生した東日本大震災の際には、地震発生後5分間でガス管の被害状況データを収集でき、速やかな供給停止判断や導管の被害推定や液状化・停電などの状況把握、そして早期復旧に貢献した。

さらに、東京ガスでは、毎週土日及び祝日に地震発生を想定した訓練を行っており、その中で**実際にSUPREME端末を操作することで操作習熟度の保持に努めている。**

ガス

23. 北海道ガス株式会社

自社で開発した保安指令システムにより、通報受付、出動から活動記録における一連の作業の効率化を実現

事業内容

事業内容：ガス

会社情報

本社所在地	北海道札幌市
従業員総数	698名
資本金	64億円

生産製品：都市ガス、ＬＰガス、電気

導入技術

保安指令システム（IGIS）

- 保安状況の可視化により、複数地区の保安出動状況の把握を可能とする
- カーナビやタブレットとの連携により、現場と保安センターとのリアルタイムの連携を推進

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☑ 従来把握できなかった状態の監視
- ☐ 故障の予測

保安指令システム「IGIS」により、保安活動のステイタスや履歴の可視化、保安情報の共有化が図られ、複数地区の保安状況の把握が可能となり、専任の保安責任者による複数地区の保安指令や速やかな業務支援が可能になった

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

IGISとカーナビの連携、タブレットの活用により、緊急保安活動に係る時間が短縮された。また、出動結果の分析から、保安出動抑止の取り組みを推進するなど、効率的な保安体制を実現している

スマート化技術導入の成功要因

② ボトムアップの文化・仕組み	現場担当者からのニーズによりシステム構築が開始され、現場担当者が開発に直接関与することで、使い勝手のよいシステムを構築
⑦ システムの調整・最適化	複数の既存システムとの連携だけでなく、緊急車両のカーナビとの連動や、タブレットの活用により、保安活動の効率化・高質化・迅速化を実現

保安指令業務の高度化

北海道ガス株式会社は、都市ガスを中心としたガス事業者であり、札幌市、石狩市、北広島市、恵庭市、千歳市、小樽市、函館市、北斗市及び北見市を供給エリアとしている。同社は安定したガスの提供のため24時間体制で安全を見守り続けており、ガス漏れ等の通報があった際には、緊急保安対応の専門員が緊急車両で現場に駆けつける。今回紹介する**保安指令システム「IGIS」**は、そんな緊急保安の根幹となるシステムである。このシステムの活用によって、ガス漏れ等の通報を受けた際の通報受付・緊急車両の出動・作業の迅速化を行っている。

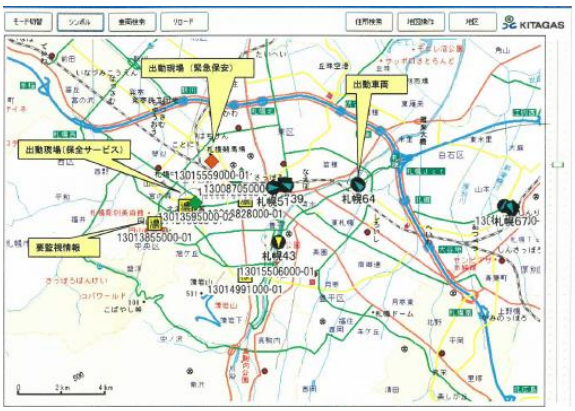
IT技術を活用し、個人ではなく組織として機能する保安へ

同社では、以前はガス漏れ等の通報があった際は、電話と受付伝票等の書類などで情報共有を行っており、組織的な情報共有と統計的な記録の蓄積ができていなかった。この状況に課題意識を持った保安現場の求めに応じて開発されたのが、IGISである。本システムの開発は2008年から始まったが、**開発には同社のICT推進部、保安業務担当者及び開発ベンダーの３者からなるプロジェクトで進められたため、現場の人間が活用しやすいシステムとなっており、**2010年の本格導入時の際にも、特段の混乱もなくスムーズな導入となった。

IGISの特徴は、保安情報受付システム、マッピングシステム、顧客情報システム等との連動により、**緊急車両の稼働状況や、対応履歴を地図上で可視化できる**ことにある。まず、IGISの受付・登録画面に設定されている項目を、通報内容に応じて選択していくことで、**当該通報に緊急性があるか否かを確実に判断できる**。例えば、着火や広範囲にガス臭がする等の緊急出動に該当する事項は赤で表示され緊急度が分かるようになっている。

また、IGISのマップシステム上では、**アイコンの形や色の違いによって、緊急車両の出動状況や、対応履歴が地図上で確認でき、当該地域の保安活動が一目で分かる**。更に、同システムでは、**継続的な監視が可能**となっており、例えば同地域でガス漏れ警報器鳴動通報が複数件重なって発生した場合等、その関連性について注意喚起を図るため、予め設定した条件でアラートが鳴り、自動的に担当者へ連絡メールが送信されるシステムとなっている。

これらIGISの仕組みにより、**一つのシステム上で、複数地区の保安活動状況が一覧できる**ようになった。そのため、現在は**札幌保安センターで複数地区の保安指令を一括集中管理する体制をとっており、この体制によって、保安業務の効率化と高質化を図っている**。また、IGISを用いた現場支援等により、保安処理員のサポートが可能となり、**保安品質の高度化につながっている**。



IGISの地図画面の例

リアルタイムな保安を目指して

IGISは、現場と保安センターのリアルタイムな連携にも一役買っている。IGISは、緊急車両に車載されているカーナビとも連動しており、この**カーナビには、保安センターから出動指示のあった現場が自動で目的地登録されるため、地図でルートを確認しなくても、現場に向かうことが可能**となっている。また、カーナビの**GPS情報によって車両の活動状況の把握ができ、緊急車両の管理の強化につながっている**。

更に、IGISと共に2016年からはタブレットも本格的に運用され、これにより、現場においても**保安センターと同様の情報を確認することが可能となった**。以前は通報があると、まずは出動前に各種図面や関連書類の確認が必要であったが、**現在はタブレットさえ持って行けば現場にいながらセンターと同等の情報が確認ができるため、担当者は現場へ急行することに集中できる**ようになった。

これらの試みにより、**ガス漏れ等の通報から現場到着までの時間が短縮されたほか、現場状況の迅速な把握と適切な保安処理により、保安の高度化を実現している**。

インフラ等

24. ニッポン高度紙工業株式会社米子工場

現場へのタブレット導入によって、タンク洗浄作業の安全性を向上させつつ、作業時の工数を削減

事業内容

事業内容	紙・パルプ業
事業所従業員数	42名
所在地	鳥取県米子市
会社情報	本社所在地：高知県高知市 従業員総数：549名 資本金：22億円
生産製品	コンデンサ用セパレータ，電池用セパレータ等

導入技術

タブレット

- タブレットとDCSをつなぐことで、現場からDCSに指示を出し、設備を操作することが可能
- タンクの洗浄作業時に、現場作業員がタブレットを通して機械を操作することで、作業に要する人員を削減しつつ、安全性を向上

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☑ 従来把握できなかった状態の監視
- ☐ 故障の予測

現場でDCSを通じて機械を操作できるようになったことで、現場の状況を正確に把握している作業員が機械を操作できるようになり、作業の安全性を向上。さらに、設備の保全履歴等を電子化し、タブレットを設備診断ツールとして活用することで、設備状態の可視化を図る

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

パルプ貯蔵タンクの洗浄作業員が、現場の状況を監視しつつ、タブレットを用いてDCS経由で機械を操作。従来は「洗浄作業員」「現場の状況を監視し操作室に連絡する人員」「DCS操作室の操作人員」の3名必要であったが、「洗浄作業員」と「現場の状況を監視しながら機械を操作する人員」の2名のみで実施可能となった。

スマート化技術導入の成功要因

1 強いリーダーシップ	社長及び製造本部長がIoTの活用による製造現場の安全性向上・業務効率化の可能性に着目
7 システムの調整・最適化	現場が求める機能について、生産技術担当者とオペレータにて綿密に検討することで、現場で活用しやすい仕様にすることができた

「追い付け、追い越せ」の精神でIoT技術導入を推進

ニッポン高度紙工業は、コンデンサや電池用のセパレータ（電池の正極と負極を隔離する材料）を製造する高知県の企業である。セパレータ製品の国内シェア95%、世界シェア60%を誇るグローバルニッチトップ企業である。ニッポン高度紙工業では、震災リスクの分散を図って2012年に米子工場を竣工した。米子工場では、若手従業員が7割以上を占めており、同社の既存工場に「追い付け、追い越せ」という風土があり、新技術の導入に積極的な文化を有している。

設立間もない米子工場では、製造現場における生産性や安全性をどのように向上できるか模索していた。そういった状況の中、**社長や製造本部長が、世間で注目を集めているIoTを活用することが製造現場の生産性・安全性両面を向上するにあたって有用なのではないかと考えた。**

現場へのタブレット導入で、タンク洗浄作業の安全性と効率性を向上

製造本部長の指示を受けて現場でIoTの活用方法の検討を進め、2016年9月に現場での作業効率化と安全性の向上を目的としてタブレットを導入した。タブレットとDCSをつなぐことで、現場で作業する従業員がタブレットを用いて設備を操作することが可能となった。本取り組みで導入したタブレットは、パルプを貯蔵するタンクの洗浄作業時に活用されている。

タンク内の洗浄作業では、タンク内で作業する作業員の安全性を確保するため、状況に応じてタンク内の水量を調整する必要がある。そして、タンク内の水量調整は、DCSを操作することで可能となる。

そのため、従来タンク内の洗浄をする際は、「タンク内の洗浄作業をする人」と「現場の状況を監視し、操作室に連絡する人」、「PHSを用いて操作室で設備の操作をする人」の3人態勢で作業をしていた。

従来は操作室からでなければ設備を操作できなかったが、タブレット導入後は現場の状況を監視しつつ、現場でDCSを通じて機械を操作できるようになった。その結果、現場の状況を正確に把握している作業員が機械を操作できるようになり、作業の安全性を向上させることができた。さらに、3人の人員が必要であった作業を2人で実施することが可能となった。

導入後早期に効果が出ている要因は、現場がタブレット導入を好意的に受け取り、積極的に活用しているからである。

新技術の導入検討段階では経営層がリーダーシップを発揮することで、新技術導入の動きが加速した。その後、**実際に現場にタブレットを導入するにあたっては、現場のニーズにマッチした仕様にすることを留意し、現場オペレータと何度も意見交換を行った。**その結果、現場に積極的に活用される技術を導入することができた。



現場でのタブレット使用の様子（イメージ）

現場の運転員と社内IT部門の連携による、現場で活用しやすい仕様設計

ニッポン高度紙工業では、セミナーや書籍を活用して、社員に勉強してもらうことで、新技術導入に必要なデータ解析スキルを有する人材を育成している。その上で、必要に応じて社内IT部門と協力して新技術導入を進めている。

タブレットの導入に際しては、タブレット端末が使用するネットワークの構築や既存システムとの接続が必要となった。この点に関しては、**生産技術担当者と情報システム部門の担当者が共同で検討**することでより円滑な導入を実現した。既存のシステムの構造やセキュリティの観点から実現が難しい機能もあったが、**製造現場が求める機能についてオペレータと綿密に検討することで、現場で活用しやすい仕様にすることができた。今後、タブレットを設備診断ツールとして活用することで、設備の状態を管理・可視化することを図る。**

ニッポン高度紙工業では、プラントのスマート化の取り組みとして、ビッグデータを活用することによる品質予測や予知保全の導入など、より高いレベルのスマート化技術導入を目指している。

インフラ等

25. 東日本旅客鉄道株式会社

時速275kmで走行する検測※車両によって、0.1㎜単位の精度で設備状態を把握し、設備の保全計画の策定に活用

（※検測とは、設備検査を目的とした測定のことをいう）

事業内容

事業内容	鉄道		
事業所従業員数	58,550名	所在地	東京都渋谷区
会社情報	本社所在地：東京都渋谷区 従業員総数：58,550名 資本金：2,000億円	運行区間	東北・関東地方全域、信越・中部地方の一部

導入技術



検測車両による設備検査

- 時速275kmで走行しながら、0.1㎜単位で架線や線路の状態を把握
- 収集データはリアルタイムで車載機器に送信され、閾値を逸脱したデータを検知した場合、速やかに職場へ送付

スマート化技術導入のメリット

保安面のメリット

- ☑ 作業履歴の管理
- ☐ 熟練ノウハウの蓄積・可視化
- ☑ 従来把握できなかった状態の監視
- ☑ 故障の予測

検測車両の走行時に、軌道の高低差や架線設備の摩耗状態などの設備状態のデータを収集する。収集データは、走行後JR東日本での設備を管理するシステムに保存され、設備を保守する各現業機関で把握が可能

収益面のメリット

- ☐ エネルギーコストの削減
- ☐ 生産性向上による売上拡大
- ☑ 維持・修繕におけるコスト削減
- ☐ 新ビジネスの創出を通じた売上拡大の可能性

高速走行での、設備データの収集が可能になったことで、全線にわたる設備検査業務を効率化。また、収集したデータを保全計画に活用することで、適切かつ長期的な設備保全計画の策定をシステムで容易に行うことが可能になり、現業機関の負担が軽減した

スマート化技術導入の成功要因

2 ボトムアップの文化・仕組み	設備の保全業務を正確かつ効率的に行うため、検測車両の老朽化に伴い、JR東日本の施策として、新規検測車両の導入が実現
5 外部専門企業との協働	技術開発で得られた検測技術をEast-i（イーストアイ：新型電気・軌道総合検測車）に反映し、検測したデータを保全に活用しやすい形でシステムの構築をした。検測については、専門知識を有する関連会社に委託し、データの保存については、システム会社に委託することで、日々の検測作業を確立している

効率的な保全業務を行うため、高性能な検測車両を導入

東日本旅客鉄道（JR東日本）は、東北・関東・信越地方を営業エリアとする鉄道事業者である。その営業路線は7,458.2kmと長く、エリア内には、東北、上越、北陸、山形、秋田の新幹線の路線を有する。

列車が日々遅れなく安全に運転するためには、線路や電気設備などの点検や補修などの日々の保全業務が欠かせない。保全業務の対象となる路線は広大であるため、同社では、以前より、**関連会社などの協力も得ながら、積極的にＩＴなどの技術を活用した保全業務を行っている。**

今回紹介するEast-iは、軌道や電気設備の検査を行う検測車両であり、より効率的な保全業務の実現のため、2002年にJR東日本の施策として、導入が実現したものである。この車両には、前方画像収録装置、架線の自動検測、デジタル列車無線の電界強度測定などのための新しい機器が搭載されている。

時速275kmの高速で走行しつつ、高精度で架線の設備データを収集

East-iは軌道、電力、信号、通信の各設備の状態を検測しており、その中の項目の一つとして、車両に電気を供給するための架線設備の検測がある。この架線設備の中で、「トロリ線」は摩耗が進行すると最悪の場合、断線し電力供給が停止してしまう可能性がある。

そのため、トロリ線の摩耗進行を把握し、張替計画を策定している。**East-iでは、トロリ線にレーザーを照射しパンタグラフに接触する摺動面の横幅から、縦方向の残存径に換算し、その状態を測定している。**

トロリ線の設置位置である軌道中心の横方向の距離および軌道面からの高さ方向の距離を管理する必要がある。

具体的に横方向については、トロリ線がパンタグラフの集電範囲を逸脱しないこと、またパンタグラフの摩耗を均一にするため、一点のみに接触せず、トロリ線をジグザグに設置する必要がある。

また高速で走行するパンタグラフが動的に安定して集電するために、トロリ線をある一定の高さとし、高低差を小さくすることが必要である。このため、トロリ線の横方向および高さを把握し、必要に応じて修繕を行う必要がある。



新幹線用電気・軌道総合検測車「East-i」

トロリ線の摩耗、軌道中心からの横方向の距離および軌道面からの高さについては、人力により検査を行うと長い線路延長では多大な労力を要するが、**East-iでは時速275kmの高速走行で、これらの検測を正確かつ効率的に行うことが可能である。なお、トロリ線の摩耗については0.1mm単位での検測を行っている。**

走行時に検測したデータで、閾値を逸脱したデータは、設備を保守する職場に速やかに送付している。また検測したデータは、サーバーに保存され、過去の検測値との履歴の対比をすることが可能であり、設備状態の変化を把握することが可能になった。

リアルタイム・高頻度のデータ解析によって、設備保全計画を策定

East-iで検測されたデータは、軌道、電力、信号、通信でそれぞれの設備管理を行っているシステムに保存され、設備を保守する各現業機関および本社、各支社で把握できるようになっている。JR東日本では**これらのデータを分析することで、設備の保全計画を策定している。**

JR東日本では、**ICTを活用して設備状態を把握し、設備状態に応じて保全計画を決定する研究開発に取り組んでいる。架線設備・軌道設備については山手線の新車両であるE235系に機器を設置し、試験・検証を行っている。**

参考

用語・調査方法の解説

本事例集における用語の定義①

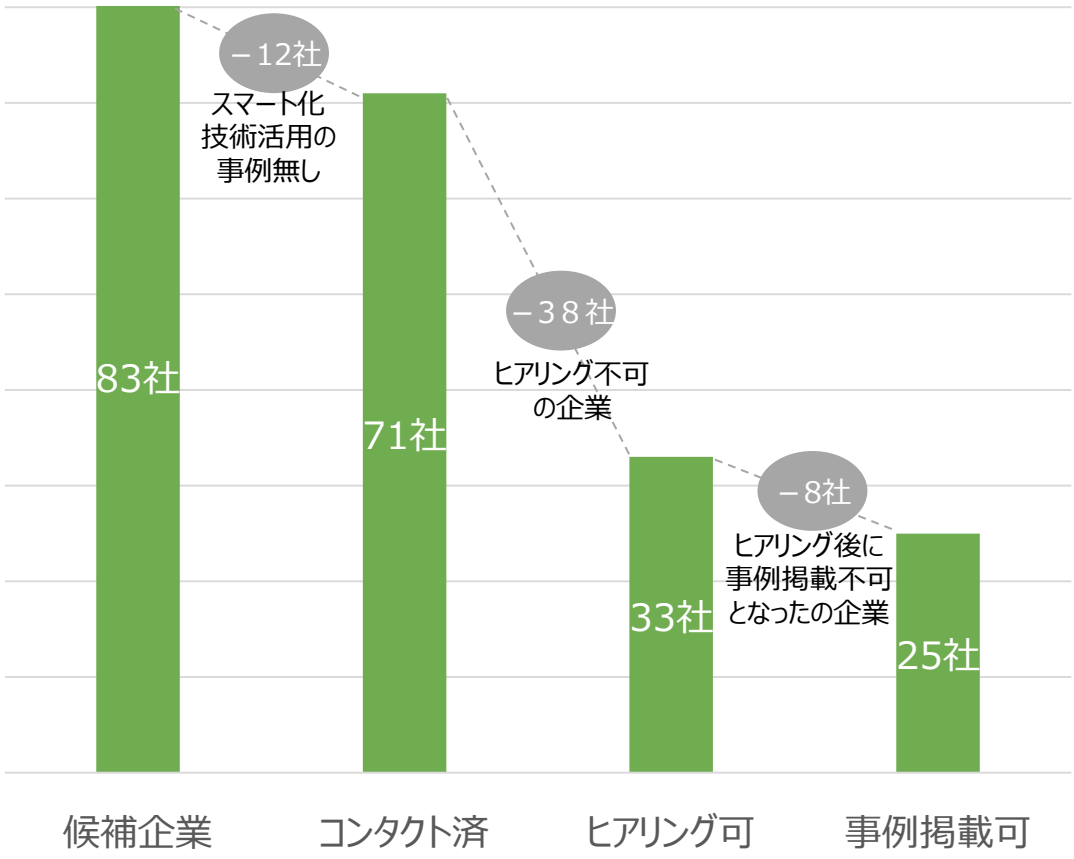
用語	定義
中堅企業	• 本事例集では、資本金100億円未満の企業を指す
常時監視	• 監視対象となる設備の状態をリアルタイムで監視すること • 主にセンサーやカメラ等の機器を用いた監視を指す
時間基準保全	• 設備の状態ではなく、設備の種類ごとに画一的に定めた更新周期に基づいて保全作業を行うこと。**T**ime **B**ased **M**aintenanceの頭文字をとって、TBMとも呼ばれる
状態基準保全	• センサー等を用いて設備の劣化状況を把握し、その情報を基に保全作業を行うこと。設備の状況に応じた保全作業となるため、故障の早期検知や不必要な設備更新を削減する効果が期待される。**C**ondition **B**ased **M**aintenanceの頭文字をとって、CBMとも呼ばれる
非破壊検査	• 超音波や電流を用いて、外部から配管等の設備の傷や、減肉の検知をする検査方法のこと
アラームシステム	• プラントの状態をモニタリングすることで、プロセス異常や設備の故障等を検知し、オペレータに対応の必要性を知らせるシステムのこと
異常（予兆）検知システム	• 予め設備の故障や異常のパターンを抽出し、収集したデータから故障や異常の予兆となる傾向を計測して、自動的に故障や異常を知らせるアラームを発報するシステムのこと
スマートバルブ	• バルブ（調節弁）に設置されているセンサーから取得した情報を解析することで、設備を停止させずに、バルブ自身の状態を診断することが可能なバルブ
DCS	• 分散制御システム（**D**istributed **C**ontrol **S**ystem）の略称。プラントの生産プロセスで扱う物質の圧力・流量・温度等を統合的に監視・制御するシステム
SDM	• **S**hut**D**own **M**aintenanceの略。プラントを停止して行う定期的なメンテナンスのこと

本事例集における用語の定義②

用語	定義
スモールスタート	• 新たな技術を導入する際に、まずは小規模な導入で効果を見極め、導入効果を確認した後に規模を拡大し、本格的な導入に移行する手法のこと
バッチプラント／バッチ製造	• 反応器や装置毎に一定量の原料を投入し、中間製品や最終製品を生産する製造工程のこと。反応器や装置毎に原料を投入しなければならないという点で、製造工程を連結し、製品を連続的に生産する「連続式プラント」と異なる • バッチプラントは一般化学企業のプラントに多く、連続式プラントは石油精製プラントに多い
ビッグデータ	• ITの発展に伴い生成される大容量のデジタルデータの総称。プラントでは、主に各所に設置されたセンサーを用いて継続的に収集している稼働データを指す
予防保全	• 設備が故障・劣化する前に保全作業を行う保全手法のこと。設備が故障・劣化してからその設備を修理・更新する事後保全に対する概念である
高度制御システム	• 従来のDCSによる制御を高度化したプラントの制御システムのこと。プラントの稼働データ中の複数の変数の変動をモデル化することにより、異常傾向を事前に察知するモデル予測制御システム等がある
リレーシーケンス	• 電磁リレーという電気信号を用いて、予め定められた順序・手続きに従って機械を制御する技術のこと

本事例集における調査方法

主に公知情報を用いて、プラントでスマート化技術を活用している可能性がある候補企業83社を抽出*。そのうち、事例等を精査の上71社にコンタクトを実施。対応可の返答があった全ての企業から事例をヒアリング。一部企業は事例掲載不可となったため、最終的に25社を事例として収載。



- 83社の内、中堅企業は東京商工リサーチより資本金額を基準に抽出し、プラントを有する企業に絞り込みを実施。
- 中堅企業*は公知情報が限られているため、コンタクトした上で事例有無を確認

＊ 本事例集では、資本金100億円未満の企業を指す

経済産業省
商務流通保安グループ　保安課
TEL：03-3501-8628
FAX：03-3501-2357

参考資料４

危険物施設の点検や点検技術に関するアンケート調査票

会社名・事業所名	
担当者名	
担当者部署名	
電話:	
Eメール:	

1. 事業所の概要について

会社全体ではなく、所属する事業所について御回答ください。

（１）住所

（２）操業開始年

西暦　　年

（３）敷地面積

　　㎡

（４）従業員数

正社員　　名

その他の社員・関係者　　名

合計　　名

（５）事業所内の危険物施設数

製造所等の合計　　施設

（６）事業所の業態

業態

２．危険物施設の維持管理について

（１）危険物施設の目視点検のためのマニュアル等を定めていますか。

	定めている

（２）へお進みください。

	定めていない

（２）の回答は不要です。
（３）から回答をお願いいたします。

（２）危険物施設の目視点検のためのマニュアル等の概要について回答してください。
（重点点検箇所、点検のポイント、腐食の判定方法　など）

（３）へお進みください。

（３）目視点検以外の点検は実施していますか。

	実施している

（４）へお進みください。

	実施していない

（４）の回答は不要です。
（５）から回答をお願いいたします。

（４）目視点検以外の点検方法とその箇所、それに対応する基準等について回答してください。

	目視点検以外の点検方法	点検箇所	補修基準等
例	点検ハンマー	配管、フランジ	異音部分は詳細点検（UT）を実施
	超音波探傷試験（垂直探傷）	目視により腐食が認められた箇所（配管、塔槽類）	設計板厚の80%未満は補修
A			
B			
C			
D			
E			

（５）へお進みください。

（５）点検現場での記録はどのように実施していますか。

	紙媒体に直接記録

	電子媒体に記録

該当する電子媒体に〇を入力してください。

	①PC
	②タブレット
	③その他　（　　）

３．危険物施設を維持管理するためのモニタリング技術・診断技術について

主に危険物施設の「配管」や「塔槽類（蒸留塔、反応塔、反応槽、貯槽（タンク）等）」　の各技術について回答してください。【参照】別添１「モニタリング技術・診断技術の例」

（１）貴事業所で導入しているモニタリング技術・診断技術はありますか。

	ある

（２）～（４）を回答してください。
（４）の回答後、（５）にお進みください。

	ない

（２）～（４）の回答は不要です。
（５）から回答をお願いいたします。

（２）貴事業所で導入しているモニタリング技術・診断技術について回答してください。
　　複数ある場合はそれぞれについて回答してください。

	技術名	点検部位	点検実施者	必要資格
例	ガイド波	保温材付き配管	外部委託業者（㈱〇〇）	ＵＴレベル２
A				
B				
C				
D				
E				

（３）導入して良かった点を御記入ください。

（４）問題点、課題等を御記入ください。

（５）貴事業所で、今後導入したい、または、導入を検討しているモニタリング技術・診断技術はありますか。

	ある

（６）、（７）を回答してください。

	ない

（６）、（７）の回答は不要です。
次の項目にお進みください。

（６）貴事業所で、今後導入したい、または、導入を検討しているモニタリング技術・診断技術について回答してください。複数ある場合はそれぞれについて回答してください。

	技術名	理由
例	ガイド波	長距離保温配管の点検における一次診断に利用したい。
A		
B		
C		
D		
E		

（７）導入に向けての障害、課題等を御記入ください。

４．「配管」、「塔槽類」の維持管理について　*《自由回答》*

（１）「配管」、「塔槽類」の維持管理について、特に工夫していることがありましたら回答してください。

（２）維持管理について、困っていることやニーズ等ありましたら回答してください。

５．製造所等の定期点検記録表について

消防法で規定されている定期点検は、１年に１回以上行うものとされ、危険物の規制に関する規則第６２条の７では、定期点検の記録について規定されています。

また、「製造所等の定期点検に関する指導指針の整備について」（平成３年５月２９日消防危第４８号消防庁危険物規制課長通知。以下「４８号通知」という。）にて、製造所等の定期点検記録表が示されており、製造所等の点検内容や点検方法が明記されています。

（１）定期点検表記録表は何を使用していますか。

	４８号通知の 定期点検記録表

（２）へお進みください。

	４８号通知の定期点検表を 踏まえた独自の定期点検記録表
	《独自の定期点検記録表を作成する上で参考とした他法令や民間規格等があれば回答してください。》

（２）へお進みください。

	その他
	《具体的に記入してください》

（２）へお進みください。

（２）定期点検の記録方法について回答してください。

	定期点検記録表に基づき年１回実施している。

（3）へお進みください。

	日常点検等の結果を踏まえて、定期点検記録表に記録している。

（3）へお進みください。

	その他
《具体的に記入してください》	

（3）へお進みください。

（３）現行の定期点検記録表に関して、問題点、ニーズ等がありましたら回答してください。 ***《自由回答》***

６. その他

（１）今回のアンケートに関連して御意見等がありましたら、入力してください。 ***《自由回答》***

ここでアンケートは終了です。御協力ありがとうございました。

別添１

モニタリング技術・診断技術の例

診断技術名	概要	適用例
アコースティック・エミッション	材料が変形や亀裂発生したときに生ずる弾性波（アコースティック・エミッション）から、腐食、亀裂、漏洩などを検出する。	タンク底板、配管、容器、 変圧器、回転機械
磁気飽和低周波渦流探傷 （SLOFEC）	測定対象物をあらかじめ直流磁化することにより渦電流試験で精度良く板厚を測定する。	
パルス渦流探傷	試験体に渦電流を発生させて、欠陥部における渦電流の乱れをインピーダンス変化として検出	
ガイド波	長距離電波性の超音波を用いて計測位置から数十メートルの検査が可能	橋梁添架配管 橋脚貫通配管 配管サポート部 埋設配管
フェーズドアレイ超音波探傷	多数の振動子（圧電素子） 個々の振動子が超音波を送受信するタイミングを独立に制御し、合成された超音波波面を形成することにより超音波ビームの制御を行う。狭隘部への適用や、火力発電所ボイラー大径管に発生するクリープ損傷箇所の特定に有効	配管溶接部内部 火力発電所のボイラー大径管 狭隘部の腐食 構造物の内部
高精度減肉連続監視システム	1,200℃に耐える探触子で高温配管、高温構造物の減肉を測定する	原子力で利用
赤外線サーモグラフィ	対象物から出ている赤外線放射エネルギーを非接触で測定し、表面温度の差（ホットスポット）から劣化部位を検出	配管の減肉、孔食の有無 構造物全般
リアルタイムRT RT：Radiographic Testing	放射線を配管に照射し、内部の状態を背面に置いたフラットパネルで撮影し、画像の濃淡で内部のキズや形状を検査する	原子力で利用 保温配管
カラーシンチレーター	X線内部透視装置により保温材の上から減肉を検査	原子力で利用 保温配管
中性子水分計＋X線ハイブリッド腐食診断システム	保温材の水分を測定し、湿潤場所についてX線で減肉を測定する。測定装置をロボットに搭載して検査	保温配管
電気化学ノイズモニタリング法	電極表面での微小な酸化還元反応を、精密な電圧と電流測定により腐食現象とノイズ形態の対応付けを行うことにより、ミクロンオーダーの測定ができる	原子力で利用 構造物全般

参考資料５

危険物施設等における維持管理の取組等に関する
アンケート調査票

御社名	
御担当者名	
御連絡先	電話：　　E-mail：

御社で取り扱われている施設、設備等の維持管理のためのモニタリング・診断技術について、当該技術ごとにご記入をお願いいたします。

資料（カタログやプレゼン資料など）がございましたら、添付をお願いします。

モニタリング・診断技術名	
対象施設	
対象部位	
技術の概要	
実績	
効果	
普及の課題（性能面、コスト面、制度面など）	
備考	

参考資料６

石油精製業及び石油化学工業における

保温材下配管外面腐食(CUI)に関する維持管理ガイドライン

平成２４年２月

一般財団法人　エンジニアリング協会

目　次

はじめに ····· 1
委員名簿 ····· 2
用語(略語) ····· 3
第1章 本ガイドラインの概要 ····· 7
1.1 背景 ····· 7
1.2 目的 ····· 7
1.3 適用 ····· 7
1.4 構成 ····· 7
第2章 CUIの管理 ····· 9
2.1 経営者および各部門の役割 ····· 9
2.2 技術・技能教育と訓練 ····· 10
2.3 CUI検査における剥離箇所特定手順の策定 ····· 10
第3章 CUI発生メカニズムと腐食評価 ····· 11
3.1 CUI腐食と腐食要因 ····· 11
3.2 CUIの発生メカニズム ····· 12
3.3 CUI腐食発生メカニズムに基づく腐食予測方法 ····· 13
第4章 CUI検査のための基本手順 ····· 15
4.1 考え方と基本手順 ····· 15
4.2 CUI検査のための剥離箇所の特定手順（フロー） ··· 16
4.3 管理単位の設定 ····· 17
4.4 重要度評価 ····· 17
4.5 腐食予測 ····· 18
4.6 優先順位分け ····· 21
4.7 スクリーニング検査 ····· 22
4.8 CUIの発生しやすい箇所と環境 ····· 25
4.9 剥離箇所の特定 ····· 26
4.10 剥離およびデータのフィードバック ····· 28
第5章 非破壊検査技術の使用方法 ····· 29
5.1 使用目的 ····· 29
5.2 技術の種類 ····· 29
5.3 スクリーニング検査への適用方法 ····· 30
5.4 水分測定の適用方法 ····· 31

はじめに

本ガイドラインは平成19年度～23年度に経済産業省の石油精製業保安対策事業「被覆配管等の運転中検査技術に関する調査研究」においてまとめたものである。

まとめに当たっては国内外の非破壊検査技術調査（運転中のプラントにおける実証試験を含む）、及び国内外（欧･米･アジア）の石油精製、石油化学工業の現状調査を踏まえて作成した。

更に、本ガイドラインは石油連盟、石油化学工業協会を通じて関係企業各社及び石油学会、化学工学会などの業界関係者に対するアンケートによる調査を行うとともに、検査手法については運転中の実プラントにおいて実証試験による確認を行った上で、平成23年度　被覆材下配管腐食診断技術調査委員会にて最終評価を行った。本ガイドラインはこれらの評価の結果を経て策定されたものである。

平成２４年２月

平成２３年度　被覆材下配管腐食診断技術調査委員会　委員名簿

	氏　名	所属・役職
委員長	木村　雄二	工学院大学 常務理事 工学部環境エネルギー化学科 教授
委　員	中村　隆	高圧ガス保安協会　高圧ガス部長
委　員	高木　吉廣	石油連盟高圧ガス設備部会（コスモ石油㈱）
委　員	山田　昌範	石油化学工業協会（丸善石油化学㈱）
委　員	岡崎　均	公益社団法人石油学会装置部会　設備保全分科会 （JX 日鉱日石エネルギー㈱）
委　員	川野　浩二	出光興産㈱生産技術センター　主幹部員
委　員	坂田　文稔	三菱重工業㈱原動機事業本部サービス事業戦略部主席技師
委　員	柴崎　敏和	千代田アドバンスド・ソリューションズ㈱ 材料診断ユニット上席シニアコンサルタント
委　員	宮澤　正純	三菱化学㈱　設備技術部
委　員	山本　勝美	早稲田大学各務記念材料技術研究所　客員研究員
委　員 （技術顧問）	小林　英男	横浜国立大学 安心・安全の科学研究教育センター 客員教授
委　員 （技術顧問）	辻川　茂男	東京大学名誉教授

用語(略語)

ア行：

■ **運転温度**

配管内部流体温度や配管外表面温度に影響する管理上の温度で、腐食予測に係る重要な要因である。

■ **運転条件**

連続運転、間欠運転などの運転温度の変動に関わる状態をいい、頻繁に停止がある場合や長期休止なども運転条件に含む。結露発生につながり、腐食予測に係る重要な要因である。

■ **エリア分け**

管理対象配管を地域とプロセス（装置）から分ける方法

カ行：

■ **管理単位**

管理対象配管を分類管理していく単位で、エリア分けや配管ごと（ライン番号）もしくはその組み合わせの３つがある。

■ **外装板**

保温材の外側を覆う板金。ジャケットやカバーともいう。ステンレス板製やアルミニューム板製もあるがわが国では亜鉛鉄板製が多い。

■ **ガイド波超音波検査法**

スクリーニング検査に用いられる非破壊検査法のひとつである。リング状の受発信機により配管長手方向に伝播する超音波を発生させ、一度に長距離範囲の配管全面を走査し減肉の有無を検出する方法。

■ **検出精度**

非破壊検査技術の選定に用いられる評価指標。腐食の大きさ、断面形状に影響される。スクリーニング検査においては配管の断面積変化を捉える非破壊検査技術が多く、目安として最小断面欠損率（%）で表すことが多い。

■ **検出率**

スクリーニング検査の効果を評価する指標のひとつ。保温材剥離後の検査による腐食箇所数（本数）をスクリーニング検査による剥離箇所の特定箇所数（本数）で除した値の百分比で表す。

サ行：

■ **最優先配管**

漏洩した場合の影響度が非常に大きく且つ CUI の発生している可能性が非常に高いので、最優先に保温材を剥離して CUI 検査を行なうべき配管。基本的に全面剥離を行なう。

■ **重要度評価**

対象配管の優先順位を分ける際に用いられる評価方法の尺度で、RBM で用いられる影響度の評価に相当する。内部流体の特性（揮発性、毒性、圧力など）による健康・安全・環境への影響、公害等の社会的影響、メンテナンスおよび操業停止コストなどの

経済的影響度による区分である。各事業者により決める。API 570 などの分類例がある。

■ **水分測定**

CUI 腐食を直接検出するためのものではなく、CUI 発生の起因になりうる腐食環境である保温材中水分の測定方法。

■ **スクリーニング検査**

優先配管に対して剥離する箇所の特定を行う判断のために行う検査。目視検査と非破壊検査を適切に用い、各事業所の経験を加味して判断を行う。スクリーニング検査の設定は本ガイドラインの最大の目的のひとつである。

■ **その他配管**

漏洩した場合の影響が小さい、CUI の発生している可能性が低い配管。

■ **スプール図**

配管の検査などに使うアイソメ図で、３次元的なイメージを示す配管図

タ行：

■ **データ**

腐食予測管理データ（経過年数、運転温度、運転条件、大気環境）、肉厚管理データ（配管径、肉厚等）、スクリーニング検査、剥離検査のフィードバックによる検査データ、腐食データのこと。

ナ行：

■ **日常点検**

運転中に既設足場や地上からの遠望により保温配管全体の外装板外観を広く目視観察し、異常や不具合箇所を検出する目視点検。運転員が行うことが多い。

ハ行：

■ **剥離検査**

保温材剥離後の配管外面検査。目視検査や腐食成生物を除去して腐食測定などを行なう。

■ **剥離箇所の特定**

保温材を剥離解体して CUI 検査を行なうための対象配管の選定および剥離範囲の判定をいう。

■ **パルス渦流磁気検査法**

スクリーニング検査に用いられる非破壊検査のひとつである。電磁気を利用した渦流磁気検査法の一種で、パルス電流により高い磁界を与えることで保温材を被覆した状態のまま肉厚の減少を測定することができる検査法。

■ **判定**

スクリーニング検査により検出された剥離の候補箇所について、検査結果の評価、過去の経験やデータによる判断を加えて剥離の必要性を判断し、範囲の特定を行うこと。必要によっては周辺をさらに詳細に目視や部分剥離、非破壊検査等によって確認を行うこと。

■ **非破壊検査**

スクリーニング検査に用いられる非破壊検査技術。ガイド波超音波検査法、パルス渦流磁気検査法、放射線検査法の３種類がある。目視検査では不明な剥離必要箇所の

判断を助けるために使用する。

■ **腐食生成物**

腐食反応により生成したさび層構成物質の総称。種々の水酸化鉄および酸化鉄（マグネタイト）からなる。

■ **腐食**

腐食とはCUIにより生じた配管外面の有害な*)腐食減肉（あるいは侵食）をいう。

＊有害な腐食減肉量のしきい値は各事業者が定める。

■ **腐食速度**

腐食速度（mm/y）は前回検査時からの経過期間（年数：y）で侵食深さ(mm)を除して求める。検査履歴がない場合には平均腐食度（侵食深さを経年数で除す）で表す。

■ **腐食測定**

剥離検査においてCUI 腐食部の最大腐食深さ、平均腐食深さ、腐食範囲等の測定を行うこと。小径管などにおいては非破壊検査で判定する場合もある。

■ **腐食予測**

対象配管の優先順位分けに用いられる CUI 腐食による漏洩の危険性の評価。RBMにおける破損確率の評価に相当する。配管の腐食予測管理データ（経過年数、運転温度、運転条件、防食仕様、大気環境）と目視点検で腐食予測し、予測度ランクを決める。それを肉厚管理データ（配管径、肉厚、前回検査における残厚データ）による肉厚の余裕代を考慮し補正する。

■ **腐食予測度ランク**

対象配管の腐食予測の結果得られた評価から分類されるランク付け（本文で示す事例では高、中、低の３ランクに分けた例を示す）

■ **放射線検査法**

スクリーニング検査に用いられる非破壊検査のひとつである。放射線源に同位元素を用いてガンマ線を使用する場合とX線源を用いる場合があり、その透過能により適用できる配管肉厚、外径範囲が決まる。

マ行

■ **目視検査**

スクリーニング検査に用いる配管の外観目視検査。目視検査はCUIの発生しやすい場所（保温材の不連続部や外装板の腐食･損傷部など）における外観の不具合の範囲、程度から、水の侵入状況を推測して保温材を剥離すべき箇所の候補を抽出する。

■ **目視点検**

日常点検のひとつ。目視観察によってCUIの発生しやすい場所（保温材の不連続部や外装板の腐食･損傷部など）における外観上の異常不具合個所を抽出し、結果は腐食予測に反映する。

ラ行：

■ **ライン番号**

管理単位のひとつで機器から機器を一単位とする配管１本ごとの管理番号

ヤ行：

■ **優先順位分け**

対象配管の CUI 検査の優先順位を大別する工程で重要度と腐食予測度により決定する。(本ガイドラインでは最優先配管、優先配管、その他配管の３つに分類する事例を示す。)

■ **優先配管**

漏洩した場合の影響度が大きく CUI の発生している可能性が高い配管。優先配管はスクリーニング検査によって剥離箇所を特定する。

略号

■ API (American Petroleum Institute)
アメリカ石油学会の略

■ CUI (Corrosion Under Insulation)
保温配管の保温材下と配管（炭素鋼または低合金鋼）の間で起こる配管の外面腐食で、保温材下腐食ともいう。

■ EFC (European Federation of Corrosion)
腐食に関する欧州連合の略

■ HSE (Health and Safety Executive)
英国健康安全局で石油精製および石油化学プラント等の保安行政を担当する政府機関。HSE はまた Health, Safety and Environment（健康･安全･環境）の略号として用いられることも多いが、本ガイドラインでは前者の意味で用いる。

■ NACE International
アメリカ腐食技術者協会の略

■ NDT
非破壊検査(Non Destructive Testing)の略

■ RBM
リスクベースメンテナンスの略

第１章　本ガイドラインの概要

1.1 背　景

石油精製、石油化学プラント設備は建設後30年以上経過した高経年化設備が多く、漏洩事故が増加している。これは老朽化等による設備機器･配管の損傷に起因し、その多くは配管外面の保温材下腐食（CUI）によることが統計で示唆されている。一方対策としては保温材を剥離して点検することが望まれるが、一つの工場で数十キロメートルに及ぶ保温配管を剥離･点検することは時間的にも費用的にも難しい状況にある。このような状況の中で、各社、各様に管理手順等を設定して安全･安心を確保するように努力をしている。

欧米では日本より10～20年早くこの問題に直面し、大手（メジャー）石油会社で取り組んできているが、有効な対応策は未だ見出されていない。しかし、CUIに関して米国ではNACE InternationalがStandard Practice(SP0198-2010)、欧州ではEFCがCUIガイドラインを策定し、情報交換や定期的な検討会を開催している。一方アジアに於いてもCUIの問題はすでに発生し、日本と同様な状況にある。今後、海外とも連携をとりながらCUIの問題へ対応の必要がある。

1.2 目　的

本ガイドラインは日本における石油精製、石油化学プラントのCUIの早期発見･予防･維持管理を行う民間の自主的な管理指針として、漏洩事故を未然に防止することを目的とする。

1.3 適　用

本ガイドラインの適用に当たっては、優先配管の順位付けからスクリーニング検査による剥離箇所の特定に至る大きな流れ（基本的な手順）については遵守するものとし、検査方法･判定方法、等の詳細については石油精製及び石油化学プラント、各々のプロセス･プラントの環境や特性により各社において修正し、設備管理（技術）マニュアル等、自社基準を策定するものとする。

１）適用する配管材料は炭素鋼･低合金鋼とする。

２）埋設配管には適用しないものとする。

３）適用温度範囲は運転温度として常温～150℃を目安とし、常温以下と150℃以上の温度については、プラントの運転方法や環境により各社にて規定するものとする*)。

＊運転温度範囲は各事業者、事業所の方針および知見経験とプラントの特性によって定める管理範囲であるので本ガイドラインでは目安のみを掲げる。一方、CUIの発生メカニズムからの考え方や内外の諸基準やガイドラインにおける管理範囲は**第3章CUIの発生メカニズムと腐食評価**および**解説2**を参照されたい。

1.4 構　成

本ガイドラインの構成は以下の通りとする。

第１章：本ガイドラインの概要…背景と適用方法について

第２章：CUIの管理…本ガイドラインの考え方

第３章：CUIの発生メカニズムと腐食評価…発生メカニズムの理解
第４章：CUI検査のための基本手順…剥離箇所の特定を目的とする手順
第５章：非破壊検査技術の使用方法…非破壊検査技術の適用についての指針
解　説：第１章～第５章の基礎となった関連資料

第2章 CUIの管理

石油精製･石油化学プラントの管理は、経営者および本社の管理部門と現場の設備管理部門とが連携をして企画し、実行にあたることが重要である。CUIの管理もこの一環として管理されなければならない。この中で、管理の要点は、

① 経営から現場の保全までの関連部門の役割を明確に位置づけること。

② プラント設備の経年劣化･腐食に対応し、軽微な漏洩事故を含めてその原因等の徹底的な分析を行うとともに、見えにくい危険性の把握と予防策としての適切な保安投資を行うこと。

③ 技術伝承や知識、技術、技能を高め、技術開発を推進するための取り組みをきめ細かく計画的に行うこと。

④ 腐食箇所の検出率を向上させるためCUI検査における剥離箇所特定の具体的手順を規定した設備管理（技術）マニュアルを策定すること。

であり、以上の内容を継続的に管理し、運営していくことが必要である。

2.1 経営者および各部門の役割

経営者*1)はCUI問題およびその課題を十分に理解し､各部門の役割機能の発揮のため、常にCUIの危険性を考慮して資金･人材･技術を投入し､維持管理を円滑に促進しやすい企業風土の構築が求められる。各部門は以下に示す役割に従い、相互に連携して当該設備の維持管理に当たる。特に設備管理（技術管理を含む）責任者はその中で中心的役割を担うものとする。

1）設備管理(技術管理含む)責任者*2)

① 設備保全の管理･運営及び設備管理技術全般について責任を持ち、経営者に進言する。

② 設備管理（技術）マニュアルを社内基準として決定する。

③ 事故分析を行い、予防策としての保安投資の立案を行う。

④ 国内外の技術動向を把握し、技術導入、技術開発について決定する。

2）保全担当者*3)

設備管理（技術）マニュアルの検査基準･方法に従って実務を行い、その結果を責任者へ報告する。

3）検査技術者

設備管理責任者や保全担当者の指示により、検査基準･方法に従い、専門の請負検査会社技術者を監督して検査を遂行する。また、常に検査技術の動向の把握に努めて新技術を設備管理責任者へ報告する。

4）運転部門技術者

運転部門の技術者は運転管理の間に日常点検を行い、点検結果を保全担当者に報告する。

5）人材育成部門

保全に係る技術伝承、技術教育および現場の人事問題を経営者、関係部門（設備管理責任者、保全担当者等）と協議し、企画･執行する。

上記の部門の名称は一般的には以下の内容を示すが、具体的には事業者ごとの個別の名称に読み替えて理解されたい。

注)

＊1：担当役員→経営トップ

＊2：設備技術部長、設備管理部長

＊3：保全課長等

2.2 技術･技能教育と訓練

技術･技能教育と訓練には経営戦略に基づき、以下の

① 過去の実績、経験に基づく技術伝承の仕組み構築

② 国内外の先進技術の情報把握、技術の実証確認、評価力の向上

③ 実戦的保安教育

の３要素が基本的に必要である。人材育成部門は職種ごとに目標、教育内容、教育結果の評価方法を記述した人材育成および技能教育体系とプログラムを定め、関係部門によりそれを執行させるものとする。

具体的な教育内容には以下の

① CUI 特有の腐食メカニズムに対する理解

② RBM の基礎と応用

③ CUI の発生しやすい箇所と環境の熟知と現場点検実習

④ 最新の非破壊検査技術などの知識と診断理解

の要素が求められ、座学とともに稼働中の検査を通じての実務での経験蓄積と技術習得が必要となる。

2.3 CUI 検査における剥離箇所特定手順の策定

第4、5章で詳述する CUI 検査における剥離箇所特定の具体的手順は CUI 管理上不可欠であるため、各事業者の社内基準、設備管理（技術）マニュアルとして、その事業所やプラントの特性に合わせた形で必要に応じ織り込んで活用していくことが望ましい。

第3章　CUI 発生メカニズムと腐食評価

CUI 腐食要因、発生メカニズム、腐食評価は CUI 管理を行う際の基礎として重要であり、これを理解した上で、①優先順位の決定における腐食予測、②目視点検･検査によるスクリーニング検査等の基本指針に反映することが望ましい。詳細は**解説2**に記述するが基本的な要点と腐食要因を腐食評価に展開する考え方をここで述べる。

3.1　CUI 腐食と腐食要因

1）　腐食反応

CUI は大気腐食の一種と考えられる。外部から侵入した雨水または保温材内部で凝縮した水分が配管表面に形成する水膜を通じて鋼材の表面に腐食電池と呼ばれる電池が形成し、直流の電流が流れる現象（電気化学反応）である。

カソードでは還元反応（主に水に溶け込んだ酸素の還元)、アノードでは酸化反応（主に鉄の溶解）が起こる。そしてカソードとアノード反応が対になって進行することが特徴である。

2）　CUI の発生要因

水の供給源による水膜形成であり、水の供給源としては、

① 降雨や冷却水の飛沫など外部から侵入する水
② 温度差による結露
③ 保温材と鋼表面間の微細なすきまでの毛管凝縮による水分の結露
④ 海塩粒子および保温材などからの溶出不純物イオンの化学凝縮（潮解）による水分の結露

がある。

②～④は大気中の水分の凝縮により配管表面に水膜が形成するプロセスで、大気中の相対湿度が重要となる。

3）　腐食の特徴

CUI が進行する環境の特徴および腐食の特徴は

① 水の供給源が非常に多様であり、水の侵入箇所と水膜形成箇所は必ずしも一致せず、予測しづらい。
② 一般的な屋外大気腐食より湿潤時間が長く継続する。
③ 一般的な大気腐食より腐食速度が大きい。
④ 全面腐食ではなく、腐食箇所が局所化しやすい。

の４点である。

4）　局所侵食および腐食速度ばらつき要因

屋外大気中の炭素鋼の全面腐食と異なり、腐食侵食を局所化し、腐食速度を大きく、しかもばらつかせている要因としては、

① 配管表面に形成する水膜の厚み（水膜の保持あるいは厚み分布）
② 水膜中に溶解する不純物(主として塩化物)
③ 保温材･外装板の存在

④ 運転温度が常温から高温まで広範囲にわたること（表面温度により腐食速度は複雑に変化）

⑤ 腐食により形成した黒色の腐食生成物、主にマグネタイト（Fe_3O_4）による腐食の加速効果（**解説2**参照）

の５点があげられる。

５） 腐食加速要因

腐食加速要因としては

① 水膜中の不純物（主に海塩粒子･塩化物）

② 保温材･外装板（主として保温材）

③ 運転温度（配管表面温度）

④ 黒色腐食生成物

の４点である。

3.2 CUI 発生メカニズム

以上で述べた腐食発生要因、局所化･ばらつき要因、加速要因をまとめて CUI 発生メカニズムとして**図 3.1** に示す。腐食のプロセスは外装板金の腐食穴あきあるいはシール材損傷により水分が侵入→保温材による水分の保持･供給→塗装被膜劣化→水膜形成および酸素供給→腐食発生→海塩による腐食加速および運転温度による腐食加速にいたる一連の CUI 腐食特有の腐食進展機構で説明できる。（**解説2**参照）。

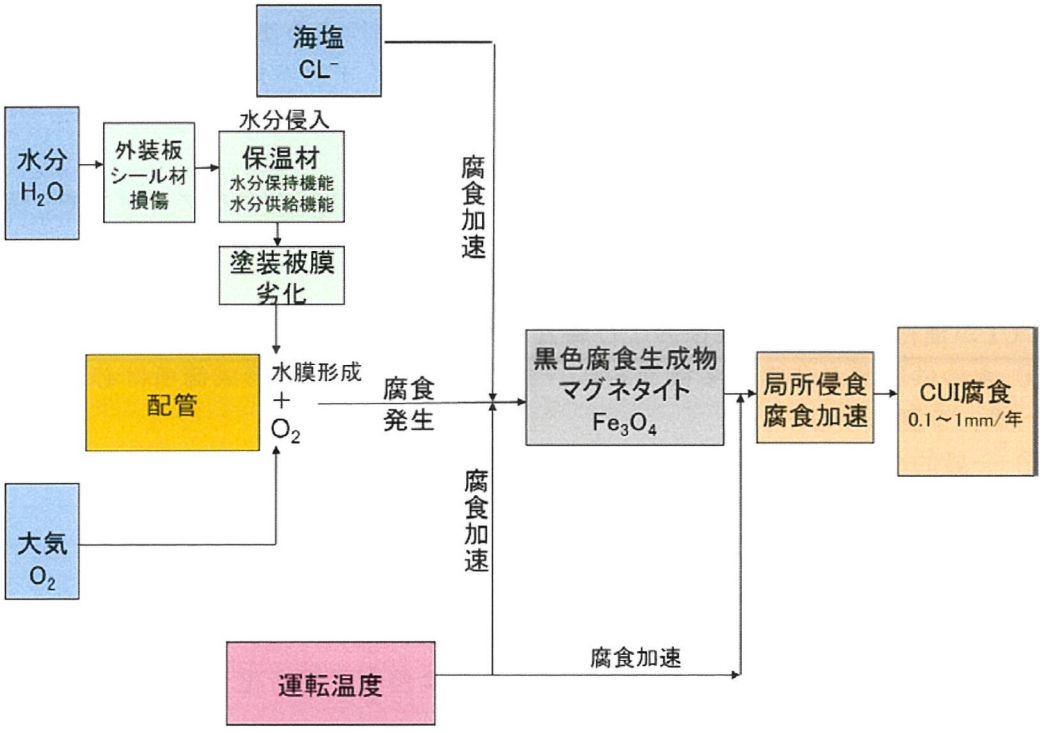


図 3.1 CUI 腐食発生メカニズム

3.3　CUI 腐食発生メカニズムに基づく腐食予測方法

1） 腐食･加速要因の腐食予測への展開

腐食発生･加速要因と腐食予測における管理項目を対応させて示す。目視点検はおもに発生要因である外部からの水の侵入を推定する方法であり、その他の腐食発生要因、加速要因、局所侵食要因に対しては腐食要因データ管理が必要である。

表 3-1 腐食発生･加速要因と腐食予測管理項目との対応

発生要因		発生しやすい環境	具体事例	腐食予測における管理項目	局所侵食要因	腐食加速要因
外部からの水の侵入	①降雨	屋外	･外装板の損傷･腐食など ･保温材不連続部	目視点検	①水膜厚み(分布)	
	②冷却水飛沫など	水噴霧等				
	防食皮膜		塗装被膜経年劣化	腐食要因データ管理		
結露による水膜形成	③温度差	相対湿度:高	主管-枝管の表面温度差等			
			運転条件(間欠運転による温度降下等)			
	④毛管凝縮		保温材の存在そのもの		③保温材の存在そのもの	○
	⑤化学凝縮	海岸沿岸部(海塩粒子濃度:高)	不純物(塩分等)		②不純物(塩分)の濃度	○
					④運転温度(常温から高温で広範囲)	○
					⑤腐食生成物の生成	○

2） 腐食予測方法

腐食予測は前項により

① 目視点検による評価

② 腐食要因管理データによる評価

の両面から評価する必要があり、配管肉厚が薄い場合は、漏洩の危険性が増加することを考慮し、肉厚管理データ（余裕代）を加えて評価する（詳細は**4章**参照）。

3） 腐食予測における留意点

(1) CUI 腐食の侵食形状

CUI は全面腐食ではないことに留意する。多くは局所的であり、さび層の積層とともに横断面は半楕円形状で深く侵食し、いくつかの核をもって局部的に密集して肉厚方向に進行するのが特徴である。

(2) 経過年数の影響の不連続性

CUI 腐食の発生頻度は経過年数の増大とともに増加するが経年変化の時間依存性が必ずしも連続的ではなく、腐食予測において注意する必要がある。これは乾燥期には腐食は停止、あるいは潜伏期間を経て加速する可能性や防食塗装被膜の劣化による。（厳密な検証は今後の課題とする。）

経過年数の考慮の仕方は配管外面の塗装被膜の劣化（通常のエポキシ塗装で新設塗

装 15 年程度、補修塗装後 8 年程度とみなす例が多い）や外装板の腐食・穴あき（環境により異なるが一般に亜鉛鉄板製外装板は大半がほぼ 20 年で穴あきが生ずるといわれている）、腐食生成物の蓄積等を考慮して具体的には事業者ごとの実績経験値による。参考として CUI による漏洩事故発生頻度のピークが 16-20 年と 25 年以上の 2 回離れて存在する事例*）が著名である。

＊B.J.Fitzgerald, P.Lazar, R.M.Kay, S.Winnik(ExxonMobil Chemical) : Corrosion 2003, paperNo.03029

第4章　CUI検査のための基本手順

4.1　考え方と基本手順

1）考え方

保温配管の CUI は保温材が施工されたままでは非破壊的に信頼性の高い検査が出来ない。漏洩事故を未然に防止するためには、保温材を剥離し、配管外面検査により減肉状況を検査することが最も信頼性の高い CUI 検査方法である。しかしながら、膨大な保温配管をすべて剥離することは時間的にも経済的にも困難である。したがって CUI 検査のためには膨大な量の対象配管の中から優先順位を決めて CUI 発生確度の高い箇所を可能な限り効率的に絞り込み、最終的にその絞り込んだ箇所（以下剥離特定箇所）について剥離を行なって検査を行なうことが必要である。

2）基本手順

本章の CUI 検査における基本手順とは

① 優先順位分け
② スクリーニング検査
③ 剥離箇所の特定

の３つを骨格とする基本手順（フロー）を指す。

本ガイドラインにおいてはこの基本手順の流れは各事業者が共通に遵守するものとするが、その検査方法や判定方法の詳細およびその他の手順は各事業者が各プラントの特性やこれまでの長年の知見や経験によりすでに作成保有している社内基準を基本とし、本章の参照基準として示す手順を修正して用いればよいものとする。

本章では CUI 検査のための手順として

① 管理単位の設定
② 重要度評価の方法
③ 腐食予測の方法
④ 優先順位の分け方の詳細
⑤ スクリーニング検査の詳細
⑥ 剥離箇所の特定の詳細
⑦ 検査データのフィードバック

の手順を示した。

なお、基本手順の実施例を**解説4**に示す。

4.2 CUI 検査のための剥離箇所の特定手順(フロー)

CUI 検査のための剥離箇所の特定作業手順を**図 4.2** に示す。図中太線枠で示す手順は基本手順を示す。

各手順項目の内容については次節 **4.3** 以降に記述する。

なお、本図は CUI 管理のための維持管理フロー全体を示すものではなく、剥離箇所の特定作業に絞りその考え方を具体的に参照基準として示すものであって、剥離以降の剥離検査、判定、次回以降の検査時期の設定や処置方法などは割愛している。これらは各事業者の社内基準により定めるものとする。なおスクリーニング検査や剥離後の検査によるデータ情報は次回腐食予測度の精度向上に資するので図中に破線で示した。

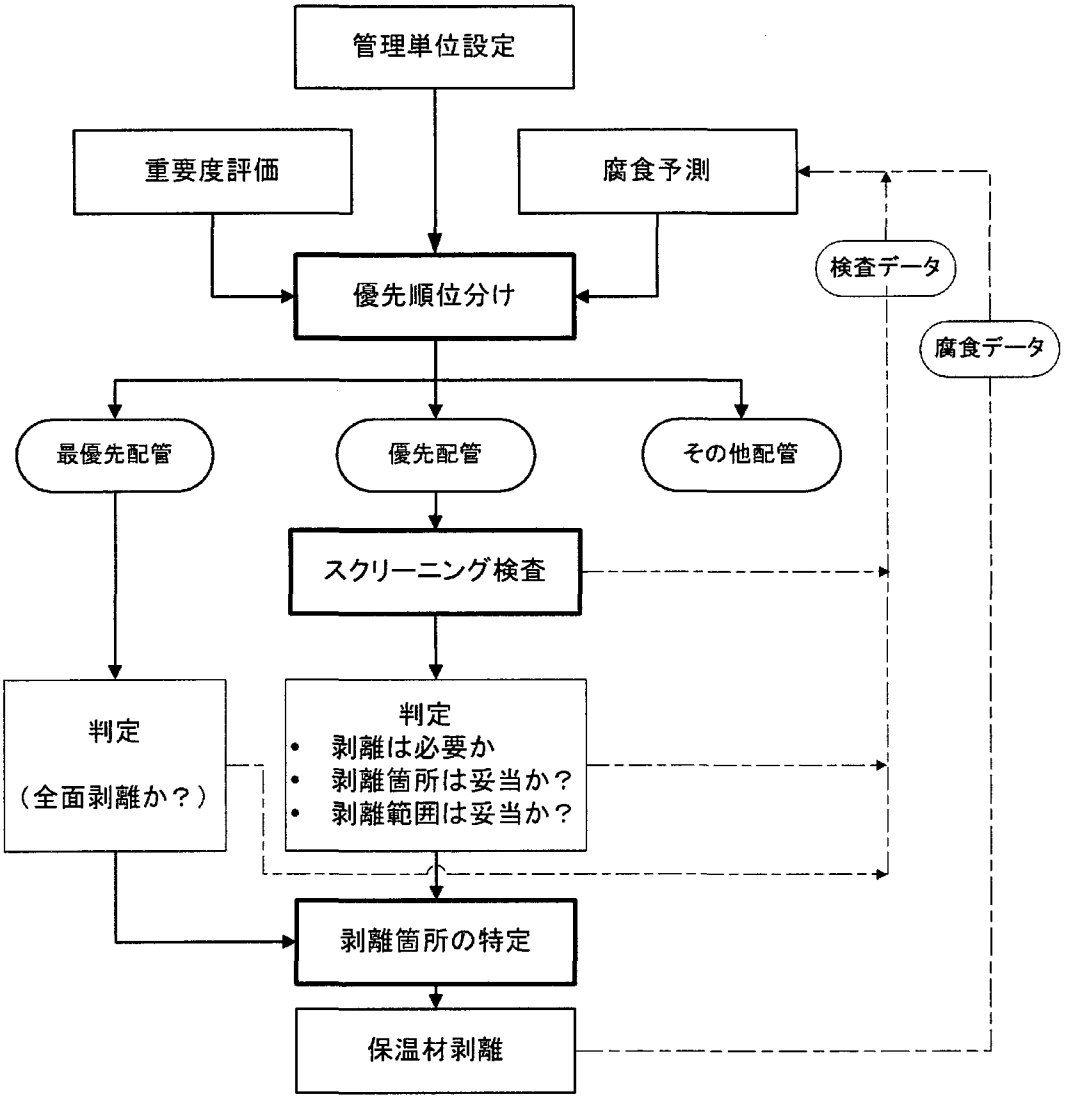


図 4.2 CUI 検査のための剥離箇所の特定手順(フロー)

4.3 管理単位の設定

配管の管理単位はCUIを含む配管の維持管理上設定される配管の分類･識別方法である。管理単位は各事業者の方針やプラントの種類､事業所の特性により設定されるものである。

CUI管理ではそれを基に配管管理リストを作成し、以降の手順に用いる。管理単位には①対象領域を地域とプロセス(装置)から分けるエリア分け、②配管ごとに分ける場合、③エリア分けと配管ごとの２つを組合せる場合の３種類がある。

エリア分けは、対象配管を大くくりにオンサイト（プラント）･オフサイト（原料供給･貯蔵･出荷)などの地域で分ける場合およびプロセスごとの装置分けにより選定される場合、環境で分ける場合などがある。配管ごとに分ける場合は、機器から機器を一単位として、ライン番号などを設定し、必要箇所はスプール図により管理状況の詳細や履歴の記録を行う。

4.4 重要度評価

重要度は配管の漏洩による影響度により区分される評価であって各事業者の方針や事業所プラントの特性により個別に定められるものである。対象配管（管理単位ごと）の優先順位はこの重要度評価と後述する腐食予測度から決定される。重要度評価項目は、内部流体の特性（揮発性、毒性、反応性、可燃性、内圧）による健康、安全、環境への影響、メンテナンス及び操業停止コストなどで評価し区分けする。重要度評価の区分けの参考としてAPI570に準じて４区分に区分けした参考例を**表 4.4**に示す。

表 4.4 重要度評価表(参考例)(API準拠)

区分け		具 体 事 例
A	強揮発性：	高圧で揮発性が高く、且つC2･C3･C4留分の爆発混合気になっている内部流体、特に沸点が運転温度以下で10℃以下、若しくは沸点が常温以下の流体
	毒性：	硫化水素3%以上を含有するLPG配管（気化状態）、塩素ガス
	反応性：	・水分に曝される恐れ（水槽上、隣接）のあるフッ化水素 ・無水アンモニア ・無水塩化水素
	強可燃性：	内部流体が自然発火点以上の温度で使用しているプロセス配管
	高圧：	6MPa以上の高圧水素ガス、炭化水素(HC)
	その他の影響：	・内部流体が漏洩すると広範囲で公害問題が発生する可能性が高い配管 ・内部流体が漏洩すると生産性に及ぼす影響が大きく自装置および他装置の全面停止に及ぶ配管 ・故障により品質に及ぼす影響が大きく，オフスペックが生じる配管
B	弱揮発性：	・（ガソリン、ナフサ）精留塔上部流体または炭化水素(HC) ・発火点以下の内部流体温度で、ゆっくり気化するプロセス流体配管
	可燃性：	6MPa未満の高圧水素ガス、燃料ガス、天然ガス、C3/C4(気化)
	強酸性および強アルカリ性：	アミン含有量大、硫酸、アンモニア含有水
	その他：	内部流体が漏洩しても装置の部分停止で済む保温配管
C	低揮発性：	発火点以下の内部流体温度で、気化し難いプロセス流体配管
	その他：	・蒸留処理後の流体と製品流体で、保管と積載の為の配管 ・タンクヤード地区にある付帯配管 ・ オフサイトに設置されている酸性･アルカリ性配管
D	ユーティリティその他用途：	・蒸気配管とコンデンセート配管 ・空気配管 ・窒素配管 ・水配管、ボイラー給水配管 ・潤滑油配管、シール油配管 ・その他、上記に記載以外の配管

4.5 腐食予測

腐食予測はCUIの腐食による漏洩の危険性が高い配管を選定することであり、重要度と組み合わせて優先順位分けを行なうために必要不可欠な評価である。腐食による漏洩の危険性は腐食予測と配管肉厚の余裕代を考慮して評価する。

腐食予測方法はCUIの発生メカニズムに基づいて要因を選定し、定量的に、客観性を重視して設定することが重要である。腐食予測の基本は①腐食要因データおよび②目視点検結果から行う。腐食予測の実際は各プラントの特性やこれまでの長年の知見や実績により各事業者がすでに保有している社内基準を基本とし、以下の内容は参照基準として用いればよい。腐食予測の方法は固定的なものではなく以降の検査結果データ等のフィードバックデータや実績から得られた新たな知見などを次回 CUI 検査の腐食予測に反映させ逐次改善していくことが重要である。

1） 管理単位および配管管理リスト

腐食予測は管理単位ごとに行う。腐食予測のためには対象範囲の配管管理リストをまず作成しておき、管理単位識別番号、装置名、設置年、内部流体名、配管材質および以下の腐食要因および肉厚管理データ、目視点検結果等の必要項目と各評価欄を設ける。

2） 腐食予測管理データ

腐食予測に用いる腐食要因データは以下のとおりである。

腐食要因データ

① 経過年数
② 運転温度
③ 運転条件（連続運転か間欠運転か）
④ 防食仕様（配管外面塗装有無、補修実績を含む）
⑤ 大気環境（海岸部や水噴霧環境など）

3） 腐食予測フロー

腐食予測は腐食要因データによる評価と目視点検結果により行う。腐食要因データによる予測は、**表 4.5-1** に示す腐食予測マトリックスによる一次評価と大気環境による二次評価によって行う。

腐食要因データによる腐食予測と目視点検による点検結果により腐食予測度ランクを決定する。

以降に腐食予測の評価参考例を示す。

（1） 一次評価（腐食予測マトリックスによる評価）

表 4.5-1 に一次評価に用いる腐食予測マトリックス（参考例）を示す。

① 経過年数：

4区分に分ける。補修による防食塗装が施工された場合はその効果を検討の上リセットし、前回補修時期からの経過期間を使用する。備考欄に示すように外装板継目充填材の劣化、防食塗装の劣化が進展すると想定している。

② 運転温度：

範囲を3区分に分ける。60～120℃の範囲が腐食速度大とみなす。

③ 運転条件：

連続運転と間欠運転*との2区分に分ける。

＊間欠運転とは停止が頻繁であるもの、長期休止配管などを含み、その際に運転温

度が常温近くまで降下する場合をいう。ただしスチームトレースなどにより常時、配管表面温度が配管表面を乾燥させるのに十分な高温に保たれる場合などを除く。

④ **防食仕様**の有無：

配管外面の防食塗装施工あり、なしの２区分に分ける。

表 4.5-1 経過年数･防食仕様･運転条件･運転温度による腐食予測マトリックス（参考例）

経過年数注1)	10年未満		10～20年未満				20～30年未満		30年以上
防食仕様注2)	—		あり		なし		—		—
運転条件	連続	間欠注3)	連続	間欠注3)	連続	間欠注3)	連続	間欠注3)	—
運転温度範囲 注4)									
常温～60℃以下	0	0	0	20	10	20	10	20	20
60超～120℃	0	10	10	30	20	30	20	30	30
120℃超	0	0	0	30	10	20	10	20	20
備考	2年後程度から外装板継目充填材の劣化（以降水浸入始まる）		防食塗装劣化始まる				･防食塗装効果ほとんどなくなる ･外装材板金が腐食劣化		

注1）区分に用いた年数は暫定値。補修により防食塗装が施工された場合はその効果を検討の上リセットし、補修時からの期間を使用。

注2）防食仕様は配管外面用であり、外装板用ではない。

注3）頻繁停止や長期休止は間欠に含むが、運転停止があってもスチームトレースなどで配管表面温度が常時高温に保持されている場合は間欠運転に含めない。

注4）温度範囲の区分は暫定値。

（2） 二次評価（大気環境評価）

以下の点数を一次評価の点数に加えることにより合計点を算定する。

表 4.5-2 に腐食要因データのうち⑤大気環境の評価例を示す。評価点数は暫定値である。

表 4.5-2 大気環境による評価（参考例）

⑤大気環境		評価点数	備考
屋内		0	
屋外	一般	10	
	海岸部	20	海水飛沫に直接曝される環境
	水噴霧環境	30	噴霧、水蒸気に直接曝される環境

4） 腐食予測のための目視点検

腐食予測のための目視点検は日常点検によるものとする。

（1） 検査方法

運転中に行う日常点検を主体とし、期日を定めて行う定期点検を行ってもよい。点検は、対象エリアを決め、地上や既設足場からの目視や遠望（必要により双眼鏡等使

用）により対象配管を目の届く範囲にて広範囲に配管全体を観察し外観上の異常個所を検出する。点検ポイントは**表 4.8** を参考とする。

検査期間は１年ごととし全エリアをカバーすることが経年変化に対応する上で望ましい。

（2） 判定基準

外観の不具合箇所の詳細状況（不具合の範囲、程度など）から、①異常、不具合あり、③　不明瞭、③問題なしの３ランクに分ける。目視点検異常例は**表 4.7** に示す。

（3） 処置

異常、不具合が発見された場合は、対象箇所を関係部署へ記録（データ、写真）・連絡を行う。

5） 目視点検結果を加えた腐食予測度ランクの算定

腐食予測は、以上で求めた腐食要因管理データによる腐食予測度に加えて目視点検による評価を考慮して総合判定する。以下に算定の参考例を示す。

（1） 管理データのみによる腐食予測度ランク算定（参考例）

合計点 60 点以上を高、合計点 40 点以上 60 点未満は中、40 点未満は低に分類する。なお点数は暫定値であり、検査結果により補正や見直しを行なう。

（2） 目視点検結果の腐食予測度への反映方法（参考例）

目視点検を行った場合は①異常不具合あり、②不明瞭、③問題なしの３ランクに分け、異常不具合の場合のみ管理データによる予測度を**表 4.5-3** により高い側に修正するが、問題なしの場合は管理データによる評価を優先して低い側への修正はしないこととする。これは目視点検が異常個所の抽出を目的とするためである。目視点検を行わなかった場合、修正は行なわない。

表 4.5-3 目視点検結果を加えた腐食予測（参考例）

腐食要因データのみによる腐食予測度ランク	目視点検を行った場合		目視点検を行わなかった場合 または目視点検では不明瞭の場合
	異常・不具合あり	問題なし	
高	高	高のまま	高のまま
中	高に変更	中のまま	中のまま
低	中に変更	低のまま	低のまま

6） 肉厚管理データによる余裕代の考慮（参考例）

肉厚管理データとは①配管径、②配管スケジュール No.および前回までのデータがある場合は③剥離検査データ（残厚）を指す。肉厚管理データは腐食予測そのものではなく侵食による漏洩の危険性を配管肉厚の余裕代で評価するものであり腐食予測で得た予

測度度ランクの評価を見直すのに用いる。参考例を**表 4.5-4** に示す。本表に示すほか、内面腐食の可能性がわかっている場合などは経験に基づいてそれを見直しに反映することも重要である。

表 4.5-4 肉厚管理データによる評価見直し(参考例)

①②配管公称肉厚	③剥離後の検査データ(残厚)	予測度ランクの見直し	備考
10mm超え	10mm超え	なし	
中間	中間	要検討	配管内圧等により検討する
4.5mm以下	4.5mm以下	1ランク高めに見直し	対象配管が小径の枝管あるいはノズル配管を含む場合はその小径配管を評価すること

4.6 優先順位分け

優先順位分けは上述までの重要度評価区分けと腐食予測度評価の組合せによって行なう。ここでは対象配管を最優先配管、優先配管、その他配管の３つにグループ分けを行なう事例を**図 4.6 優先順位評価マトリックスと区分け(参考例)**に示す。本例で示すマトリックス分割方法また領域のとり方は参考例を示すものであってグループ分けの数などは各事業者の方針や事業所、プラントの特性により最適なものに修正する。

最優先配管、優先配管、その他配管は以下の意味で用いる。

(1) 最優先配管

漏洩した場合の影響度が非常に大きく且つ CUI の発生している可能性が非常に高いので、最優先に保温材を剥離して CUI 検査を行なうべきものとして基本的に全面剥離を行なうことが求められる配管と分類する。

(2) 優先配管

漏洩した場合の影響度が大きく CUI の発生している可能性が高いので、さらにスクリーニング検査によって絞込み、剥離箇所を特定して CUI 検査を行う必要がある配管が該当する。

(3) その他配管

漏洩した場合の影響が小さく CUI の発生している可能性が低い配管で、CUI 検査の時期を急がないでよいとする配管であって、検査不要とするものではない。

表 4.6 優先順位評価マトリックスと区分け（参考例）

	区分け ＼ 区分け	重要度 D	重要度 C	重要度 B	重要度 A
腐食予測度ランク	高			最優先配管	
	中		優先配管		
	低	その他	配管		

4.7 スクリーニング検査

優先順位分けが完了し、決定した優先配管はスクリーニング検査を行う。優先配管の対象量は多く、かつ CUI 事故発生の危険性が潜在する部分であるため、その危険性を防止するためスクリーニング検査を用いて剥離箇所の絞り込み（特定）を行う。この剥離箇所の検出精度が漏洩事故の防止の鍵であり、本ガイドラインの CUI 検査手順の中でスクリーニング検査はもっとも重要な工程と位置づける。

ただし、スクリーニング検査の具体的な検査方法や判定方法は各事業者がすでに保有している社内基準を基本とし、以下に示す手順を参考に適宜修正して用いる。以下の内容は参照基準として示すものである。

1） スクリーニング検査の留意点

スクリーニング検査は CUI 発生可能性の高い箇所を特定するため、判定に必要な判断材料を得ることが目的である。そのため

① 優先配管であっても各事業所の実績や知見を活かし事前に剥離の判断ができる箇所は先に判定し、改めてスクリーニング検査を要さない箇所を事前に除外しておくとよい。

② 優先配管の全長に対してではなく、CUI の発生しやすい箇所と環境に重点を絞って検査を行なう。

③ 目視検査と非破壊検査等の適切な使い分けが重要である。すなわち目視検査では見逃しやすい範囲に非破壊検査を適用すること。

④ 目視検査では足場を必要とする箇所に非破壊検査を用いて足場を不要にする。

などが重要である。

2） 目視検査による方法

スクリーニング検査に用いる配管の外観目視検査であり、CUI の発生しやすい個所（保温材の不連続部や外装板の腐食・損傷部など）における外観の不具合の範囲、程度か

ら、水の侵入状況を推測して保温材を剥離すべき箇所の候補を抽出する。

(1) 検査方法

① 目視検査はCUIの発生しやすい箇所と環境を対象に遠望目視または必要に応じ近接目視により行なう。

② CUIの発生しやすい箇所と環境は4.8(**表4-8**)を参照する。さらに各事業所の実績やプラントの特性、知見により適宜選択または追加補完して用いることが望ましい。

(2) 検査結果の判断基準事例

(a) 判断の基準事例

判断は**表 4.7 目視検査の異常・不具合例**を参考に行う。外観の不具合の範囲、程度などから、水の侵入状況を推測して異常、不具合ありを評価する。

(b) CUI 腐食の発生しやすい環境における目視点検

CUI の発生しやすい環境（水滞留箇所、保温材中に湿気を吸収蓄積する環境、水噴霧・水蒸気・海水飛沫飛散）でかつ保温材不連続部や外装板の腐食、損傷部が発見された場合では腐食の可能性はきわめて大きい。このため

① CUIの発生しやすい環境における目視点検は特に入念に行う。また異常の判断もその他の環境に比して厳しくする必要がある。

② 外観の異常はないが従来の経験、事例、知見から安全をみて、発生しやすい環境を重視し剥離の決断を行う。

のいずれかの判断によるものとする。

表 4.7 目視検査の異常・不具合例(参考例)

分類	小分類	目視検査の異常例
保温材不連続部	保温材及び外装材の貫通・切欠き部	・さび汁がある ・異常な開口がある ・外装板が変形、腐食している
	保温材末端部	
外装板の劣化損傷箇所	外装板の損傷	・外装材の変色(高温やけ) ・外装止めバンドのはずれ ・外装重ね合わせ部の外れ ・はぜ掛け弛みあり ・保温材が吸湿している
	外装板上の腐食等	・外装板のさび・腐食・穴あきあり
	膨れ	・外装の膨れあり(腐食生成物が予想される)
	継ぎ目充填材劣化	・塗材(マスチック)が劣化(亀裂、剥離、防水性能劣化)
	その他	・サポート部のカビやコケ ・不適切な部品設置による水はけ障害部
水滞留箇所	浸入水が集中して滞留しやすい箇所	同時に外装板の劣化損傷がある(上記)場合は重大
保温材中に湿気を吸収蓄積する環境	運転温度から温度降下がある配管系統部分	
噴霧・水蒸気・海水飛沫飛散環境	水噴霧やスチーム、海水飛沫に曝される可能性のある配管	
その他	振動配管	

（3） 検査結果の処置

上記の結果、剥離すべきと判断される候補箇所を選出し、剥離の判定に移行する。判定結果、写真は記録し腐食予測にフィードバックする。関係部署への連絡･依頼･記録を行う。

（4） 足場

検査足場の設置は必要に応じて行なえばよく、判断が可能であれば必ずしも近接点検が必要とは限らない。既設足場や地上からの遠望目視により判断できる場合もある。点検車両などによる移動足場、部分設置足場、エリア内の一定範囲設置等もあるが、工事費用が大きいので各事業者の方針、各事業所の特性などにより計画する。

3） 非破壊検査による方法

スクリーニング検査に用いられる非破壊検査技術は、ガイド波超音波検査法、パルス渦流磁気検査法、放射線検査法の３種類がある。非破壊検査は目視検査では不明な剥離箇所検出の判断を助けるツールであり、効果的に用いることが望ましい。

（1） 検査対象の選定

非破壊検査の選定を行う場合の例は

(a) 目視検査のみでは判断できないと考える箇所

① 目視検査では異常、不具合箇所が検出された配管ではあるが、CUI の発生しやすい環境には該当せず、目視検査だけの評価では剥離の決断を行わない場合

② 目視検査のみの評価では剥離範囲が過大になると判断される場合など

(b) 見逃しの危険性が高い配管

CUI の発生しやすい箇所･環境で目視検査では問題なしの箇所であるが、腐食予測度は中か高に評価されている配管で CUI の発生が疑わしい箇所など

(c) 高所位置を足場不要で検査したい場合

塔の垂直配管、ラック上架空配管など

(d) 長尺の配管など

桟橋配管など延長距離が長く目視検査に多大の工数と時間を要する場合など

(e) 小口径配管で検査範囲が短い場合

効率的な観点から、スクリーニング検査を省略し、直ちに腐食評価に移行したい場合

などに示す箇所が上げられる。

（2） 検査方法

スクリーニング検査に採用する非破壊検査技術は、対象配管の設置条件（配管レイアウト形状、位置、サイズ等）に合わせてスクリーニング検査の判断に必要最小限の評価情報を得ることを目的に最適なものを選定すればよい。

参考として**表 5.2「非破壊検査技術及び使用推奨箇所(例)と留意点(その1)」、表 5.3「非破壊検査技術の種類と特徴及び使用推奨箇所(例)と留意点(その2)」**および**解説5**「非破壊検査技術の選定と使用」を参照されたい。

（3） 結果の評価方法

非破壊検査技術はそれぞれの固有の検出精度（検出限界、見逃し）があり、それを十分認識した上で非破壊検査結果の評価を行なう。

(a) 結果評価事例

非破壊検査結果により

① 有意な欠陥信号または画像なし

② 肌荒れ程度の軽微な腐食（維持管理上問題とすべき大きさの腐食*1にまで至らない）と推定

③ 腐食が大きい*1可能性大

に区分を行なう。

＊1：腐食のサイズはあくまで非破壊検査技術の特性、検査精度（**解説5**）に基づく予測値である。維持管理上の腐食の大きさのしきい値は各事業者の社内基準、設備管理マニュアル等で定める。

(b) 剥離の判断

非破壊検査結果の区分にこれまでの各事業所の経験を加えた判断により剥離要不要や剥離範囲の判断など **4.9 剥離箇所の特定**のための判定に移行する。検査後は記録データを作成すると共に腐食予測度に反映する。

4） 水分測定

（1） 水分測定の取り扱い

水分測定は配管の CUI 腐食部を直接検出できるものではないので取り扱いには十分に注意する。純粋に保温材中の水分の有無を半定量的に判断するのに用いる。**表 4.8** の水分滞留箇所等で保温配管の保温材の水分含有状況などの相対評価などに使用できる。

（2） 方法

水分測定は中性子水分計と赤外線サーモグラフィを用いる場合とがあり、詳細は**解説5**に示す。

4.8 CUIの発生しやすい箇所と環境

CUIの発生しやすい箇所は**第3章（表3-1）**に示した腐食メカニズムの理解とこれまでの各事業者における実績の両方を勘案して各事業者が決めておくことが望ましい。

1） 発生・加速要因からみた目視点検ポイント

腐食メカニズムに基づく腐食評価から目視点検ポイントは

① 水の侵入しやすい個所（保温材不連続部、外装板の劣化損傷箇所）

② 水の滞留箇所（侵入水が集中して滞留しやすい個所）

③ CUI の発生しやすい環境（運転温度・運転条件、温度降下、水噴霧・スチーム、海水飛沫など）

の３つを重点に設定する。

2） CUI の発生しやすい箇所の分類と具体的な箇所（参考例）

CUI の発生しやすい箇所・環境およびその具体的な個所の参考例を**表 4.8 CUI 発生しやすい箇所と環境（参考例）***1に示す。また、具体的な箇所の各事例の参考図は**解説3**に示す。これらの事例は参考例として示すものであって、各事業者ですでに得られている事例は本参考例に追加して用いる。

＊1：本章の事例については今後新たな事象に対応して必要に応じ逐次改定・増補されることが望ましい。

表 4.8　CUI の発生しやすい箇所と環境（参考例）

分類	小分類	具体的な箇所
保温材不連続部	保温材及び外装材の貫通・切欠き部	・ベント、ドレン部(事例①) ・ハンガー保持部 ・パイプシュー取付部 ・トレース管貫通部(事例②) ・ステージ（フロアー）貫通部(事例③) ・サポート取付部(事例④) ・圧力容器ノズル部(事例⑤) ・取り出し計装配管(事例⑥)
	保温材末端部	・フランジ、付属品(事例⑦、⑧) ・鉛直配管末端部 ・保温材連結部防食不良箇所(事例⑨)
外装板の劣化損傷箇所	外装板の損傷	・外装材の変色（高温やけ） ・外装止めバンドのはずれ ・外装重ね合わせ部の外れ(事例⑩、⑪) ・はぜ掛け弛み部
	外装板上の腐食等	・外装板のさび・腐食・穴
	膨れ	・外装の膨れ部（腐食生成物が予想される）
	継ぎ目充填材劣化	・塗材（マスチック）が劣化（亀裂、剥離、防水性能劣化）
	その他	・サポート部のカビやコケ ・不適切な設置による水はけ障害部
水滞留箇所	浸入水が集中して滞留しやすい箇所	・垂直配管の保温材末端部 ・立上がり配管のエルボ(事例⑫) ・長スパン水平配管ラインの下部(事例⑬)
保温材中に湿気を吸収蓄積する環境	管理すべき運転温度範囲と運転条件	・内部流体温度-4～150℃程度で運転されている配管 ・使用中は内部流体温度150℃以上であるが間欠運転される配管
	運転温度から温度降下がある配管系統部分	・本管から分岐され150℃以下となる滞留部及び部品(事例⑭) ・内部流体温度降下で露点となる枝管(事例⑮) ・火傷防止対策施工配管
噴霧・水蒸気・海水飛沫飛散環境	水噴霧やスチーム、海水飛沫に曝される可能性のある配管	・冷却塔付近配管 ・スチームストラップ近傍配管 ・スチームトレース配管保温材内部継手 ・桟橋配管 ・水滴の直下配管(事例⑯、⑰)
その他	振動配管	・振動による外装板の損傷が早い箇所
	常時結露する配管	・保冷配管

4.9　剥離箇所の特定

スクリーニング検査により剥離すべきではないかと判断された配管および箇所は、①剥離が必要か、②剥離箇所は妥当か、③剥離範囲は妥当か等の判定が必要である。

1）剥離の判定

剥離範囲の判断については、海外のガイドライン（EFC 等）では配管の優先順位によって剥離割合を設定するように例示している場合や検査の有効度により剥離率を設定するよう推奨している例もある。しかし CUI の発生の仕方は多様であり、一律に剥離率を定めることは適当ではない。剥離の判定は以下の

① 最優先配管に関しては、もっともCUI事故の発生危険性が高いため、全長・全面剥離してよいかの確認の上保温材全面剥離を基本とする。
② 優先配管については剥離箇所を特定された配管および特定された範囲について、保温材を剥離する。
③ 優先配管の剥離箇所の特定はスクリーニング検査の結果（目視検査や非破壊検査結果）を参考とするが、それだけで判断するのは危険であり、剥離範囲はCUIの発生しやすい箇所と環境における異常内容に応じてそれぞれの剥離範囲の拡大などの判断が必要である。これらの詳細は各事業者や事業所、プラントの特性に応じた経験、実績による判断を加えて総合的に判定する。
④ 判断が困難な場合など必要な場合には以下の参照基準に示す部分剥離の試行や必要最小限の非破壊検査の追加実施により判断を補強するものとする。
により決定する。

2） 部分剥離による判断を行なう場合

（1） 目的

目視検査で検出された異常箇所または配管において剥離範囲の判断がしにくい場合であって非破壊検査技術が適用できなければ、剥離範囲を推定判断するために部分剥離を検討する。

（2） 検査方法

①異常個所周辺の保温材を部分剥離して目視検査する。
②剥離した部分のCUI腐食箇所の検出有無あるいは分布状況に応じてさらに剥離範囲の拡大を検討する。
③ただし、部分剥離に工数がかかり過ぎる恐れがある場合は全面剥離を選択する。

剥離範囲の設定や拡大の詳細方法は高度の経験と判断が要求されるので各事業所設備管理担当部門がこれまでの知見、事例に応じて決定するものとする。

（3） 判定

① 部分剥離による判断では未検査箇所のCUI腐食の危険性が残る。
② CUI腐食箇所が配管に多数存在すると推測される場合、剥離範囲の判定は全長が必要になる。

本判定には高度の経験と判断が要求されるので各事業所設備管理担当部門がこれまでの知見、事例に応じて決定するものとする。

3） 非破壊検査技術を使用する場合

非破壊検査技術を剥離判定の補完として以下の場合に行うことがある。

（1） 適用目的

①スクリーニング検査（目視検査）での判断では剥離範囲が広範囲になり過ぎて検査工事費が増大する恐れのある場合など剥離箇所の範囲の判断に迷う場合
②部分剥離では剥離範囲が判断できず剥離範囲を限定したい場合
③最優先配管は基本的に剥離検査により腐食を検査するが、全面を剥離するかどうか判断に迷う場合、剥離することによる漏洩等が危惧される場合
④２インチ以下の小径配管（ノズル分岐を含む）などでは配管外面剥離検査の代用と配管内面検査を兼ねて行なう方が効率的な場合。

（2） 検査方法

異常内容、対象配管の設置条件（配管レイアウト形状、位置、サイズ等）に応じて

適切な非破壊検査を選定し、剥離範囲の特定の補助手段とする。(**表 5.2 非破壊検査技術の種類と特徴及び使用推奨箇所(例)と留意点(その1)**、**表 5.3 非破壊検査技術の種類と特徴及び使用推奨箇所(例)と留意点(その2)**参照)

4.10 剥離およびデータのフィードバック

以上の手順で剥離箇所が特定された保温配管は保温材を剥離し最終的な CUI 検査（剥離検査）を行い、漏洩につながる腐食を検出して対策を取る。剥離検査以降の維持管理工程は本ガイドラインでは割愛し各事業者によるものとする。ただし腐食予測精度向上等に必要な腐食データ管理やデータのフィードバックについて以下の参照基準に述べる。

(1) CUI 腐食データ管理

剥離検査では保温材除去後の配管外面の目視検査と計測器使用により腐食測定、記録等を行い腐食評価し、腐食データを得る。

① 腐食測定データは配管の漏洩を防止する観点から侵食深さの最大値で管理し、平均侵食深さや腐食の範囲マップなども合わせて記録しておくことが望ましい。

② 腐食速度は前回検査時からの測定期間で最大侵食深さを除して最大腐食速度を求める（mm/y）ことが望ましい。ただし、検査履歴がない場合には平均腐食度（最大侵食深さを経過年数で除す）を記録しておく。

③ 運転温度は配管の外表面温度ではなく、主配管内部流体温度に近いが、末端の枝配管においては温度降下やフィン冷却があるので、温度差のあることを記録することが必要である。同時にスチームトレースの有無、常時稼働か ON-OFF かも配管表面温度に影響するので注記する。

(2) データのフィードバック

本ガイドラインの剥離箇所の特定手順（フロー）においては保温配管の CUI による予想外の漏洩事故を未然に防止するため、対象配管の優先順位を左右する腐食予測度が重要であり、それを決める腐食予測要因データが精度を左右する。したがって、

① スクリーニング検査、剥離検査のすべての腐食データは腐食予測管理データへ反映する。

② 腐食予測への反映には **4.5 腐食予測**評価方法の検証と見直しを行う。

により次の腐食予測精度を高めることが望ましい。

管理面ではスクリーニング検査に関して、

① 目視検査での異常、不具合と剥離検査結果の腐食有無との比較

② 非破壊検査の検出率、検出精度等の検証

などはスクリーニング検査による剥離箇所特定の信頼性向上に貢献するので、適宜検証データを蓄積していくことが望ましい。

第5章　非破壊検査技術の使用方法

本章はスクリーニング検査における非破壊検査技術の使用法および水分測定技術の使用法についての推奨事例を技術の特性面から示し、非破壊検査技術の基礎その他詳細は**解説5**に記述する。

5.1　使用目的

① 本ガイドラインにおける非破壊検査技術は直接 CUI 検査を行なうものではなく、剥離箇所を特定するためのスクリーニング検査用ツールとして使用する。

② 非破壊検査技術は万能ではないので必要に応じて用いるものであって、必ず使用しなければならないものではない。

③ 目視検査によるスクリーニングすなわち外装板上の異常に現れない、潜在する CUI 腐食を検出し目視検査を補完するための効率的なツールとして活用するのがよい。したがって、期待される役割は目視検査のみによる見逃しを減らすために有効な情報を得ることにある。

④ 非破壊検査によっては足場が不要となる場合がある。また長尺配管を効率よく検査できる場合がある。このように目視検査より効率よく検査できる場合には非破壊検査を積極的に検討すべきである。

これらスクリーニング検査とは別に水分測定技術の扱いについて本章で述べる。

5.2　技術の種類

非破壊検査技術の選定に当たってはその種類、測定原理や特徴を理解して使用するものとする。CUI 維持管理に用いる非破壊検査技術には大別してガイド波超音波検査法、パルス渦流磁気検査法、放射線検査法の３種類がある。水分測定には中性子水分計と赤外線サーモグラフィの２種類がある。

（1）種類

非破壊検査技術および水分測定技術の種類を**表 5.1** に示す。

表 5.1 非破壊検査技術および水分測定技術の種類

目的 / 方式	非破壊検査技術	水分測定技術
超音波	・ガイド波超音波検査法	
電磁気（渦流）	・パルス渦流磁気検査法	
放射線	・リアルタイム放射線検査法 （自立駆動型） （軽量小型X線） （線量計プロフィル型） ・デジタル放射線検査法 ・フィルム式放射線検査法	・中性子水分計
表面温度		・赤外線サーモグラフィ

（2）技術概要

代表的非破壊検査技術の概要を以下に示す。

① ガイド波超音波検査法

一部保温材を外して取り付けたリング状の受発信機により配管長手方向に伝播する超音波を発信させ、一度に長距離範囲の配管全面を走査し、減肉（検出精度：最小断面欠損率 10%程度、内外面の区別はできない）の有無を検出できる遠隔検査技術で、アクセス困難な垂直配管や長尺配管に適す。

② パルス渦流磁気検査法

電磁気を利用した渦流磁気検査法の一種で、パルス電流により高い磁界を与えることで保温材を被覆した状態のまま肉厚の減少を測定することができる。ただし内外面の区別はできない。一回の測定はセンサで定まる範囲であり、格子状に測定点を設けることが多い。検査精度は保温材厚さ、外装板の材質、腐食部の形状で定まる。

③ 放射線検査法

放射線源に同位元素を用いてガンマ線を使用する場合とX線源を用いる場合があり、その透過能により適用できる配管肉厚、外径範囲が決まる。

デジタル放射線法（CR, Computed Radiography ともいう）はフィルムの替わりにイメージングプレートという電子媒体に画像を結ばせる方法で、この電子媒体をオフライン（通常は専用車両内のスキャナ）で読み取り、読み取った画像は専用ソフトで肉厚測定し、記録可能である。

リアルタイム放射線法は画像をフラットパネルディテクタ、半導体検出器やカメラまたは線量計により、現場で記録、監視できるもので小型携帯型と自立駆動型がある。

④ 中性子水分計

放射性同位元素により中性子を照射し、保温材中の水分（水素）によって生ずる後方散乱による熱中性子量測定から水分量を予測する。

⑤ 赤外線サーモグラフィ

保温材外装板表面から発する赤外線放射量を赤外線カメラまたはビデオでスキャンすることによって、温度差を色イメージあるいは定量的に識別し、保温材の腐食や水分の存在を予測する。

5.3 スクリーニング検査への適用方法

1） スクリーニング検査への非破壊検査の適用配管

非破壊検査対象は、**4章 4.9** 3）非破壊検査による方法の目的に従って、目視検査のみではわかりにくい箇所、見逃しの危険性が高い配管、目視検査より効率よく検査できる場合に用いる。**5章**ではその検査対象配管に対して非破壊検査技術の特性面より適切な技術の選定と適用推奨箇所の指針を示す。

2） 非破壊検査技術の選定方法

非破壊検査技術はそれぞれ長所、短所があり、適材適所に非破壊検査を選定し適用する。

（1） 使用推奨箇所例

非破壊検査技術の選定と適用箇所は**表 5.2** および**表 5.3** の**非破壊検査技術の種類と特徴および使用推奨箇所(例)と留意点**を参照して行うものとし、具体事例は**解説5**に示す。

(2) 配管のレイアウト形状やサイズによる選択例

配管のレイアウト（3 次元配置形状）は選択の際の判断の鍵となるので以下の考え方を参考に選択するとよい。

(a) 直線配管系：

① 直線部（エルボ１個含む）延長距離が長いレイアウトの配管系は一度に短時間で 数十メートル単位の全面スクリーニング検査ができるガイド波超音波検査法が適する。(オフサイト配管)

② タワー垂直配管および垂直配管を含む架空配管は足場を不要にできるガイド波超音波検査法が適する。

(b) 分岐の多い複雑な配管系のスポットエリア：

① 外径４インチ以上の配管で対象箇所の範囲がほぼ１m 前後の範囲に狭く絞れるならば、減肉評価可能なパルス渦流磁気検査法（ただし、亜鉛鉄板カバー対策機種）の選定ができる。

② 外径４インチ未満の小径管や複雑な分岐やバルブ、フランジ、レジューサー等の部分にはパルス渦流磁気法は不適で放射線検査法が適する。

(c) 小径配管の場合

以下の小径配管に関しては保温材を剥離せず、放射線法検査（基本的にはフィルムまたはデジタル放射線検査法）を用いて直接、定量的減肉の腐食評価に進むことが多い。その理由は、

① 小径配管（外径 2 インチ以下）は補修より取替えの対象となることが多い。

② うす肉であるから漏洩危険性が高いので外面腐食、内面腐食同時に定量的な腐食測定が必要である。

③ 薄肉小径管は余裕肉厚が小さいので保温材を剥離するとそれが引き金となってさび層が取り払われるため、漏洩事故発生につながる可能性が大きい。

などの理由による。

5.4 水分測定の適用方法

水分測定には保温材中水分の検出（中性子水分計）と表面温度（サーモグラフィ）による測定の２つがある。

留意事項は以下のとおりである。

① 直接的に CUI の腐食箇所を検出するものでない。

② 保温材中の水分を半定量的に確認するものであり、測定結果は天候、内部流体等の影響を受ける。

③ 測定結果を直ちに保温材の剥離判断に利用することは避けるべきである。

④ 測定者は専門性を必要とし、経験者が必要である。

表 5.2 非破壊検査技術の種類と特徴および使用推奨箇所(例)と留意点(その1)

NDT	技術分類	特徴	使用を推奨するケース・場所	使用上の留意点
ガイド波超音波検査法	圧電素子(旧世代)	・数10m(条件がよければ片側80m)の配管長を一度に検査でき、長さ方向の位置を予測可能。 ・足場不要にできる場合がある。 ・検査時間が短い。 ・検査できる配管径の範囲が広い(4から48B)。	・高所の配管を足場架設なしに、地上から検査したい。 ・長距離配管を能率よくスクリーニングしたい。 ・埋設部をそのまま検査したい。(距離は短くなる)	・構造変化部の先の検査は困難。(エルボ1個までは可能) ・センサセットに約300mm保温材を外す。 ・隣接配管間隔75mmが必要。 ・欠陥断面積が小さいものは検出できない。(断面欠損率で10%程度まで) ・あばた状全面腐食や割れの検出には適さない
	圧電素子(新世代:フォーカス機能等を備えた機種、解説5参照)	・同上 ・旧世代よりも長距離が検査可能 ・円周方向の欠陥位置が推定可能 ・最小欠陥検出能が向上し見落としが減少(断面欠損率で3%程度) ・配管展開図表示機能の追加、客観評価が容易	・基本的に同上	・基本的に同上
	磁歪式	・圧電素子(旧世代)と同様 ・隣接配管との間隔が狭くても良い	・圧電素子(旧世代)と同様 ・センサを残置し経時変化を求める	・圧電素子(旧世代)と同様(配管間隔は狭くても可)
近距離ガイド波超音波法	EMAT(直流磁化)+SH波	・目視で検査不能な欠陥を検出可能 ・センサは接触媒質不要	・狭隘で目視検査困難な架台等との接触部を詳細に検査したい場合	・センサを接触させるため保温材剥離が必要 ・検査範囲は1-2m程度
	圧電素子+SH波	・目視で検査不能な欠陥を検出可能	・基本的に同上	・基本的に同上
	圧電素子+レイリー波	・基本的に同上	・基本的に同上	・基本的に同上 ・塗装や表面凹凸の影響受ける ・検査範囲は400mm程度

表 5.3 非破壊検査技術の種類と特徴および使用推奨箇所(例)と留意点(その2)

NDT	技術分類	特徴	使用を推奨するケース・場所	使用上の留意点
パルス渦流磁気検査法	従来型	・保温材カバー外面からの非接触検査可能 ・欠陥サイズを層別評価(メッシュ表示) ・放射線のような管理が不要	・ある程度絞込まれた箇所周辺の粗い損傷評価を行い、更に範囲を絞込む場合 ・保温材が比較的薄く、配管径が大きい、大面積損傷に適す	・スチームトレースや配管サポート、配管間隔小などは制約となる ・能率が悪い ・亜鉛鉄板カバーには不適 ・10B以下の中小径管には適さない
	亜鉛鉄板対応型	・基本的に同上 ・亜鉛鉄板外面から検出能力が向上	・基本的に同上	・基本的に同上 (亜鉛鉄板カバーには対応)
デジタル放射線法	イメージングプレート記録	・保温材剥離せずに肉厚測定可能 ・剥離検査に近い検査精度(0.1mm程度) ・内外面の両方の減肉評価が可能 ・フィルム方式に対して記録、解析処理が向上	・対象部位の保温材を剥離せずに損傷評価をしたい場合 ・複雑な分岐がある配管の詳細な検査の場合	・2本並列配管では4重壁となり精度が低下する ・放射線の届出、管理区域等の管理が必要 ・局所的な情報しか与えない ・照射方向によっては見逃しの可能性あり ・中小径管に限られる
リアルタイム放射線	自立またはレール移動型	・マッピング表示可能 ・配管全体の欠陥をスキャンできる	・スクリーニング検査で直管の欠陥分布図を得たい場合	・デジタル放射線より精度低い ・放射線の届出、管理区域等の管理が必要 ・レールの設置が必要 ・機器走行に支障ない直管に限られる
	小型パルスX線	・小型軽量/電池駆動でスポット的な検査に適する	・複雑小径配管のバルブ、ノズル、ゲージ等のスポット的検査用	・放射線の届出、管理区域等の管理が必要 ・接線陰影法のため角度により見逃の可能性あり
	線量計プロフィール型	・小型軽量で管軸/円周方向に手動走査が可能 ・透過線量計測法のため、定量的に肉厚変化を捉えられる	・簡易に小径管の内外面の損傷評価をしたい場合 ・小範囲を連続的にスクリーニングしたい場合	・欧米で使用実績多いが、日本で実績ほとんどない ・放射線の届出、管理区域等の管理が必要

参考資料７

最近の保全技術情報調査報告書

2017年3月

日本メンテナンス工業会
Japan Association of Maintenance and Service Contractors

技術研究委員会

技術研究委員会

委員長	木船　雅富	日揮プラントイノベーション株式会社
副委員長	近藤　康治	新興プランテック株式会社
委員	上野　有世	山九株式会社
委員	荒井　規之	千代田工商株式会社
委員	笹岡　英毅	アズビル株式会社
委員	永井　裕久	ＪＸエンジニアリング株式会社
委員	長澤　英治	横河ソリューションサービス株式会社
アドバイザー	岡田　八郎	千代田工商株式会社
アドバイザー	末松　好勝	非破壊検査株式会社
アドバイザー	松澤　英俊	非破壊検査株式会社

目　　次

はじめに 1

1.断熱材下配管の腐食 スクリーニング検査技術 2
1.1 はじめに 2
1.2 技術の概要 2
(1) 中性子水分計によるスクリーニング 2
(2) 赤外線サーモグラフィによる断熱材状況評価 3
(3) ガイド波によるスクリーニング 3
(4) パルス ET によるスクリーニング 5
(5) FSM-IT (Field Signature Method - Inspection Tool) 6
(6) 放射線によるスクリーニング 6
1.3 プラントメンテナンス分野での期待・効果・応用 7
1.4 今後の課題 9

2.自動遠隔計測などによる温度・音・振動のセンシング 10
2.1 はじめに 10
2.2 設備診断での IoT・ビッグデータ活用の考え方 10
2.3 センシングに関する技術動向と最近の事例 11
(1) 五感による異常検知 11
(2) 画像センシング 12
(3) 音響センシング 13
(4) 振動センシング 13
(5) においセンシング 15
2.4 今後の課題 15

3.現場工事進捗をマスターPC で集中管理する事による工程情報共有化 16
3.1 はじめに 16
3.2 進捗管理システム 16
(1) 目的 16
(2) システムの概要 16
(3) 運用効果 17
3.3 ガスケット管理システム 19
3.4 工事情報共有化データベース 19

3.5 システムの連携.....20
3.6 今後の課題.....20

4.フランジ締付け、溶接補修など将来に継承する仕組み.....22
4.1 はじめに.....22
4.2 フランジ締結体.....22
(1) フランジ締結体の３要素.....22
(2) 管フランジの形状・材質・レイティング.....23
(3) ボルトの種類.....24
(4) ガスケットの種類.....24
4.3 フランジ締付け技術.....25
(1) ボルト締付け力の決め方.....25
(2) フランジボルトの締付け工具と締付け手順.....25
(3) フランジ締結体の補修方法.....26
4.4 フランジに関する維持規格.....26
(1) 日欧米のフランジ維持規格.....26
(2) フランジ締付け作業の訓練と認証資格.....27
4.5 溶接補修に関する維持規格.....28
(1) 設備管理と溶接補修.....28
(2) 溶接補修規格の動向.....29
4.6 溶接補修の重要性.....30
4.7 溶接補修の特徴.....30
4.8 溶接補修検討.....31
4.9 今後の課題.....31

はじめに

国内で稼働中の石油精製及び石油化学プラント設備は高経年化が進み、最近では統計上の事故は増加してはいないが、設備老朽化に起因し重大・死亡事故など大規模事故に繋がりかねない危険性を孕んでいる。また、日本における労働人口の減少と高齢化を背景に、熟練技術者の労働力確保や若手への技術・技能伝承が重要課題となるなど、プラント設備の安全・安定操業に向けた維持管理が困難になりつつある。

これらの現状を鑑み、経済産業省では「高圧ガス保安のスマート化」検討が開始され、そのうちのひとつとして2017年4月より「新認定事業者制度(スーパー認定制度)」が導入されることとなった。本制度はレベルの高い自主保安を実施している設備オーナーに対し、認定取得により定期整備工事(シャットダウン・メンテナンス＝SDM)の周期変更・時期調整の選択が可能となる。これによりSDM時期が集中化している現状からの緩和が期待される一方、運転中に対処しなければならない日常保全工事(デイリー・メンテナンス＝DM)の業務が増加していくと予想される。

技術研究委員会では設備トラブル要因の早期発見やシステム化による作業効率改善、人的保有技術の共有化や継承について最新技術の調査研究を行い、本報告書を取り纏めた。

調査研究テーマ

1．断熱材下配管の腐食 スクリーニング検査技術
2．自動遠隔計測などによる温度・音・振動のセンシング
3．現場工事進捗をマスターPCで集中管理する事による工程情報共有化
4．フランジ締付け、溶接補修など将来に継承する仕組み

1.断熱材下配管の腐食 スクリーニング検査技術

1.1 はじめに

断熱材下の腐食はCUI（Corrosion Under Insulation）と呼ばれ、石油精製，石油化学に限らず、ほぼ全てのプラントで問題となっている。しかし、全ての断熱材を解体して詳細検査を実施するには、対象となる配管が長大であるため、膨大な費用と時間が掛かり現実的ではない。そのため、1次検査（外観点検），スクリーニング検査（NDI），2次検査（詳細検査）など、幾つかのステップに分けて検査を実施し、効率的に網羅性と精度を向上させる努力がなされているが、まだ課題も残る。

最小限の付帯工事(足場、保温工事)で運転中にも実施可能な手法として、これまで様々な検査技術が開発され、一部は既に現場適用がなされ一定の成果を上げているものもあるが、広く適用されるまでには至っていないのが実情である。ここでは、現在 CUI スクリーニング技術として適用されつつある、中性子水分計、赤外線サーモグラフィ、ガイド波、パルスET、FSM-IT、放射線等の技術について、それらの問題点も踏まえ、以下に紹介する。

1.2 技術の概要

(1) 中性子水分計によるスクリーニング

中性子源から放出された高速中性子が、水分中に含まれる水素原子などと衝突すると減速され、エネルギーを失って熱中性子になる現象を利用したものである。この熱中性子を捉えることによって、断熱材中の水分量を測定する。図1.1に中性子水分計の概要を示す。

腐食を直接的に計測する装置ではなく、腐食環境（水分）を評価する装置であり、比較的簡便に計測する事が出来、腐食潜在箇所の推定などに使用される場合が多い。図1.2に断熱材への浸水によって配管に錆が生じた状況を示す。

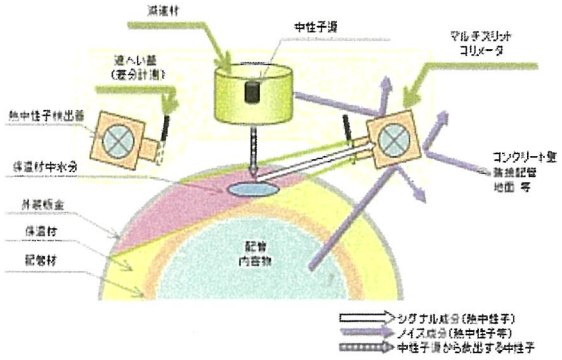


図1.1 中性子水分計の概要 [1)]



図1.2 断熱材への浸水による発錆状況

中性子線源・検出器と表示部が分離されている装置では、伸縮棒などを用いることで、ある程度の高さまでは足場等の付帯工事を行わずに計測することができる。

実際の現場適用では、厳密な浸水量を計測するというよりは、計測された値を指標とし、相対的に異常を抽出することが行われている。水平配管を対象として、相対的な異常抽出を行った事例を図1.3、1.4に示す。



図 1.3 中性子源・検出器の適用状況

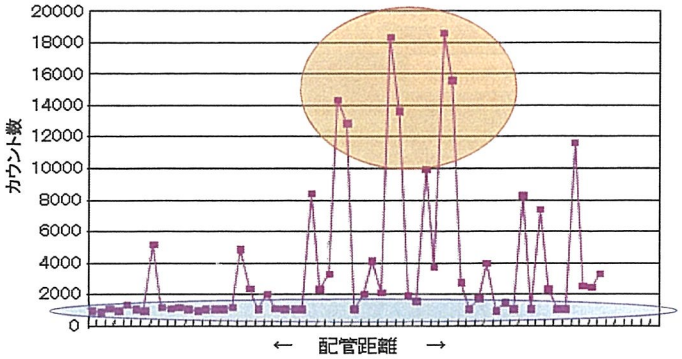


図 1.4 計測値の相対評価事例

(2) 赤外線サーモグラフィによる断熱材状況評価

赤外線サーモグラフィを用い、表面から発する赤外放射量をスキャンして温度差を定量的に識別、ホットスポットやコールドスポットを検出し、断熱材の劣化度合いをスクリーニング検査する手法。本手法も減肉を直接的に捉えるのではないが、断熱材の劣化度合いを評価することにより、潜在的な腐食可能性を推定する手法である。適用例を図 1.5 に示す。

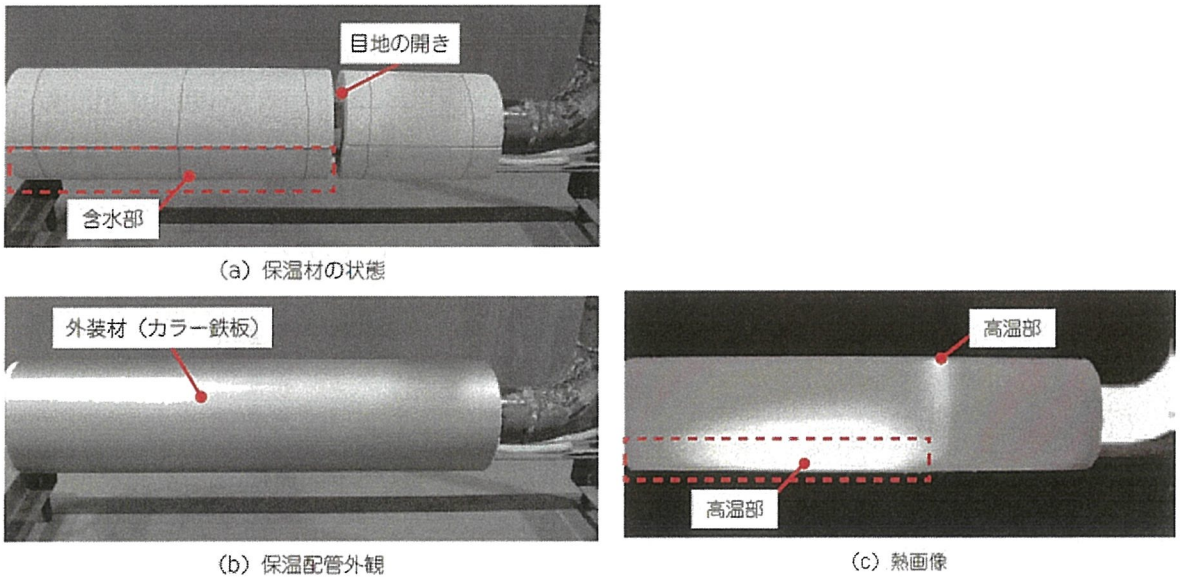
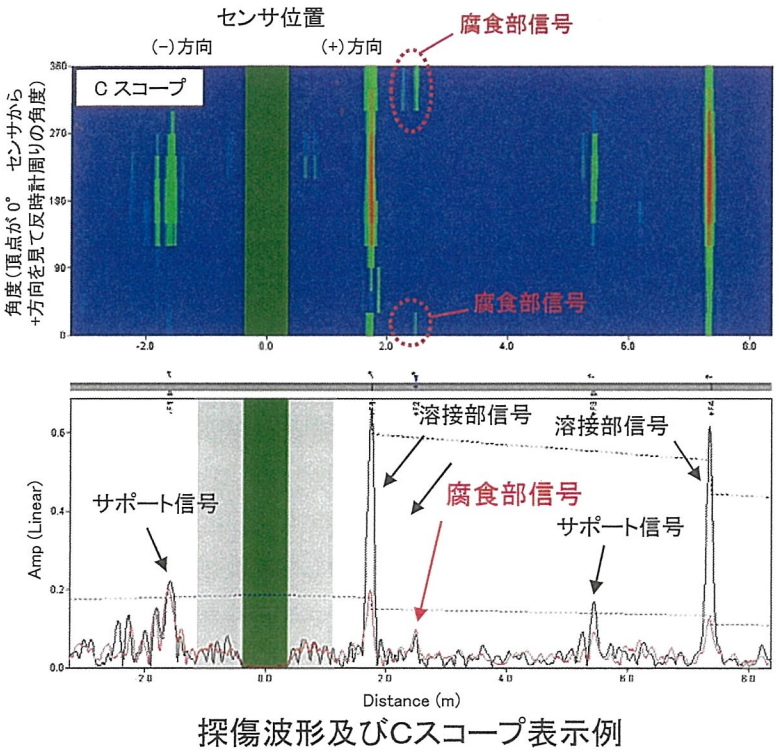


図 1.5 赤外線サーモグラフィ適用事例 [2)]

(3) ガイド波によるスクリーニング

配管全体を伝搬するガイド波を用い、数～数十メートル単位でのスクリーニング検査が可能である。フォーカス機能により、従来の断面欠損率による評価のほか、局所的であるかどうかの評価や周方向位置の特定も可能になってきている。なお、本手法の場合、センサを取り付ける部分の断熱材を解体する必要がある。

適用事例を図 1.6 に示す。一部断熱材を撤去してセンサを取り付け、その両側の 15m の探傷を行い、天側の腐食を検出したものである。





腐食状況
(45Lx35W 2.1d/6.8t　周方向位置:0°付近)



探傷状況
(探傷可能範囲:片側各 15m 程度)

図 1.6 ガイド波によるスクリーニング事例

ガイド波を大きく減衰させる要因がある場合には、探傷有効距離が短くなり、探傷できないこともある。これらは、①防食テープ施工部、②内面に固着したスケール、③当板等の溶接個所、④エルボ等である。内部に固着したスケールの影響により、探傷できなかった事例を図 1.7 に示す。



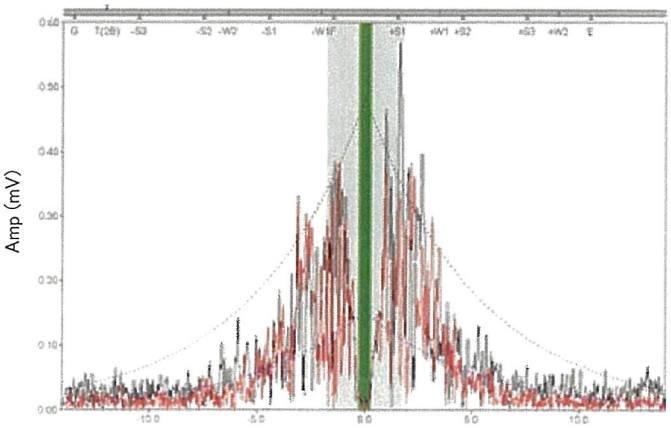


図 1.7 固着したスケールによる探傷不可事例

(4) パルス ET によるスクリーニング

コイルを矩形波で駆動し、金属表面にパルス状の渦電流を発生させる。渦電流は徐々に金属内部に浸透して行き、裏面に到達して急速に減衰する。金属の厚みによって減衰するまでの時間が変化する為、減肉部を捉えることが出来る。図 1.8 にパルス ET の概要を示す。

比較的簡便に検査可能であるが、断熱材が厚いほどセンサを大きくする必要があり、小さな減肉を捉える事が出来なくなる。タワーやスカート耐火被覆下の腐食スクリーニング検査に用いられる場合が多い。CUI に対しては板金（特に強磁性体）の影響を考慮する必要がある。

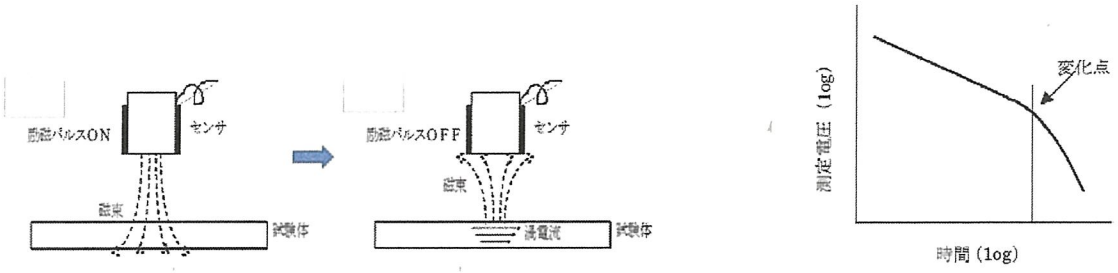


図 1.8 パルス ET の概要

原理的に減肉以外にも、例えば背面側の構造物や、耐火被覆内の鉄筋／金網などの影響も受ける。このため実際の現場適用では、格子状等に多点でデータを採取し、データの分布やばらつきを加味した相対的評価が行われている。

耐火被覆された槽のスカートへの適用事例の一部を図 1.9 に示す。この事例では、200mm 間隔で約 200 点のデータを採取し、一部に相対的な異常部を検出している。

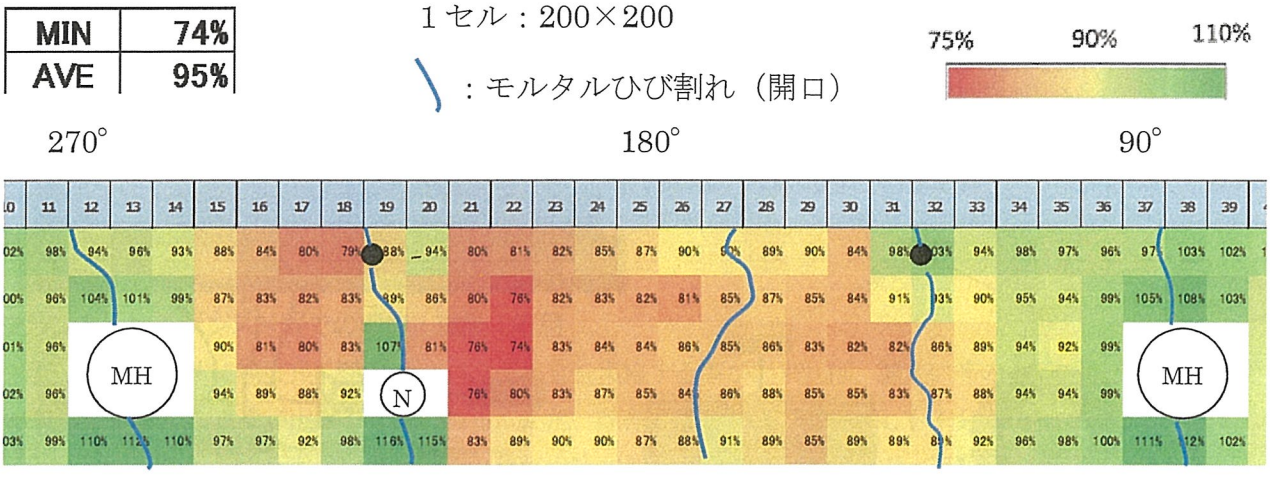


図 1.9 耐火被覆された槽のスカートへの適用事例 [3)]

いまのところ定量的な絶対値評価は難しく、結果を肉厚値として示さずに、相対的なパーセントで評価することが多い。また、国内で広く使われている亜鉛めっき鋼板上からの探傷結果が過小評価傾向を示すとの実験結果などもあり、精度向上に向けた課題もある。これらは現場検証等を通じ改善されつつあり、今後定性的なスクリーニング技術として現場適用が増える可能性がある。

(5) FSM-IT (Field Signature Method - Inspection Tool)

配管に微弱な電流を流し、腐食による断面積変化に伴う抵抗値変化を検出して、腐食量を推定する方法。電力分野では、「機械学会発行 火力発電設備配管減肉管理規定」において、UT の代替手法の一つとして、減肉測定，スクリーニング測定の検査手法として認定されている。本手法もセンサを取り付ける部分の断熱材を解体する必要があり、検査距離が長くなるほど小さな減肉を捉えることが難しくなる。

防油堤貫通部の外面腐食検査に用いられる場合が多く、埋設管の腐食モニタリングなどにも利用されている。その他応用事例として、タンク底板の腐食検査のほか、割れの評価やモニタリングにも利用されている。図 1.10 に防油堤貫通部配管の測定例を示す。

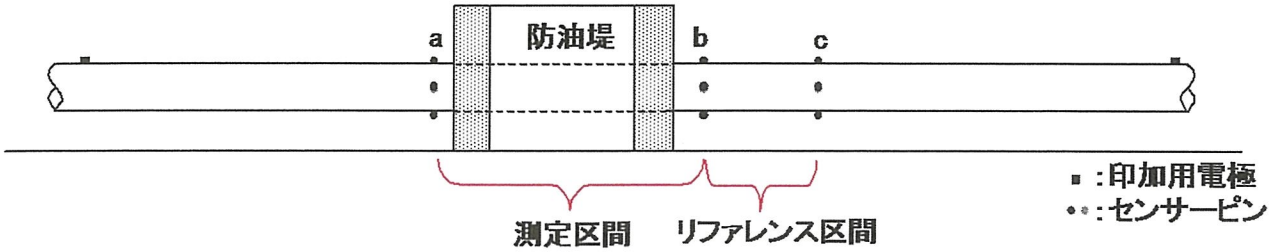


図 1. 10 電流の抵抗値変化を利用した測定例 [4)]

(6) 放射線によるスクリーニング

断熱材を解体することなく、全長に対して検査を実施する。小型ハンディなタイプ（接線投影法）から、配管上を走行するタイプ（ダブルウォール法）まで、大小様々なものが利用されている。他の手法に比べて詳細なデータを取得することが可能であるが、線源出力や検査速度の課題もある。なお最近では、放射線のエネルギーを弁別することにより腐食を定量評価する技術も生まれており、放射線源の多様化や軽量化についても進歩しつつある。

エネルギー弁別タイプの装置概要、装置構成例を図 1.11 に示す。

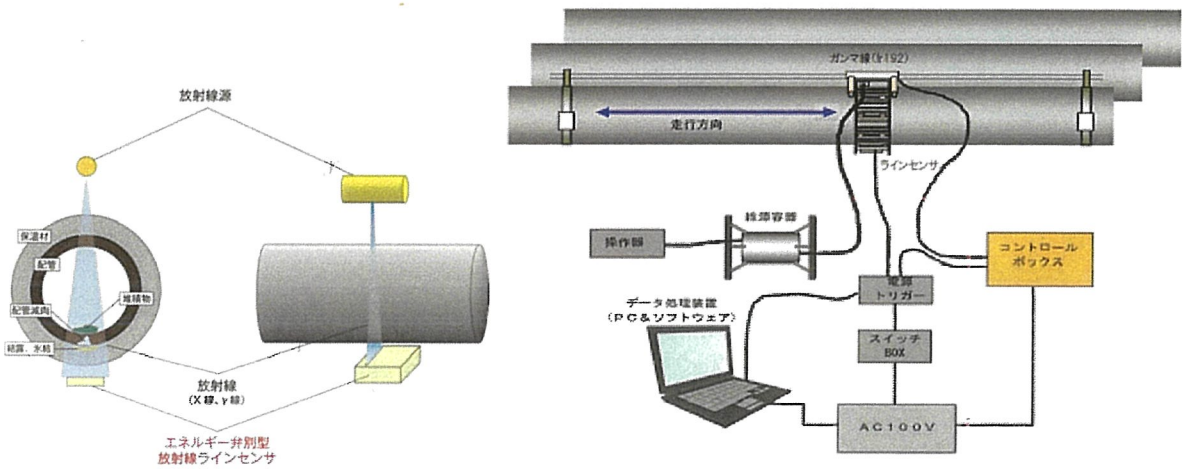


図 1. 11 放射線ラインセンサ装置概要、装置構成

このセンサでは、線質の違いや散乱線を弁別する事が出来る様になっており、内容物や保温冷中の水分，氷などの影響を減少させ、深さ方向（肉厚）の定量性を持てる事が期待されている。これまで、保冷配管や大径管のフィールドテストが実施されているほか、サンプル材を切り出し“錆こぶ”が付いた状態でのテストも行われている。その結果、X線による異なるエネルギー情報を用いる事によって、「腐食大」，「腐食中」，「腐食小」の三段階程度ではあるが、錆こぶの付いた状態でも残肉厚の推定が可能であることが確認された。図 1.12 に検証した例を示す

なお、本検査技術を実際にプラント内で使用するためには、撮影・走行メカの更なる信頼性向上や検査速度の向上が望まれ、継続的なフィールドテストによる改善を図り、実用化されることが期待されている。

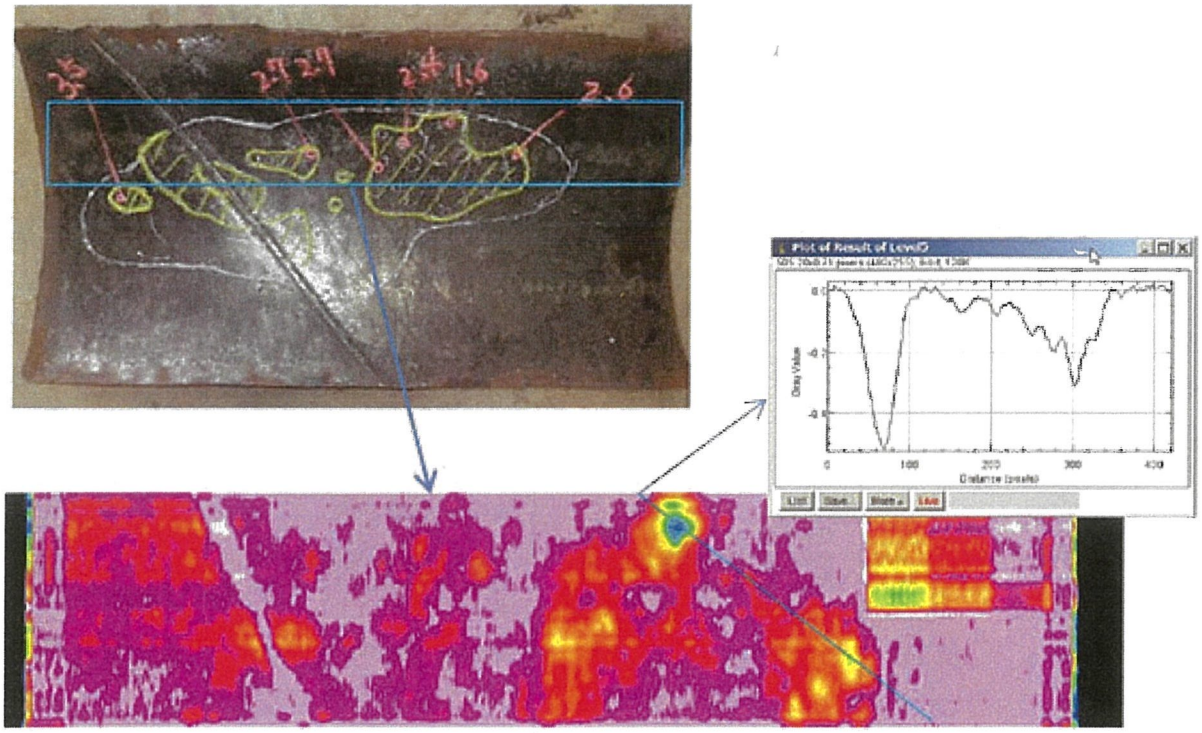


図 1. 12 異なるエネルギー閾値の画像を演算処理した画像 [5)]

1.3 プラントメンテナンス分野での期待・効果・応用

断熱材を解体せずに精度良くスクリーニング検査を実施する事が出来れば、漏えい等のトラブルリスクの低減に大きく貢献する事が出来ると思われる。ただ、既存の検査技術では必ずしも十分な機能ではなく、また適用範囲が限られる場面も多いため、それぞれの特徴や留意点を踏まえた上で、複数の検査手法を組み合わせて適用・評価する事が肝要となる。表 1.1 に、本稿で紹介したスクリーニング検査技術の原理，特徴・利点，留意点をまとめた表を示す。実際には同じ検査手法であっても、各社それぞれ特徴や留意点が異なる場合があり、事前に対象範囲や求める情報レベルを摺り合わせ、入念に計画することが必要となる。

表1.1 各スクリーニング検査技術の一覧表

スクリーニング検査技術	測定原理・対象	特徴・利点	留意点
中性子水分計	・中性子後方散乱を利用し、断熱材中の水分量を予測する手法 ・腐食潜在箇所の推定に利用	・簡便に実施出来る ・検査速度が速く、数mの高さまで地上から検査可能 ・運転中の検査が可能	・水分量と腐食量に直接的な相関がなく、他の手法と組み合わせて評価する必要あり ・約5m以上（ポールの長さ以上）は足場が必要 ・天候により結果が左右される場合がある
赤外線サーモグラフィ	・外表面の温度を測定し、断熱材の劣化部を検出する手法 ・腐食潜在箇所の推定に利用	・短時間に広範囲の測定が出来る ・防爆タイプの測定器もあり、常時監視も可能 ・運転中の検査が可能	・断熱材劣化部と腐食量に直接的な相関がなく、他の手法と組み合わせて評価する必要あり ・天候により結果が左右される場合がある
ガイド波	・配管全体を伝搬するガイド波を用い、長距離を検査する手法	・条件により、一度に数十mの検査が可能 ・運転中の検査が可能（一部断熱材の解体要） ・フォーカス機能により局部的であるかどうかの評価や周方向位置の特定も可能になって来ている	・センサ取付部の断熱材解体が必要 ・構造変化部のほか、防食テープ施工部，固着スケール等により探傷出来ない場合もある ・局部的な減肉に対し過小評価の恐れがある
パルスＥＴ	・金属表面にパルス状の渦電流を発生させ減衰時間変化を測定し、減肉を推定する手法	・比較的簡便に実施可能 ・運転中の検査が可能 ・塔槽スカート耐火被覆下の腐食減肉推定に利用される事が多い ・運転中の検査が可能	・断熱材が厚くなるとセンサ径を大きくする必要があり、精度が落ちる ・外装板が亜鉛鉄板の場合は、小さな減肉を捉える事が難しく、配管CUIへの適用が困難 ・耐火被覆内の鉄筋，金網などの影響も受ける ・相対評価のため全面均一減肉の検出は困難 ・局部的な減肉に対し過小評価の恐れがある
FSM-IT	・直流パルス電流を印加して電位差を測定し、断面積減少による抵抗値変化を捉え、腐食量を推定する手法	・防油堤や埋設管などでも利用される場合が多い ・運転中の検査が可能（電流による危険性はない） ・割れの評価，モニタリングも可能	・センサ取付部の断熱材解体が必要 ・局部的な減肉に対し過小評価の恐れがある
放射線	X線やガンマ線を利用して検査する手法 ハンディタイプ ・小型可搬式の線源を用いて画像取得、もしくは断面プロファイルを取得し、肉厚を計測する手法 自走式センサータイプ ・線源およびセンサを自走メカに組み込み、配管上を走行して連続的に撮影、濃度差を利用して残肉厚を推定する手法	定量評価が可能で、詳細検査に近い結果も得られるものもある ハンディタイプ ・小型軽量で定量評価が可能 ・運転中の検査が可能 自走式センサータイプ ・マッピング表示可能 ・運転中の検査が可能 ・水分や錆こぶがあっても評価出来つつある	放射線の届出や管理区域の設定が必要 ハンディタイプ ・小口径のみ適用可能 ・方向を変えて複数回測定する必要がある ・一度に測定出来る範囲が限定的 自走式センサタイプ ・現状、直管部のみ適用可 ・センサ幅が限られるため、周方向のデータを得るためには複数回測定する必要がある ・検査速度の向上が望まれる

1.4 今後の課題

ある程度広い範囲を効率良く、且つ精度の高いスクリーニング検査技術が要求されているが、現状全ての要求を満たす検査技術は存在していない。プラントオーナーサイドからは、腐食程度の大中小の判別を信頼性良く、例えば喫緊に対応が必要な箇所，今年度中に対応すれば良い箇所，次年度以降の予算で対応可能な箇所など、優先順位を付けられるような結果が欲しいという要望も寄せられており、今後これらの要望に応えられるような技術が求められる。

今回紹介した技術以外、例えば海外でも新規技術が研究開発されており、国内で研究開発中の技術と合わせ、デモやフィールドテストを継続的に実施していくことによって新規技術を積極的に取り入れ、また適用範囲を広げていくことによって、プラントの安定操業に寄与出来ることを期待する。

【参考文献】

1) ㈱日立パワーソリューションズHP
2) ニチアス技術時報No. 363 (2013年4月)
3) JSNDI保守検査部門ミニシンポジウム、非破壊検査㈱ 発表原稿 (2016年11月)
4) ㈱アトラスHP
5) 石油学会装置討論会、日本非破壊検査㈱殿 発表資料 (2016年12月)

2.自動遠隔計測などによる温度・音・振動のセンシング

2.1 はじめに

日本の製造業が直面している問題として、労働人口の減少と高年齢化、高いエネルギーコスト、グローバル競争の激化などが挙げられ、更なる生産性の向上が課題となっている。最近になり、経済産業省はこの日本の装置産業が抱える問題の解決策として「自主保安規制の高度化」を打ち出し、IoT（Internet of Things）・ビッグデータ解析活用を提唱している。今回は、設備管理の中核である設備診断での IoT・ビッグデータ活用の考え方について述べ、設備診断データのセンシング技術について紹介する。

2.2 設備診断での IoT・ビッグデータ活用の考え方

設備診断の目的は、設備異常の予兆を捉えて故障が発生する前に適切な処置がとれるようにすることである。ポイントは的確な診断を行うために、出来るだけ多くの診断データを適切な方法と位置でタイムリーに取得することである。しかしながら従来は、人が設備の設置場所まで行って診断データを測定する必要があり、その労力からデータ取得数や取得周期に限界があった。最近になり、センシング、通信、解析などの技術の飛躍的な発展により IoT・ビッグデータ活用が現実的なものとなり、設備診断の分野においても診断精度の向上や診断作業の省力化を目的として活用が検討されている。

IoT・ビッグデータを活用するためのデータ（情報）の流れを示すシステムを図 2.1 に示す[1]。このシステムは、プラント自動運転制御のために配置された計装機器から得られた制御用データ（ミッションクリティカルデータ）の流れ（内側緑色のループ）と設備診断のためにプラントを構成する設備・機器に取り付けられた監視・解析用データ（IoT データ）の流れ（外側オレンジ色のループ）で構成されている。これらのループから得られたデータを有機的に統合し分析・解析を行うことにより、有用な情報を導き出し高度な診断やアクションが行えることを示した概念図である。IoT データの流れは、具体的には以下の 4 つの工程により実現される。

①センシング工程

プラントの対象機器に各種センサを適所に多数取り付け、診断データをリアルタイムで検知する。

②データ収集・蓄積工程

各機器・各センサから取得した診断データを、次工程で利用しやすいように整理・集約して蓄積する。

③データ分析・解析工程

収集した診断データをビッグデータとして解析し、設備診断を行うために有用な情報に落とし込む。

④高度意思決定・アクション工程

得られた情報をもとに的確な意思決定を行うとともに迅速にアクションを行う。（人が実施するものもあれば、自動的に行われるものもある。）

本 IoT・ビッグデータ活用システムでは、それぞれの工程がシームレスに繋がり、解析によって得られた診断結果を現場にフィードバックして効率的かつ確実なアクションに活かすことが重要である。

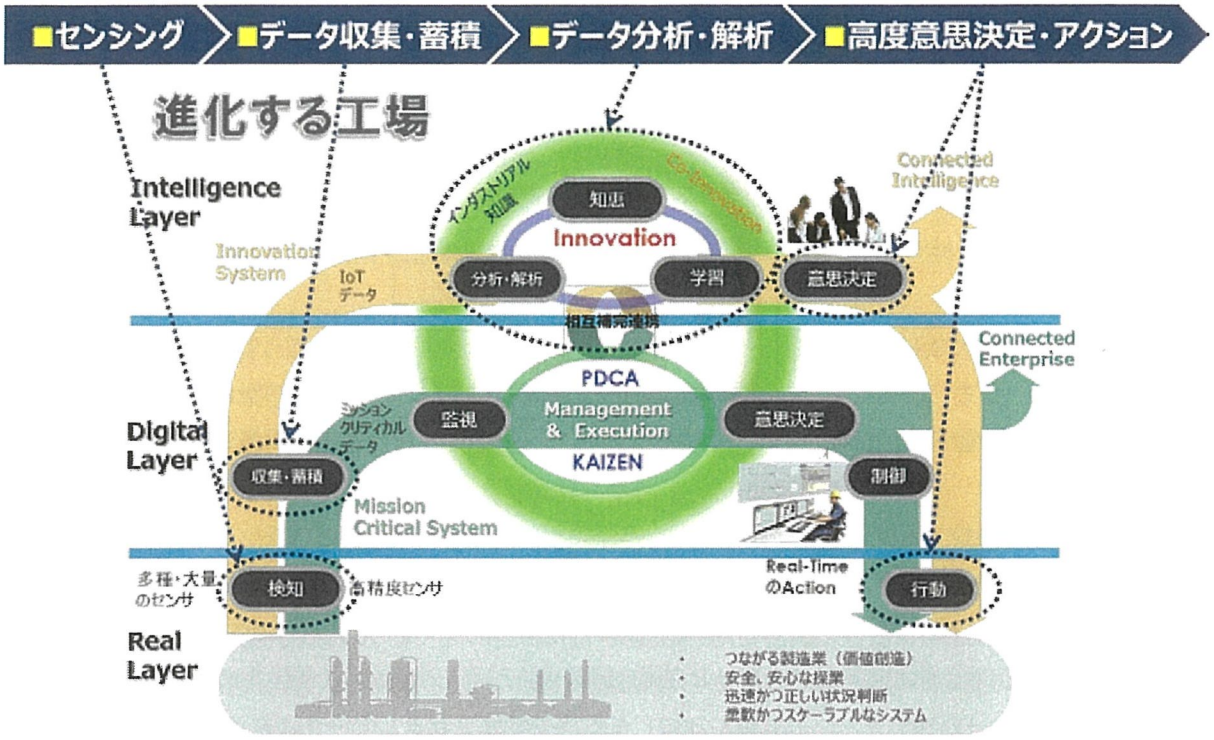


図 2.1　IoT・ビッグデータ活用システム

2.3 センシングに関する技術動向と最近の事例

ここでは、上記 IoT データシステムのセンシング工程で活用できる自動遠隔計測などによる設備診断データのセンシング技術について紹介する。

(1) 五感による異常検知

設備の状態を把握するために、これまでは人による日々の目視と聴音を中心とした五感と経験による点検が行われてきたが、五感や経験に頼った設備診断は人に依存する部分が強く、個人差が大きい。

また設備の老朽化による事故リスクの高まりや、ベテランの減少による暗黙知の消失など、さまざまな課題を抱える中、設備の状態を定量的に把握し、適切な処置へつなげるための設備診断技術に対する期待が高まっている。

人がプラント設備の異常を発見する場合、図 2.2 に示すように五感、特に視覚、聴覚、触覚を利用している。これを自動遠隔計測により代替する場合は、それぞれ画像、音響、振動、においセンシングなどを活用することになる。各種センシングによる設備の状態を評価する方法としては主に以下の３通りがあり、各々に管理基準を規格値や過去データをベースに設定し評価する。

①絶対評価：対象設備単独で測定時の値から定量的に判断する

②相互評価：同種・同類、運転状況・設置環境が概ね同じ複数の設備を相互比較により判断する

③相対評価：対象設備の劣化進行状況を監視し、初期からの状態変化度合いにより故障発生を予測する

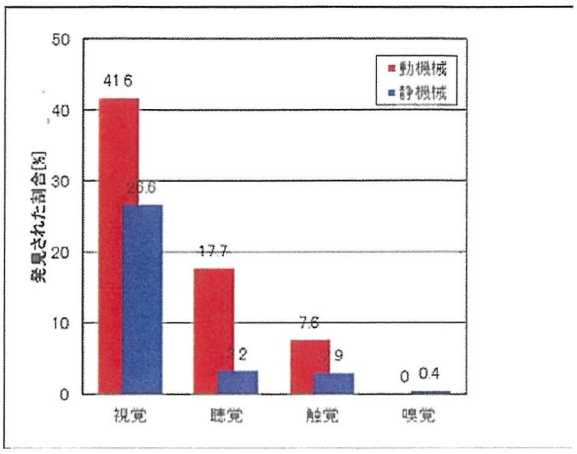


図 2.2 設備の異常発見分類 [2)]

(2) 画像センシング

図 2.2 に示したように設備の異常発見が動機械・静機械合わせて約 70%ある視覚を模した画像センシングは、非接触での測定が可能であることから自動遠隔計測において設備の状態監視等に広く利用されている。また人の視覚では検知できない赤外線を利用した画像センシングも、図 2.3 に示す赤外線画像の温度分布変化を捉える温度モニタリング等に活用されている。

すべての物体は、赤外線を放射している。物体から放射される赤外線エネルギーはその物体の絶対温度の４乗に比例することを利用し、赤外線エネルギーの量を測定するカメラ（サーモグラフィ）により、物体から発する赤外線エネルギーを可視化し温度として計測する。サーモグラフィのセンサは、人が見ることのできる可視領域よりも波長が長い領域の光である赤外線を検知し、温度変化による赤外線エネルギー量の変化を抵抗値や起電力の物理量変化に変換して電気信号として出力している。この出力をサーモグラフィは温度分布として表示している。

図 2.3 はモータの異常発熱の例であるが、画像の暗い部分ほど温度が低く、赤から白へと変化するにつれ温度が高くなることを示している。設備の温度分布は、その時の状態を表し、特に異常部位において温度が高くなる。通常状態で安定した設備における温度分布が異常状態を示す温度分布に変化する傾向を監視することで設備異常の早期発見につながる。

サーモグラフィを利用した設備の異常監視は、回転機といった動機械だけでなく、配管等の静機械や電気設備に対しても適用でき、広範囲な設備を対象とすることができる。



図 2.3　設備の熱画像センシング

(3) 音響センシング

人の聴覚機能を模した音響センシングは機械から発する音を計測用マイクロフォンなどで測定し、信号処理を行い診断する方法である。

人は設備の音により異変をいち早く感じ取ることがあるが、これは、さまざまな重なり合った音の中から聞きたい音だけを聴くという、人が保有する能力を経験により高めているためである。図 2.2 に示したように、動機械・静機械合わせて聴覚による異常発見が約 20%あり、聴覚も重要な役割を示していると考えられる。

図 2.4 に示す、集音と遮音の効果を兼ね備えたパラボラ集音器を可聴音や超音波のセンサと組み合わせて人の検知能力に迫る超指向性集音センシングを設備の状態監視に用いた例がある。また、多くの回転機等の動機械は近づいて点検作業するのが危険な場合があり，非接触での作業が可能な音響センシングは、１次診断として大いに期待されている。

パラボラ集音器は、その独特な深絞り型の放物線形状により音響レンズ（集音）効果と遮音効果を同時に持ち、パラボラの正面の感度を高め監視対象設備の音のみを効率よく集音することを可能としている。パラボラ集音器を使用することで、周囲の環境騒音の影響を極力低減し対象エリアの音のみを集音することが可能となる。具体的には、図 2.5 に示すように対象設備の音を 1m離れた位置から集音する場合、2.5m離れて隣接する設備の音は、約 10 分の 1 以下に低減される。

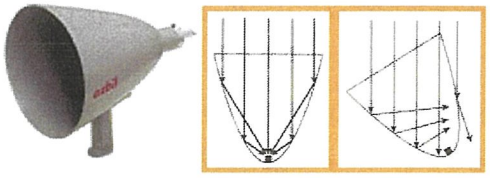


図 2.4　パラボラ集音器と集音（音響レンズ）効果・遮音効果

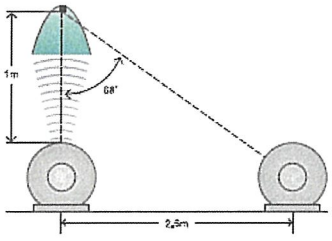


図 2.5　パラボラ集音器の効果

(4) 振動センシング

回転機械の振動は、プラント設備の異常要因の約 4 割を占めるとも言われ、振動センシングは設備診断において中核的位置づけとなっている。従来のハンディータイプの振動測定器を用いた巡回点検作業では、安全カバーの取り外しの手間や高所にあるモータへのアクセスといった作業効率の問題、更に回転体近傍での測定作業における安全確保など、様々な問題を抱えていた。このような背景とともに、回転機械の異常予兆の検知など診断精度向上を目的とした常時監視のニーズが高まり、自動遠隔計測の技術が開発され広範囲に活用されつつある。

上記に示した作業効率改善および安全性向上の観点では、図 2.6 に示したような無線式振動データ収集システム（ROUNDCHECK） [3]がある。このシステムでは振動センサを予め回転機械に設置しておき、巡回点検中に「データ収集端末」を携帯してセンサ端末の 5m 以内に近づくだけで振動データを収集することができるので、毎日手軽に振動測定ができるという特長がある。更に、収集されたデータは後に「データ管理 PC」に「データ収集端末」を USB 接続してデータをアップロードすれば、回転機械ごとの傾向管理が可能となるシステムである。振動データを収集するための無線は、用途目的から比較的近距離データ通信で用いられる汎用の 2.4GHz を使用している。

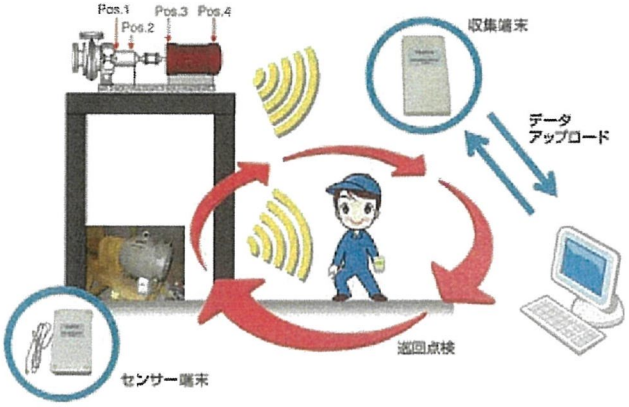


図 2.6　無線式振動データ収集システム（ROUNDCHECK）

一方、回転機械の常時監視や異常予兆の検知などを狙いとした振動センサとしては、フィールド無線規格 ISA100　WirelessTM*）準拠のフィールド無線用振動センサ（図 2.7）がある。このセンサは高速データ更新周期と長電池寿命を両立させたことを特徴としている。データ更新周期は最短で 10 秒であり、十分にプラント回転機械の常時監視に適していると考えられる。また、電池寿命に関してはデータ更新周期が 1 分の場合は電池交換が 10 年間不要で、電池のコストと保守の工数を抑えることができる。更に、本質安全防爆であり、石油精製・石油化学といった業種の防爆エリアにも適用できることが特徴となっている。

*) ISA100　WIRELESSTM：ISA が推進するインダストリアル・オートメーション用無線通信規格 ISA100.11A に基づく通信技術とそれを実現するアプリケーション

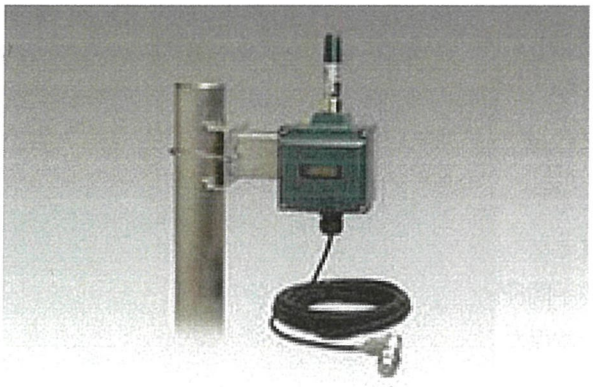


図 2.7　振動センサ [4]

(5) においセンシング

人の嗅覚は、本能と密接に関わることから危機回避のためにも重要とされている。人のにおいを検知する仕組みは複雑で不明な点が未だ多くあり、嗅覚を模したセンシングはオフライン型や研究段階のものが多い中、酸化物半導体方式を原理としたにおい検知器[5]は、悪臭物質や揮発性有機物質の漏れ・流出の常時監視に利用されている。

2.4 今後の課題

このように自動遠隔計測による人間の五感を代替えする各種センシング技術が開発され、IoT・ビッグデータ活用による設備診断が現実のものとなりつつあるが、今後は図 2.1 IoT・ビッグデータ活用システムで示したように、これらのデータを収集・蓄積をした上で設備異常の予兆を見極めるデータ分析・解析の技術進化、具体的には機械学習や人工知能（AI）などの技術が診断精度およびコストの観点で実用レベルにまで向上することが課題となっている。

【参考文献】

1) 公益社団法人 石油学会　京都大会，講演会要旨資料（2016 年 11 月）
2) 検査技術 2010 年 4 月号
3) 富士フイルムエンジニアリング㈱ホームページ
4) 横河電機㈱ホームページ
5) 旭化成テクノシステム㈱ホームページ

3.現場工事進捗をマスターPC で集中管理する事による工程情報共有化

3.1 はじめに

石油精製、石油化学プラント設備における保全作業のうち、プラントの定期保全修理作業(以下 SDM)では工事遂行のため、施工会社と元請会社、顧客と元請会社の情報共有が必要であるが、短期間で多数の業者が同時に業務を遂行する為、情報を共有化することが困難である。この問題点を解決する方法の一つとして ICT が利用されている。メンテナンス業務を請け負う一部の企業では情報共有と業務効率化に向けた ICT 活用を推進しており、工事の計画から検収までの情報を集中管理し、実績やノウハウを蓄積するデータベースを開発している。本稿ではそれらの中で代表的なシステムである進捗管理システムを中心に、関連するシステムの概要を紹介する。

3.2 進捗管理システム

(1) 目的

工事進捗を集中管理する主な目的として 3 点挙げられる。

①工事の進捗状況を関係者は誰でもどこでも確認出来る

②タイムリーで正確な情報伝達が行える

③担当者の業務量を軽減出来る

これらの目的を達成する方法として ICT を利用した進捗管理システムが用いられている。

(2) システムの概要

本システムでは個々の担当者の行っている工事進捗状況を、パソコン、モバイル端末などを用いてデータベースで管理し、集計・見える化をしたものである。従来の紙面の管理では進捗状況を工程会議室等の限られた場所でしか確認できなかったが、ICT を利用した進捗システムでは紙面とは異なり、施工関係者はインターネットを介して事務所の PC やモバイル端末(スマホやタブレット)で場所を問わず確認することができる。システムによる進捗情報を図 3.1 に示す。

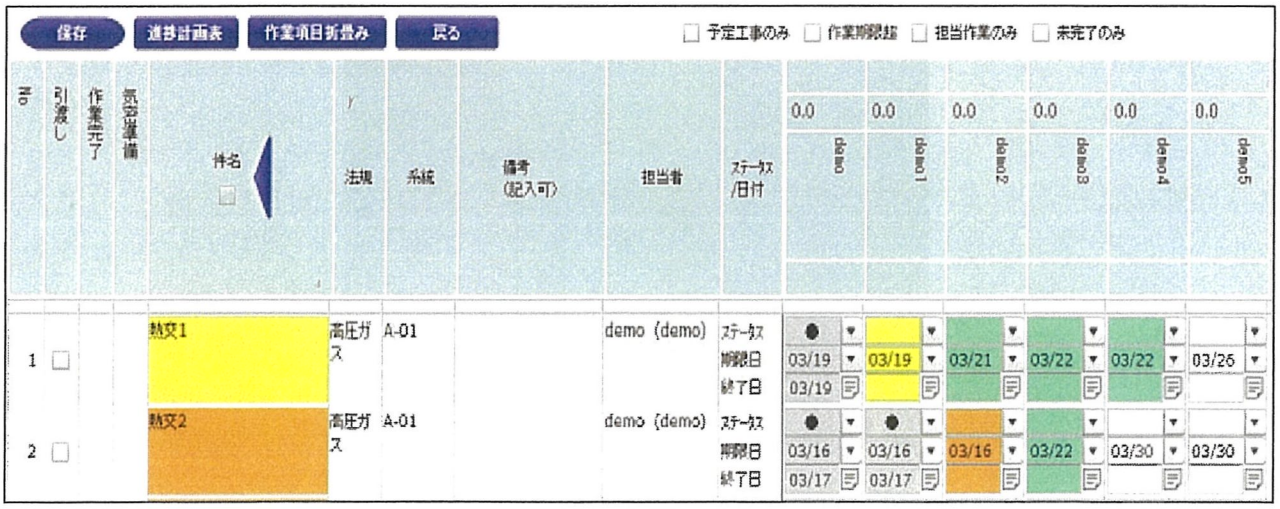


図 3.1　進捗情報画面の一例

また遅延している工事を見える化する為、工事の進捗率を数値化し工程のキャッチアップが必要な工事をピックアップするなどのサポート機能を有している。工程情報を一元管理することで工事がどこまで終了しているか、また遅れている作業は何かを明確にでき、全体工程の把握を容易にすることが可能である。

(3) 運用効果

①工程情報の確認

機器毎の進捗は図 3.1 の進捗情報を元に進捗管理を行っている。全体の進捗は進捗グラフと全工事リストを出力し、計画と実績の進捗率差分が大きいものから工程のキャッチアップを行うことを可能としている。進捗グラフの例を図 3.2 に示す。

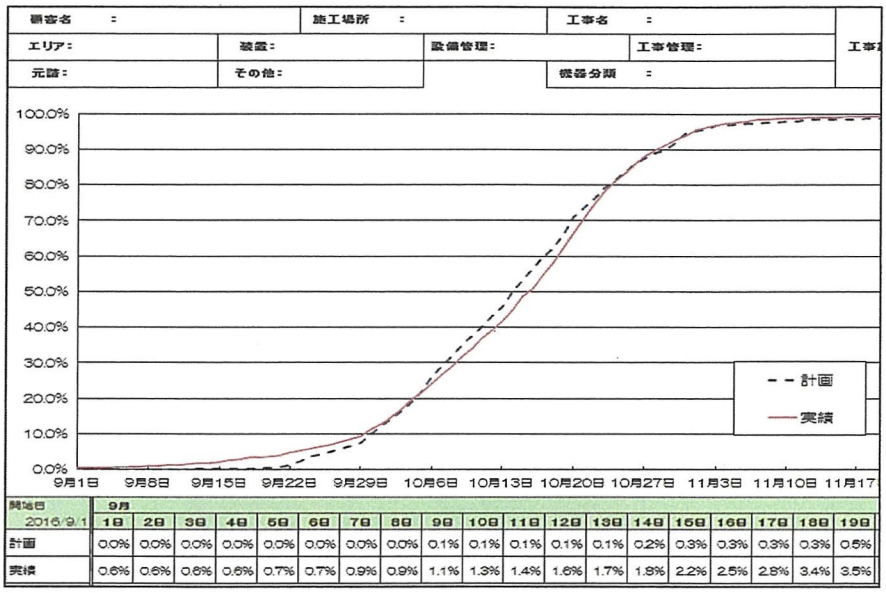
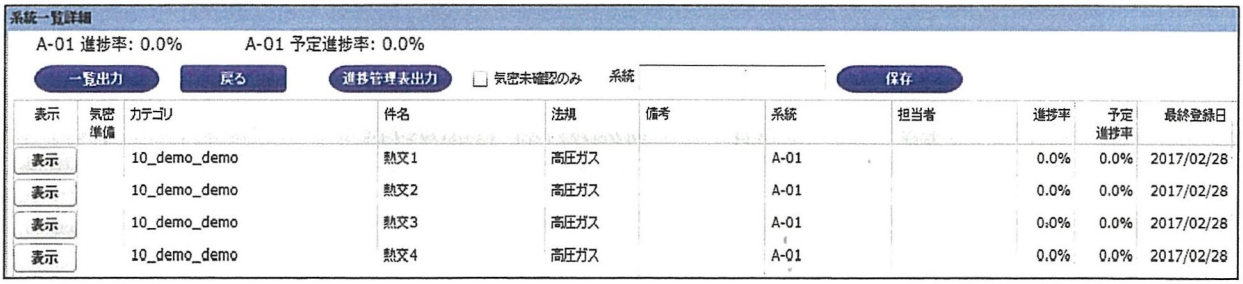


図 3.2　進捗グラフ

②系統の進捗　　確認

図 3.1 の進捗情報入力画面では機器毎の進捗を見る為に使用しているが、機器を系統別にソートし総合気密テストの可否を一覧で出力する機能を設けている(図 3.3)。この一覧表を用いて日々の工程会議にて系統別に進捗状況を確認し、同系統でどの機器が遅れているのか、また遅れの程度によってはテストのリスケジュールを行うことができテスト工程に柔軟に対応することができる。



表示	気密準備	カテゴリ	件名	法規	備考	系統	担当者	進捗率	予定進捗率	最終登録日
表示		10_demo_demo	熱交1	高圧ガス		A-01		0.0%	0.0%	2017/02/28
表示		10_demo_demo	熱交2	高圧ガス		A-01		0.0%	0.0%	2017/02/28
表示		10_demo_demo	熱交3	高圧ガス		A-01		0.0%	0.0%	2017/02/28
表示		10_demo_demo	熱交4	高圧ガス		A-01		0.0%	0.0%	2017/02/28

図 3.3　系統情報一覧画面

③作業担当者の確認、承認作業の自動連絡

システムへ進捗を入力する際に、ログインユーザーを作業担当者として自動的に登録することで作業を行った作業員(または監督者)をトレースできるように設定されている。担当者を登録することで次回 SDM 工事の際、誰が担当したのか即座に確認することができ、現場作業の注意点等を連絡・確認することができる。

また顧客設備保全課や運転課の承認が必要な作業では自動的に承認依頼メールを送信し現場で担当者を探すことや、電話連絡の不通による情報伝達遅れ、忘れを防止している(図 3.4)。

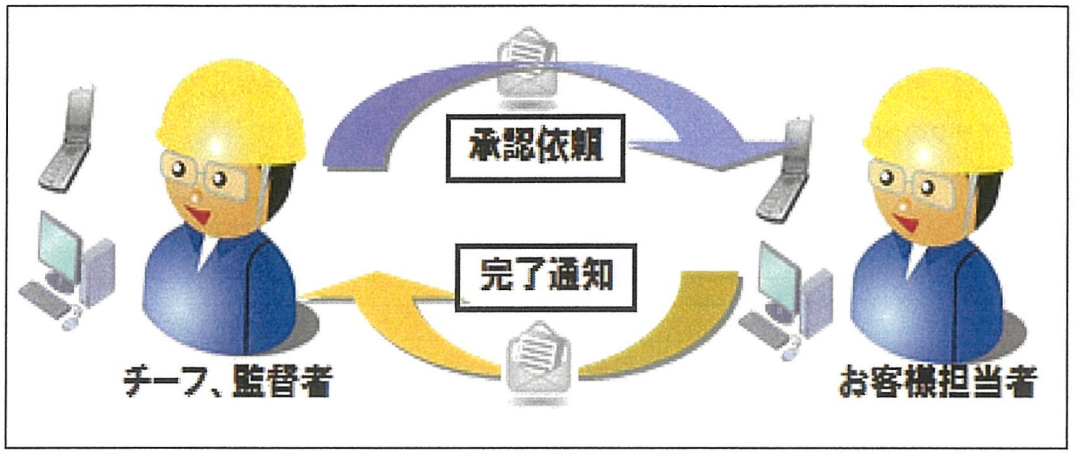


図 3.4　依頼と承認の連絡フロー

④実績工程表の出力

システム画面で入力した情報を工程管理ツールに変換し実績の工程表の出力を行っている。この機能により工事終了後に報告資料として実績工程表を作成する業務負荷を低減し、効率化を行っている。図 3.5 に実際に出力したデータの例を示す。

	タスク名	期間	開始日	終了日
1	10E-***	74日	16/09/09 (金)	16/11/21 (月)
2	事前	17日	16/09/09 (金)	16/09/25 (日)
3	外部足場	1日	16/09/09 (金)	16/09/09 (金)
4	保温取外	4日	16/09/22 (木)	16/09/25 (日)
5	BP挿入	1日	16/09/22 (木)	16/09/22 (木)
6	開放	5日	16/09/23 (金)	16/09/27 (火)
7	開放	3日	16/09/23 (金)	16/09/25 (日)
8	TB抜出	1日	16/09/27 (火)	16/09/27 (火)
9	入槽許可	2日	16/09/28 (水)	16/09/29 (木)
10	入槽許可確認	2日	16/09/28 (水)	16/09/29 (木)
11	清掃	1日	16/09/26 (月)	16/09/26 (月)
12	カバー類清掃	1日	16/09/26 (月)	16/09/26 (月)
13	場所	1日	16/09/27 (火)	16/09/27 (火)
14	製油1 JET場	1日	16/09/27 (火)	16/09/27 (火)
15	清掃	1日	16/09/28 (水)	16/09/28 (水)
16	JET洗浄	1日	16/09/28 (水)	16/09/28 (水)

図 3.5　実績工程表

3.3 ガスケット管理システム

ガスケット管理システムは積算時に登録した資材情報を基にガスケット管理台帳(図 3.6)を作成し、各ガスケットに機器情報をひも付けしている。この情報をもとに倉庫で保管するガスケットと開放箇所に添付する開放箇所表示札(図 3.7)のそれぞれに 2 次元バーコードを印字し、両者を取付時にスキャンすることで、適正なガスケットが挿入されているかチェックすることを可能にした。

このシステムの活用により発注リスト作成、受入・払出管理台帳としての利用、2 次元バーコードによる照合確認やトレーサビリティ確保、資材台帳として次回工事での使用を期待している。

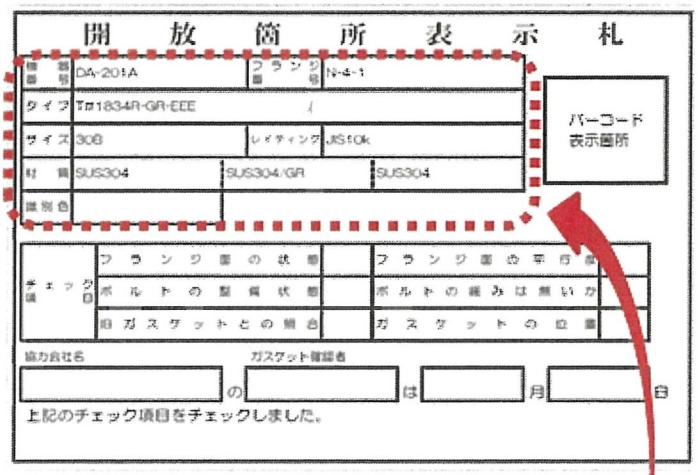


図 3.7 開放箇所表示札

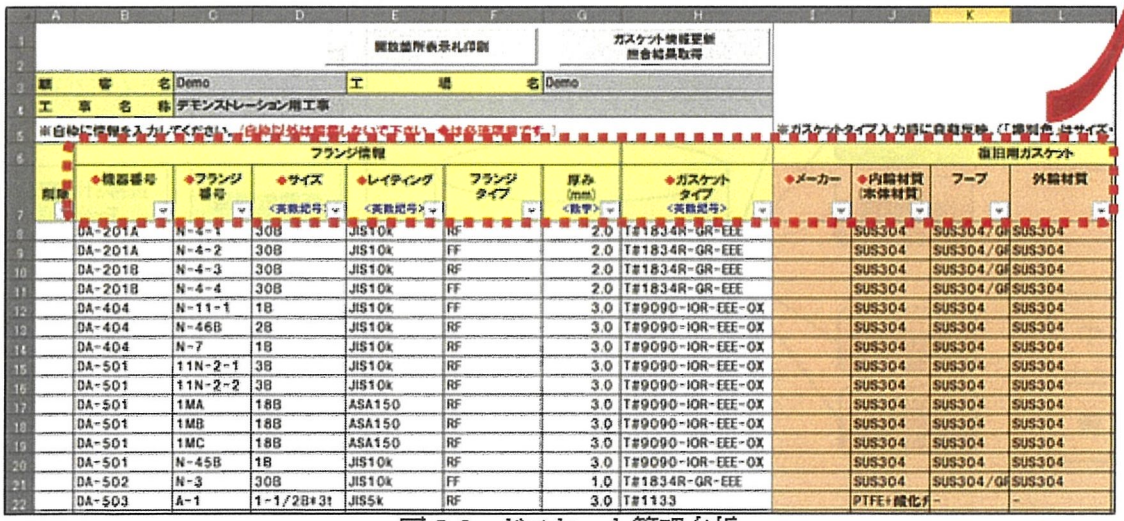


図 3.6 ガスケット管理台帳

3.4 工事情報共有化データベース

近年のメンテナンス業界においては、高度経済成長期にプラントの操業・保全を牽引していた熟年社員層の引退があり、現場経験が少ない若手社員が増加傾向にあり、技術の継承、技術力の低下が問題視されている。こうした問題に対処する為には熟年層で蓄積した現場技術のノウハウの伝承が不可欠である。

また、メンテナンス現場ではメンテナンス施工会社への要求も高くなり、顧客への提案型メンテナンスの

要求が高まっている。

これなどの課題にこたえるために、現場での補修記録や試験、検査方法を蓄積し、簡単に現場で活用できることがポイントとなってきている。これに対応するため、現場記録の他、施工標準、特殊施工事例、WPS(溶接施工要領書)など施工に必要な情報をデータベースに集約し、現場での課題に対してデータベースを検索することで、類似事例や補修内容をいつでも確認でき、施工品質と安全性を担保しながら、顧客へのタイムリーな提案や、若手技術者は少ない現場経験をデータベースで補うことが期待できるため、メンテナンス会社のノウハウをデータベース化して、活用できるようにしている。

3.5 システムの連携

以上紹介してきたシステムの中で、進捗管理システムとガスケット管理システムは、同じデータベースの情報を活用することができ、将来的に多くの帳票を自動出力させることが可能となる。

具体的には、顧客より発行された仕様書情報をデータベースに登録し、外注工事仕様書、テストフロー図、ガスケット管理台帳、開放箇所表示札を作成する。また進捗管理システムへのデータを用い、円滑で効率的な工事計画・施工管理業務を可能としている。

担当者の手書きなどによる転記作業や、負担の軽減を図るとともにデータベースに蓄積したデータを次回SDM に向け再活用し、そのノウハウを蓄積していくことも可能となってくる。これらのシステム使用時の利用体系イメージを図 3.8 に示す。

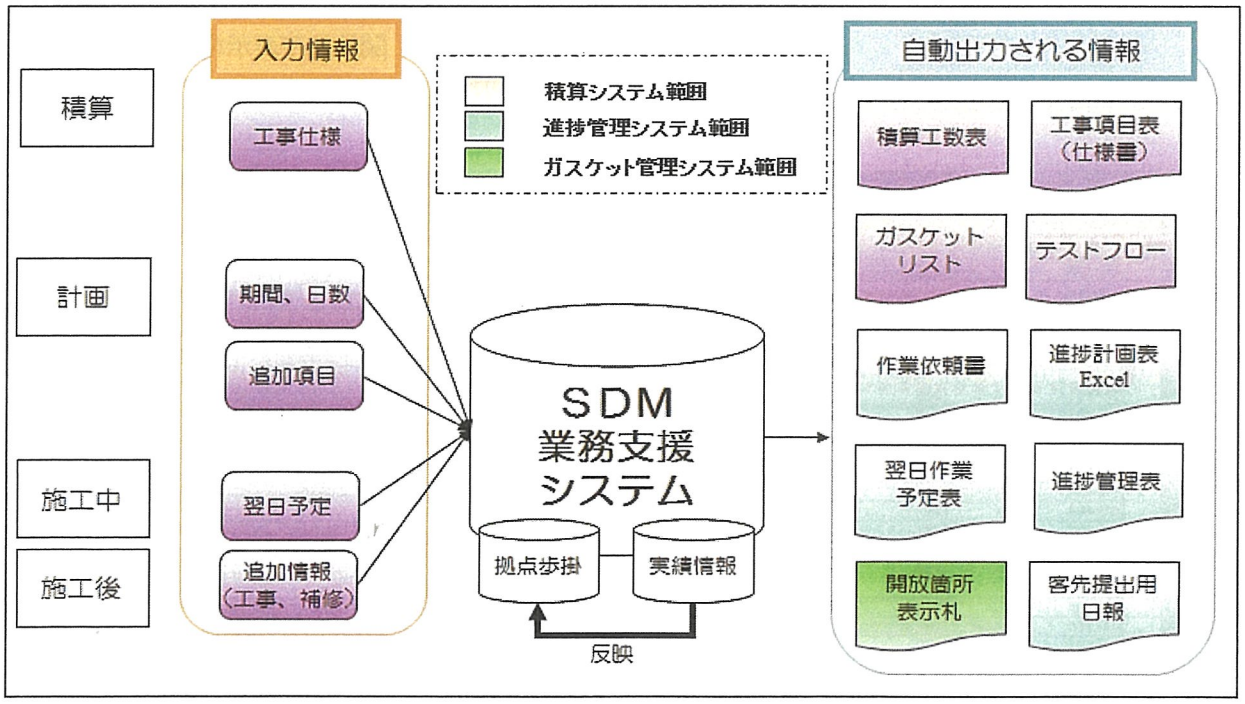


図 3.8　システム利用体系

3.6 今後の課題

ICT 化を進めるためは、多くの現場で使えるように、システムを出来るだけ一般化（標準化）することが望ましい。反面、一般化しすぎると現場独自のこだわり、ノウハウが切り捨てられ、その現場では使えないシステムとなってしまう可能性がある。今後出来るだけ多くの現場で使えるシステムにしていくために、各

現場独自のやり方をどれだけシステムに取り込むことができるかが重要となってくる。また、システムを使い書類などを作成することで、業務を省力化し、残業時間短縮につなげていかなければならない。

昨今のICTの活用方法として、タブレットを現場へ直接持ち込みその場でデータを確認、ICタグを部品に取付け品質管理を行う、GPSを利用して資材の保管場所や人間の移動先の管理を行うなど、ICT利用が実用化され始めている。タグには労働時間を記録することや、作業内容を記録するなどが可能で用途が広がっており、実用化は拡大傾向にある。他にも保護具(ヘルメットや保護メガネなど)にWebカメラを装着し、リアルタイムに事務所と現場間で情報のやり取りを行い、スムーズに情報伝達を行うシステムも開発されている。今後のICT技術の進歩に合わせて、ICTを活用した工事管理はさらに拡大していくと考えられる。

4.フランジ締付け、溶接補修など将来に継承する仕組み

4.1 はじめに

国内のプロセスプラントの多くは高度成長期の 1960～1980 年代に建設されており、古い設備は既に 30～50 年を超えて供用されている。プラントの安全運転のためには各設備における劣化・損傷を出来る限り早期に検出してプラントの停止、事故や災害を未然に防止することが重要であり、保全技術がますます重要となってきている。このような背景から、これまで供用中の圧力設備の維持管理は設計基準ベースで行われて来たが、近年、国内外において維持規格化が行われている。

維持規格は検査、評価および補修の３本柱で構成されるが、補修については遅れており、設備保全の観点から適切な溶接補修技術の確立とその技術の継承が望まれている。一方、圧力設備や配管の内部清掃や点検のために開放されるフランジ締結体についても、長年の使用によりガスケットシール面やボルトナットの腐食、熱履歴等によるフランジの変形あるいはガスケットの劣化損傷が進行している場合がある。

ここでは、メンテナンスの重要な要素技術であるフランジ締付け技術と溶接補修技術について、これらの技術を将来に継承する仕組みについて概説する。

4.2 フランジ締結体

(1) フランジ締結体の３要素

フランジ締結体はフランジ、ボルトおよびガスケットで構成され、これらの３要素のバランスによりフランジ締結体から内部流体の漏えいを防止している。図 4.1 はフランジ締結体の構成と漏えいモデルを示す。フランジは、円周方向に配置した複数のボルトの荷重をシーリング面を介してガスケット圧縮力として与える機能を受け持つ。ボルトは一対のフランジを締結または開放する機能を受け持ち、ボルトによる締付け力はガスケットに圧縮力を与えると共にフランジ部に掛かる外力に対抗する力としての機能を受け持つ。ガスケットは、与えられたガスケット圧縮力によりフランジのシーリング面の微小な凹凸に密着して接面漏れを防止し、ガスケット自体も浸透漏れを防止して、さらに内圧や腐食性等に耐えうる機能を受け持つ。

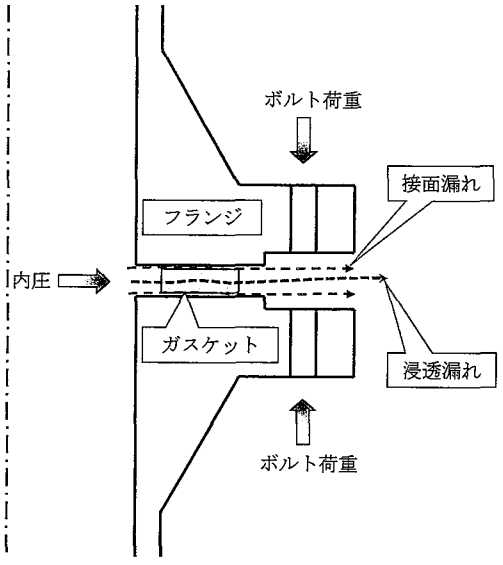


図 4.1 フランジ締結体の構成と漏えいモデル

(2) 管フランジの形状・材質・レイティング

内圧を有する内部流体を有する配管用のフランジは管フランジと呼ばれ、規格化（例えば JIS B2220 [1]：鋼製管フランジ）されている。管フランジの形状は、配管との接続方法により表 4.1 に示す種類がある。また、シーリング面の座面形状により、表 4.2 に示す種類がある。

管フランジの材質は、鍛造、板からの切削、鋳造などの製作方法に適した材料が使用され、規格類（例えば JPI-7S-15 [2]）に材料の規定がある。さらに、管フランジには、各適用規格において使用できる最大使用圧力・温度が材料グループごとに決められており，これを P-T レイティング（圧力-温度基準）と呼んでいる。P-T レイティングを設けることで、装置内の異なる使用条件の管フランジをグループ化でき個々に設計を行う煩雑さを低減して、またグループ内で同じ管フランジを使用することで経済性にも貢献している。

管フランジに関する規格には、フランジの強度設計を取り決めているもの（設計規格）と、フランジの製作要求・寸法を取り決めているもの（寸法規格）がある。表 4.3 は日本国内において使用される管フランジに関する主な設計規格および寸法規格を示す。

表 4.1 フランジの種類

接合方法	種類名称	図
すみ肉溶接	スリップオン溶接式フランジ（板フランジ）	
	スリップオン溶接式フランジ（ハブフランジ）	
	ソケット溶接式フランジ	
突合せ溶接	突合せ溶接式フランジ	
	遊合形フランジ（フランジは溶接されない）	
ねじ締結	ねじ込み式フランジ	
一体型	一体フランジ	
接続なし	閉止フランジ	

表 4.2 フランジ座面の種類

ガスケット座面の種類		図
全面座		
平面座		
はめ込み形	メール座	
	フィメール座	
溝形	タング座	
	グルーブ座	
	リングジョイント座	

表 4.3 管フランジの主な規格

規格の種類	規格番号	規格タイトル	該当 ASME 規格 (米国規格)
製作寸法規格	JIS B 2220	鋼製溶接式管フランジ	ASME B16.5 ASME B16.47
	JIS B 2239	鋳鉄製管フランジ	ASME B16.1 ASME B16.42
	JIS B 2240	銅合金製管フランジ	ASME B16.24
	JIS B 2241	アルミニウム合金製管フランジ	—
設計規格	JIS B 2205	管フランジの計算基準	ASME Sec. VIII
	JIS B 2206	アルミニウム合金製管フランジの計算基準	—
	JIS B 2207	全面形ガスケットを用いるアルミニウム合金製全面座管フランジの計算基準	—
	JIS B 8265	圧力容器の構造―一般事項	ASME Sec. VIII
製作寸法規格	JPI-7S-15	石油工業用フランジ	ASME B16.5
	JPI-7S-43	石油工業用大口径フランジ	ASME B16.47
	JPI-7S-65	フランジ及びバルブの P-T レイティング	ASME B16.5 ASME B16.47
	JPI-7S-73	石油工業用オリフィスフランジ	ASME B16.36
	JPI-7S-74	石油工業用アルミニウム合金製フランジ	—

(3) ボルトの種類

フランジ締結に用いられるボルトは、ねじ部のみのスタットボルト（SBN）とねじ部の片側に工具が固定できる形状（例えば六角ボルト）のマシンボルト（MBN）がある。高温・高圧の環境下で用いるフランジ締結体にはスタットボルトとナットの組み合わせが多く用いられる。ねじ部の寸法規格は、メートルねじ、ユニファイねじおよびウィットねじ（規格廃止）があり、ねじ部の寸法やナット二面幅が異なり、同じ呼び径でも工具のサイズが異なるので注意が必要である。材質についても多くの種類（例えば SS400, SNB7, SNB16, S45C）があり、それぞれ機械的性質の規定がある。また、ボルトは通常ナットを回転させ締付けるため、強い締結を行う場合にナット座面とフランジ面が摩擦により損傷することがあるために、高硬度の厚い座金（ワッシャ）を用いることがある。

(4) ガスケットの種類

ガスケットは静的密封部位に使用されるシール材のことであり、その用途や使用条件によりゴムのシール材のような簡便なものから、複合シール材を用いたもの、金属単体および金属と非金属材料を組み合わせたものなどがある。その種類は、非金属ガスケット、セミメタリックガスケットおよび金属ガスケットに大別でき、フランジのシーリング面形状と使用環境により適切なガスケットと材質を選定する。以下に、代表的なガスケットを記載する。

非金属ガスケットには、

①ジョイントシートガスケット（様々な繊維、充填剤、バインダーを混合した原料をロールにてシート状に成形）、

②ふっ素樹脂系（PTFE 系）シートガスケット（ふっ素および各種の充填剤を加えてシート状に成形）、

③延伸 PTFE ガスケット（PTFE を機械的に延伸し強度を高めた多孔質な素材を成形）、
④膨張黒鉛シートガスケット（金属などの薄板を補強材として表面に膨張黒鉛を貼り付け）、
⑤ふっ素樹脂系ジャケットガスケット（ジョイントシート等のソフトガスケットを中芯にふっ素樹脂シートで被覆したもの）などがある。

セミメタリックガスケットは、
⑥うず巻形ガスケット（断面がＶ字形状の金属帯（フープ）と非金属シール材（フィラー）を交互に巻き付け端部をシール溶接したシール材で内側や外側に金属リングで補給したものがある）、
⑦膨張黒鉛貼りメタルガスケット（溝状または波型断面の金属材料の表面に膨張黒鉛シートを貼り付けたもの）、
⑧メタルジャケットガスケット（柔軟性のある中芯に金属シートを被覆したもの）などがある。

金属ガスケットには、
⑨リングジョイントガスケット（フランジのシーリング座面形状に合わせた金属ソリッドのもので、オーバル（楕円形状）やオクタゴナル（八角形状）など特殊な形状がある）などがある。

4.3 フランジ締付け技術

(1) ボルト締付け力の決め方

フランジボルトはガスケットに適切な圧縮力を与えるために、適切な締付け力で締結する必要がある。日本石油学会規格の JPI-8R-15[3]（フランジ・ボルト締付管理）には、フランジの設計規格である JIS B8265[4]（圧力容器の構造―一般事項）に基づいた締付け力の算出方法が記載されている。これは、フランジ締結体の強度およびガスケットによるシーリング性能をチェックする方法で、ボルト締付けによりフランジ、ボルトおよびガスケットが壊れずに、さらにガスケットによる最低必要な圧縮力以上を与える計算がされている。ガスケットを始めとする各部材は時間と共にリラクゼーション（緩和）が起こるので、それらも加味されている。しかしながら、この方法はシーリング性能が考慮されていないために、微少漏えいが問題となるフランジ締結体には対応しきれていない。そこで、シーリング性能がどの程度許容できるかを考慮した「漏えい量基準のフランジ設計法」が現在検討されている。

(2) フランジボルトの締付け工具と締付け手順

シーリング性を保持するためには、指定されたボルト締付け力を複数のボルトに対して均等に行うことが必要であり、適切な締付け工具と締付け手順の採用が重要となる。

ボルトの締付け方法には、ナットを回してボルトを締付けるものとボルトを伸ばしてナットをセットする種類がある。ここに、フランジボルトの代表的な締付け工具を述べる。

①手締めのスパナ（片口メガネレンチ、しの付きメガネレンチ）、
②打撃スパナ（ハンマーで大きな締付け力を与えられる専用のスパナ）、
③インパクトレンチ（空圧または電動によりハンマー機能を有した工具）、
④機械式トルクレンチ（トルク値をモニタリング若しくはトルク値をセット可能な手締めの工具）、
⑤トルクレンチ（人力以外の動力源（空圧式、電動式、油圧式）でトルクをコントロールできる工具）、

⑥ボルトテンショナー（ボルトを油圧等で引張りボルトを伸ばしてナットをセットする工具）、

⑦ボルトヒーター（高周波誘導等でボルトを熱してボルトを伸ばしナットをセットする工具）

ボルト締付け力は、①④⑤では工具に与えるトルク値で、②はハンマーの重さで、③はインパクトの設定値で管理するが、工具により締付け力のばらつきが大きいものがある。精度が要求されるものは超音波計測等によりボルトの伸びを管理する方法を併用する（④⑤⑥）。

複数のボルトを締付ける場合に、隣接するボルトの締付け力が変化する弾性相互作用と呼ばれる現象がある。フランジ締結体の剛性が比較的弱い大口径のフランジやソフトガスケットでは影響が出易く、ボルトの締付け手順が重要となる。従来、ボルトは対向するボルトを順番に締結する対角法が良いとされていたが、締付け実験と有限要素法による研究により、初期締付けは対角法で行い、その後は一方向に締付ける回転法により数回廻る締付け方法がボルト締付け力のばらつきが少なくなることが分かった。

ジョイントシートガスケットやうず巻形ガスケットに対して、JIS 規格化（JIS B2251[5]：フランジ継手締付け方法）された。この考え方は、米国の ASME 規格（PCC-1[6]：内圧が掛かるフランジ締付けのガイドライン）の中にも追加された。

(3) フランジ締結体の補修方法

フランジ締結体は、長年の使用によりシーリング面が腐食や傷等の損傷が発生し、またフランジ全体が熱応力等で変形することがある。このような状況が懸念される場合には、シーリング面の状態を計測し、シーリングに悪影響が無いか評価する。従来はダイヤルゲージによる計測が主流であったが、最近はレーザによる 3 次元計測も行われる。不具合がある場合には、フランジの交換やシーリング面を補修する必要がある。配管の変形によりフランジのアライメントが基準内にない場合は、配管の補修も必要となる。シーリング面の補修では、フランジフェーサー等の機械加工により健全な状態に戻す。必要に応じて、研削前に肉盛り溶接を行う。

ガスケットは一部の金属ガスケットを除いて開放時には新品と交換するが、ボルトについても腐食劣化することがあるので交換の検討が必要である。また、強い締付けによりナット座面とフランジ接触面が損傷することがあるので、この部分についても注意が必要である。

4.4 フランジに関する維持規格

(1) 日欧米のフランジ維持規格

国内のフランジ締結体の維持に関する規格には、前出した JPI-8R-15[3]（フランジ・ボルト締付管理）がある。また、同じ石油学会規格の JPI-7B-88[7]（機器フランジ漏れ防止対策資料）も参考となる。

米国では ASME PCC-1[6]（内圧が掛かるフランジ締付けのガイドライン）が 2000 年発行され、その後数回の改訂が加えられ、最新版の 2013 年度版には以下の情報が詳細に記載されている。表 4.4 にその目次を示す。

表 4.4　ASME PCC-1 の目次

本文	附属書
1. 目的	A 継手締結作業者のトレーニングと認証
2. 序論	B 共通用語の解説
3. 継手締結作業者の トレーニング及び認証	C 種々のガスケットタイプに対するガスケット接触面の 推奨フランジ表面仕上げ
4. フランジ面の清掃と検査	Dガスケット接触面の許容平面度及び許容欠陥深さの ガイドライン
5. フランジアライメント	
6. ガスケットの装着	E フランジ継手アライメントのガイドライン
7. 締結部品の潤滑	F 従来の締付け手順に対する代替案
8. ボルトの装着	Gボルト締結専門業者の利用
9. ボルトの番号付け	Hボルト谷径と引張応力範囲の断面積
10. ボルトの締付け	I 締付け時の弾性相互作用
11. 締付け手順	J目標トルクの計算
12. 目標トルクの設定	K目標トルクを得るためのトルク係数の計算
13. 作用内圧と漏えい試験	L ASME　B16.5 のフランジ締結に関する情報
14. 記録	M 座金使用に関するガイダンスと全硬化座金の購買仕様
15. 継手の分解	N ボルト再使用に関する定義、注意およびガイドライン
16. 参考文献	Oボルト締付け応力の決定
	P フランジ漏えい事故のトラブルシューティングに関するガイダンス

欧州では、EN 1591[8]（フランジおよび締結体；ガスケットシール円形フランジ継手の設計ルール）Part1（計算）、Part2（ガスケットパラメーター）、Part4（圧力下の重要設備におけるフランジ締結体の組立に関する個人力量資格）が発刊されている。

(2) フランジ締付け作業の訓練と認証資格

欧米のフランジ維持規格には、継手締結作業者のトレーニングと認証に関する記載があり、既に一部の機関では ASME のトレーニングと認証を行っている。海外のプラントでは、フランジからの漏えい多く発生し生命にかかわる事故もあることから、プラントの維持管理に対して保険による運用がなされている。フランジ締結作業者に対するトレーニングや認証、およびフランジ締結の取り扱いに関するドキュメントの整備状況が保険料に反映されている背景があるようである。

日本では、フランジからの漏えいが起因した大きな事故が今のところ発生しておらず、海外とは状況が異なる。しかしながら、技術伝承がスムーズに行われていない現状では、フランジ締結技術に関する教育・訓練は必要であるが、図 4.2 に示すような訓練装置を用いて一部の会社で個別に行われているのが実態である。今後、業界による統一的な訓練基準や資格認定制度の制定が期待される。



図 4.2 フランジ締結訓練設備の一例[9)]

4.5 溶接補修に関する維持規格

(1) 設備管理と溶接補修

近年、保全技術が重要となるのに伴い欠陥検出技術や材料評価技術が進歩してきた。しかし、診断技術は過去の事例や経験に負うところが多いため、設備診断において設備の保全履歴や過去の類似事例は最も有効な情報のひとつとなっている。

従来、圧力設備の維持管理は設計基準に従って行われて来たが、近年、自由化による国際競争，設備の高経年化，技術進歩などの環境条件から、これまでの仕様規定から性能規定化が進められている。ASME（米国機械学会）やAPI（米国石油学会）では供用中機器の適切な保全を目的として、維持規格化を進めて来ており、国内でも同様な活動が進められている。

設計基準による評価では、割れや最小許容肉厚（MAT：Minimum Allowable Thickness）を割り込む減肉は許容されない。これに対してFFS（Fitness For Service）評価は検査結果を基に圧力設備が継続して供用できるか否かを決定するための健全性評価手法である。FFS評価基準についてはAPI 579-1/ASME FFS-1 [10)]が発行されている。国内での代表的なFFS基準を表4.5に示す。減肉部についての評価方法なども整備されつつある。FFS評価で不合格になった場合には、補修や更新が必要となる。溶接補修についても国内外で維持規格化が進められている。

表 4.5　国内における代表的な圧力設備のFFS規格

団体	規格番号	規格名称
石油学会	JPI-8S-1	配管維持規格
	JPI-8S-2	設備維持規格
	JPI-8R-12	劣化損傷の評価と対応
日本高圧力技術協会	HPIS-Z101-1	圧力機器のき裂上欠陥評価手法（第1段階評価）
	HPIS-Z101-2	圧力機器のき裂上欠陥評価手法（第2段階評価）
	HPIS-Z109TR	信頼性に基づく圧力設備の減肉評価方法
石油連盟/石油化学工業協会	PAJ/JPCA-FFS-S	供用適性評価ハンドブック（減肉）
日本機械学会	JSME S NA1	発電用原子力発電設備維持規格
日本溶接協会	WES 2805	溶接継手の脆性破壊発生及び疲労き裂進展に対する評価方法
	WES 2820	圧力設備の供用適性評価法（減肉評価）
茨城県高圧ガス保安協会		圧力設備の外面腐食に対する評価規格

(2) 溶接補修規格の動向

国内における代表的な圧力設備溶接補修規格（指針）を表 4.6 に示す。また国内外の学協会における溶接補修関連の活動状況と成果を以下に示す。

表 4.6　国内における代表的な圧力設備の溶接補修規格／指針

団体	規格番号	規格名称
高圧ガス保安協会		補修技術ハンドブック
日本石油学会	JPI-8R-16	溶接補修
日本溶接協会	WES 7700-1～4	圧力設備の溶接補修
	CP-0902-201	プラント圧力設備溶接補修指針
火力原子力発電技術協会	TNS-G2801	外面スリーブ法に関する指針
	TNS-G2802	外面端リング法に関する指針
	TNS-G2803	水冷再溶接法に関する指針
	TNS-G2804	高周波誘導加熱による応力緩和法
	TNS-G2806	当て板すみ肉溶接法による補修法
日本機械学会	JSME N NA1	発電用原子力発電設備規格 維持規格

①日本溶接協会（JWES）

2009 年に CP-0902 [11]（プラント圧力設備溶接補修指針）を発行した。指針は以下のとおり 5 章から構成される。

第1章　溶接補修一般
第2章　溶接補修方法
第3章　材料別溶接補修要領
第4章　劣化損傷と溶接補修における留意点
第5章　国内外の溶接補修に関する法規・規格

その後、溶接補修に関する民間規格化についての強い要望があり、2012 年 7 月に WES7700 [12]（圧力設備の溶接補修）が発行された。WES7700 は以下のとおり 4 部から構成される。

WES7700-1　一般
WES7700-2　きず除去と肉盛溶接補修
WES7700-3　窓形溶接補修
WES7700-4　外面当て板溶接補修

②石油学会（JPI）

石油精製プラントにおける設備・配管の溶接補修に関する維持規格として、2003 年に JPI-8R-16 [13]（溶接補修）が発行された。

③米国石油学会（API）

API 510 [14]（Pressure Vessel Inspection Code）では、溶接補修についても規定している。全ての補修作

業についての公認検査員（Authorized Pressure Vessel Inspector）による実施前の認定やTemper-Bead法も規定されている。

④米国機械学会（ASME）

維持規格委員会（Post Construction Committee）にてRepair & Testingについての維持規格作成を進めている。米国ではASME PCC-2 [15]（Repair of Pressure Equipment and Piping）が発行されており、溶接補修、機械的補修及び非金属補修など広範囲にわたり規格化が進められている。溶接補修規格の目次を表4.7に示す。

表4.7　ASME PCC-2における溶接補修規格の目次

目　　次
2.　溶接補修
2.1　耐圧部材のはめ込み板の突合溶接
2.2　内面減肉に対する外面溶接肉盛法
2.3　シール溶接されたネジ継手とシール溶接補修
2.4　溶接リークボックス
2.5　溶接リップシール法
2.6　配管に対する全周鋼製スリーブ
2.7　補強プラグ付当て板すみ肉溶接法
2.8　溶接予熱（Pcm等の代替規定含む）
2.9　PWHT代替溶接法
2.10　供用中溶接補修法（炭素鋼）
2.11　溶接肉盛、クラッドの補修法
2.12　当て板すみ肉溶接法
2.13　ネジ/溶接式プラグの補修
2.14　圧力容器の現場熱処理

4.6 溶接補修の重要性

プラント設備の多くは経年劣化によって徐々に寿命を消費し、予期されなかった損傷の発生によって補修や更新が必要になることが多い。予想された劣化・損傷であっても、許容範囲を超えると、補修あるいは更新が必要になる。劣化・損傷が検出された場合には、少なくとも次回の定期保全検査まで問題なく供用できることが必須条件となるため、状況に応じて応急補修あるいは恒久対策が必要になる。何れの場合にも溶接補修の必要性は高く、設備保全上重要な位置を占める。

4.7 溶接補修の特徴

圧力設備のタイプ、構成材料、劣化・損傷形態が多岐にわたるため、溶接補修については状況に適した方法が必要になる。

溶接補修は補修場所によって工場補修と現地補修に大別される。現地補修は工場補修に比べて作業性が大幅に劣るため、品質を確保するためには綿密な計画と作業管理が重要である。考慮すべき要因としては、内

部流体，スラッジ，スケールなどの除去，天候条件や作業場所，補修検討，工事期間が短いなどがある。溶接施工の観点からは、厳しい拘束条件下での溶接，経年劣化による溶接性の低下，溶接作業性の低下，予熱・直後熱・PWHT（溶接後熱処理）の困難さなどが挙げられる。

現地溶接補修は工場での新規製作時の溶接と比較して、工期，作業環境，溶接施工上などの点で厳しくなるため、溶接補修要領の検討において留意することが重要である。

経年使用された機器などの溶接補補修では新規製作時の溶接補修と異なり、経年劣化に伴う溶接性の低下や供用後の溶接補修に起因した新たなトラブルの発生防止についての検討が重要である。

4.8 溶接補修検討

圧力設備の損傷に対する診断・溶接補修検討の手順例を図 4.3 に示す。溶接補修検討に当たっては、設備診断技術を駆使し損傷部位の特定、原因究明、溶接補修の要否・可否の判断、再発防止策などを総合的な観点から検討することが必要である。不適切な溶接補修は品質の低下を招き、新たな損傷やトラブルの原因になるため、基本的には溶接補修を出来るだけ少なくすることが必要である。従来、プラント設備の保全管理は設計基準に従って実施されており、割れや MAT を割り込む減肉については補修や更新によって対応されてきている。

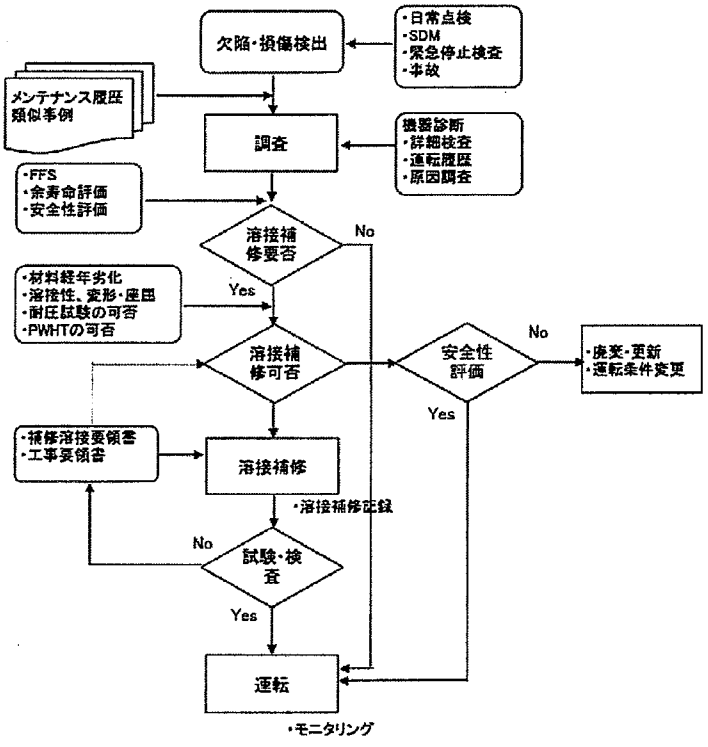


図 4.3　設備診断と溶接補修の検討手順例

4.9 今後の課題

フランジ締付け技術に関しては、フランジ締結体の 3 要素とそれらの設計規格、フランジボルトの締付け力の決め方から締付けに使用する工具とその手順、フランジ劣化損傷部の補修方法、国内外のフランジ維持

規格およびフランジ締付け作業の訓練と認証資格について概説した。これまで、フランジ締結体からは漏れがない若しくは検出されないことを前提に設計規格が考えられていたが、昨今では地球環境破壊の懸念からフランジ締結体からの微少漏えい気体の排出規制が強化されつつあることから漏えい量を規定したフランジ設計法が求められている。また、フランジ締付け技術向上とその作業に関する教育訓練基準や訓練機関の整備および認証資格制度の検討が課題となる。

一方、圧力設備の健全性評価については、従来、設計規格をベースに実施されてきたが、近年、破壊力学的手法等による合理的な評価方法が開発され欧米を中心として維持規格化が進められて来ている。この背景に反して、補修についての規格化は遅れているのが実情であることを紹介した。国内においては、CP-0902[11]「プラント圧力設備溶接補修指針」とWES7700[12]「圧力設備の溶接補修」が発行され、ようやく圧力設備の溶接補修について技術的に体系化され始めてきたことを述べた。

これまで関連学協会において維持規格化が行われても、ほとんどの圧力設備は高圧ガス保安法など法規制を受けるため、これらの規格を実際に適用するには関連する法律で認められる必要があったが、今回の経済産業省主導のファストトラック制度により幅広く活用できる可能性も高まってきた。今後、維持規格として実際に使用できる環境の整備、規格の拡充と実績作りの推進と共に、関連業界が連携し経験した補修実績に対し、業界内で情報の共有化も図る必要がある。

【参考文献】

1) JIS B2220, 鋼製管フランジ
2) JPI-7S-15, 石油工業用フランジ
3) JPI-8R-15, フランジ・ボルト締付管理
4) JIS B8265, 圧力容器の構造―一般事項
5) JIS B2251, フランジ継手締付け方法
6) ASME PCC-1, 内圧が掛かるフランジ締付けのガイドライン
7) JPI-7B-88, 機器フランジ漏れ防止対策資料
8) EN1591, フランジおよび締結体；ガスケットシール円形フランジ継手の設計ルール, Part1, 2, 4
9) 配管技術, 785 Vol58 No.11 pp37-43 (2016)
10) API 579-1/ASME FFS-1, Fitness-For-Service
11) JWES-0902, プラント圧力設備溶接補修指針
12) WES7700-1～4, 圧力設備の溶接補修
13) JPI-8R-16, 溶接補修
14) API 510, Pressure Vessel Inspection Code
15) ASME PCC-2, Repair of Pressure Equipment and Piping

最近の保全技術情報調査報告書

2017年3月

発 行 所 ：日本メンテナンス工業会
〒105-0003
東京都港区西新橋1-9-1
ブロドリー西新橋ビル