

冷凍事業所における腐食管理の注意事項

高圧ガス保安協会

1. 目的

製造事業所における規制別の高圧ガス事故件数を、図 1¹⁾に示す。令和元年の冷凍事業所における事故件数は 268 件であり、平成 30 年の 328 件と比較して 60 件減少した。しかし、冷凍事業所における事故件数は製造事業所における事故件数 602 件の約 45%を占めており、この状況が平成 23 年以降から続いている。

このため、これまでに「アンモニア冷凍空調設備の事故防止の注意事項」²⁾、「冷凍機器の機器製造者の注意事項について」³⁾、「冷凍保安規則適用事業所の高圧ガス事故の注意事項について」⁴⁾を注意事項としてまとめた。しかし、上述したように、事故件数は高い水準で推移している。

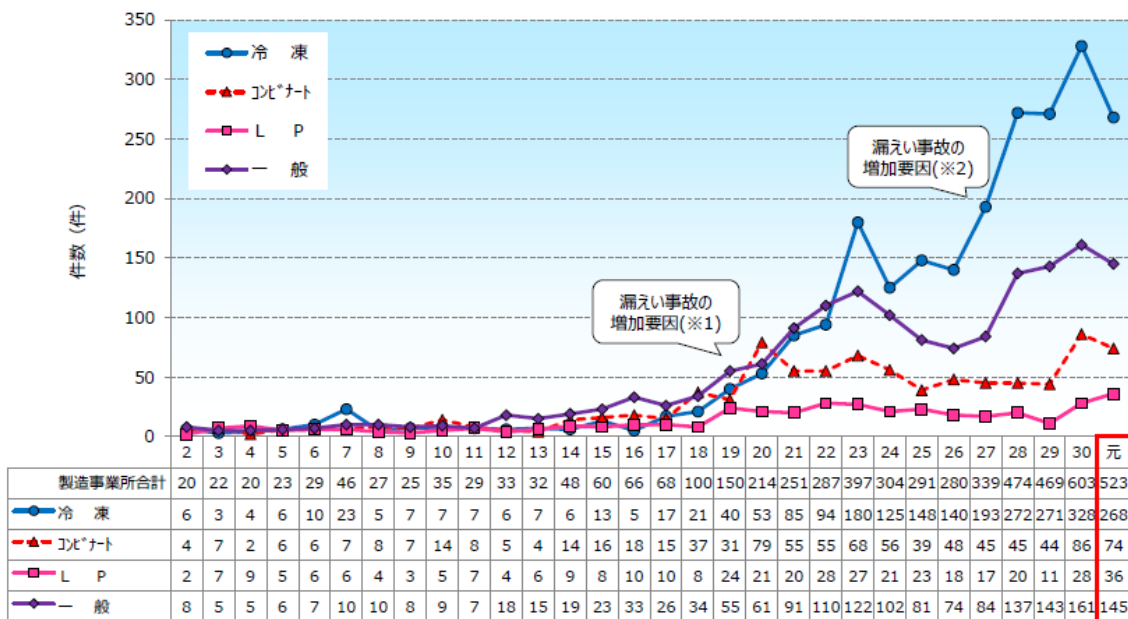
冷凍事業所における事故の事象は、そのほとんどすべてが漏えい事象である。漏えい事象の詳細分類は、漏えい①^{*}が多く、その損傷メカニズムは腐食と疲労が多い⁵⁾。

漏えいがもたらす事故の影響を考えると、一つには人命被害を与え、二つには地球環境に被害を与え、三つには労力および時間を含めた経済的被害を与える。

そこで本年度は、冷凍事業所における腐食管理不良が原因の事故に焦点を当て、事故の未然防止、再発防止に役立つ注意事項をまとめた。

なお、事故の内容は、高圧ガス事故データベース⁶⁾をそのまま転記するのではなく、精査して、必要に応じて見直しを行った。

※ 漏えい①とは、機器、配管等の本体（溶接部を含む。）からの漏えいをいう。



※ 1 高圧ガス保安法事故措置マニュアルの改正により、日常点検等において簡易な措置で停止した噴出・漏えい以外の噴出・漏えいについては事故対象であることを明確化。

※ 2 フロン回収・破壊法の改正により、①事業者には算定漏えい量が報告義務、②全機器を対象とした日常点検が義務化。

図 1 製造事業所における規制別の事故件数

2. 事故の抽出

高圧ガス事故事例データベースを用いて、平成 27 年から令和元年までの 5 年間の高圧ガス事故 4085 件のうち、冷凍事業所の事故 1,332 件を抽出した。

3. 事故の統計

冷凍事業所の事故の統計を、表 1 に示す。

表 1 の事故の内訳には、冷凍事業所の事故件数の内数として、1 次事象が漏えいの事故件数と事故原因が腐食管理不良の事故件数を示す。

表 1 から、冷凍事業所の事故件数に対して腐食管理不良が毎年約 30%を占めることが分かる。

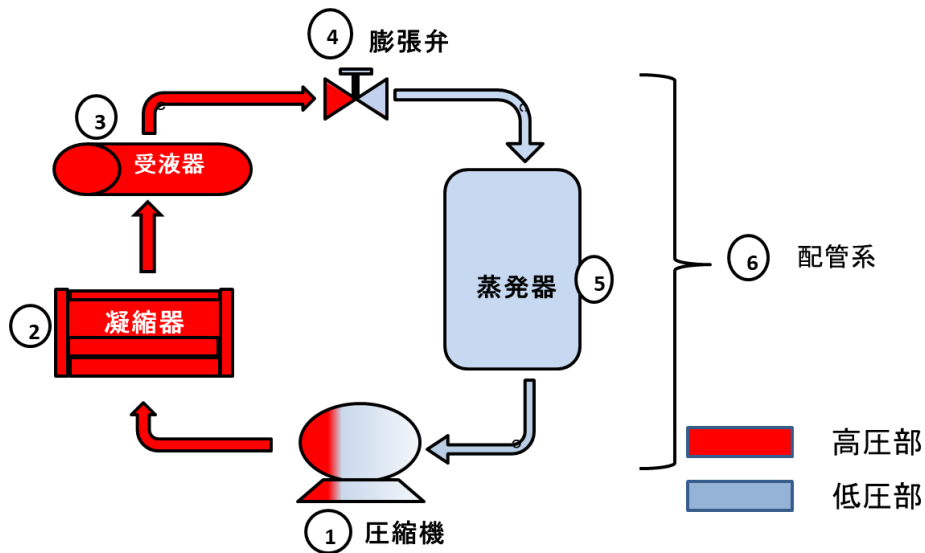
表 1 冷凍事業所の事故の統計

事故の内訳	年	平成 27 年	平成 28 年	平成 29 年	平成 30 年	令和 元年	合計
冷凍事業所の事故		193	272	271	328	268	1,332
1 次事象が漏えい		193	270	271	328	260	1,322
事故原因が腐食管理不良		70	79	86	82	87	404
事故件数に対する腐食管理不良の割合		36%	29%	32%	25%	32%	30%

(少数第 1 位四捨五入)

一般的な冷凍サイクルに基づく設備区分を、図 2 に示す。また、1 次事象が漏えいで、かつ事故原因が腐食管理不良の事故 404 件について図 2 の設備区分ごとの統計を、表 2 に示す。

表 2 から、事故は配管系が 42% (168/404 件) で最も高く、次いで蒸発器 30% (123/404 件)、凝縮器 18% (71/404 件) であることが分かる。配管系の漏えいは、保温材下腐食 (CUI: Corrosion Under Insulation) が原因として多いことが考えられる。また、蒸発器、凝縮器などの熱交換器の漏えいは、熱交換器内のコイル、チューブ、プレートなどの腐食が原因と考えられる。



- ① 圧縮機
- ② 凝縮器(空冷,水冷)
- ③ 受液器(レシーバタンク),油分離器(オイルセパレータ),液分離器(アキュムレータ)など
※機種によっては位置が異なるが解析における分類は③としてまとめた。
- ④ 膨張弁,キャピラリチューブ
- ⑤ 蒸発器(空気冷却,水冷却,ブライン冷却)
- ⑥ 配管系(ストレーナ,膨張弁以外の弁,接続部(溶接接手,フランジなど)など)

図2 冷凍サイクルに基づく設備区分

表2 設備区分ごとの統計

設備区分	事故件数
① 圧縮機	6
② 凝縮器	71
③ 受液器,油分離器,液分離器など	14
④ 膨張弁,キャピラリチューブ	8
⑤ 蒸発器	123
⑥ 配管系	168
⑦ 不明,調査中	14
合計	404

4. 設備区分ごとの解析

設備ごとに高圧ガス事故データベースの概要から事故原因の手がかりとなる用語(以下「キーワード」という。)を抽出し、詳細解析を行った結果を図3～9に示す。また、図3～9に対応して、表3～9に主な事故事例を示す。なお、1つの事例において複数のキーワードを抽出して解析を実施したため、キーワード数と事故件数に関連性はない。さらに、腐食に関する写真を、資料1に添付する。

① 圧縮機の詳細解析

圧縮機は、ベーン軸、電源端子台などで腐食が原因の事例があった。圧縮機は、強度算定により必要肉厚が十分に確保されていることから漏えいの件数は少ない。

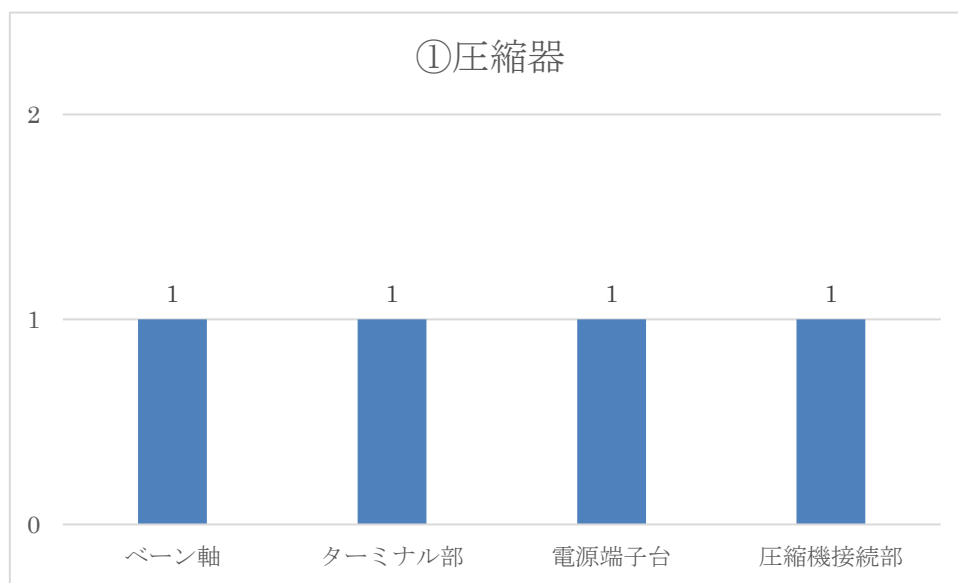


図3 圧縮機のキーワード

表3 圧縮機の事故事例

	事例	キーワード	備考
1	2015-327 冷凍機運転中に、蒸発器圧力低下異常が発生した。翌日点検を実施したところ、圧縮機吸い込みベーン軸より冷媒漏えいを確認した。原因は、軸部の腐食である。	ベーン軸	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)一種 ● 使用年数 15~20年
2	2018-109 厨房用パッケージエアコンの圧縮機電源端子台の腐食により穴があき、冷媒が漏れ、吸気ダクトから厨房場内へ流入した。	電源端子台	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍) ● 使用年数 24年 ● 負傷者 7名

② 凝縮器の詳細解析

凝縮器は、冷却水の水質不良が原因で冷媒管(コイル、チューブ、プレートなど)を腐食し、漏えいした事例が多い。

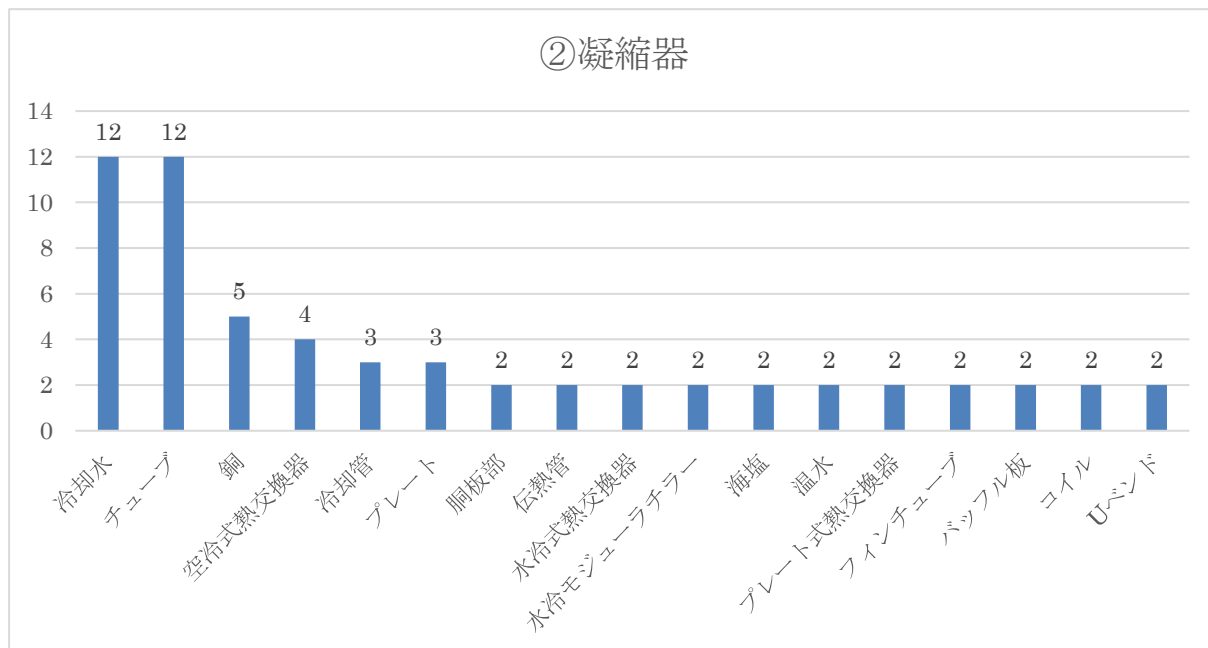


図4 凝縮器のキーワード

表4 凝縮器の事故事例

	事例	キーワード	備考
1	2016-297 冷凍機の圧力低下を確認したため、点検したところ、凝縮器から冷媒の漏えいを発見した。原因は、プレート式熱交換器内において、不純物により冷却水の滞留が生じ、塩化物イオン等の濃度が局所的に上昇したため、伝熱プレートが冷却水側から腐食したものの。	プレート式熱交換器、冷却水、塩化物イオン、伝熱プレート	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)一種 ● 使用年数 7~10年
2	2017-338 空調用冷凍機が圧力低下異常により自動停止した。調査の結果、空冷式凝縮器(クロスフィン型)のチューブの2箇所腐食による漏えいを発見した。	クロスフィン型チューブ	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)二種 ● 使用年数 10~15年
3	2017-181 冷凍機の低圧遮断制御が作動し、冷凍機が停止した。調査の結果、冷却水流路側とプレート接合部のろう材として使用する銅が腐食により溶出し、部分的に母材プレートが剥離した。その剥離により凝縮器内に貫通が生じたため漏えいに至った。この冷凍機では河川水を冷却水として使用しており、漏えい後に行った水質調査によると、安定度指数が腐食傾向を示していたことから、水質に起因する銅の腐食があった。	冷却水、銅、プレート	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍) ● 使用年数 3~5年

③ 受液器、油分離器、液分離器などの詳細解析

受液器、油分離器、液分離器などは、機器を保温材で覆っていた部分に結露が生じた事例、水分を吸着した乾燥剤などが原因の事例があった。

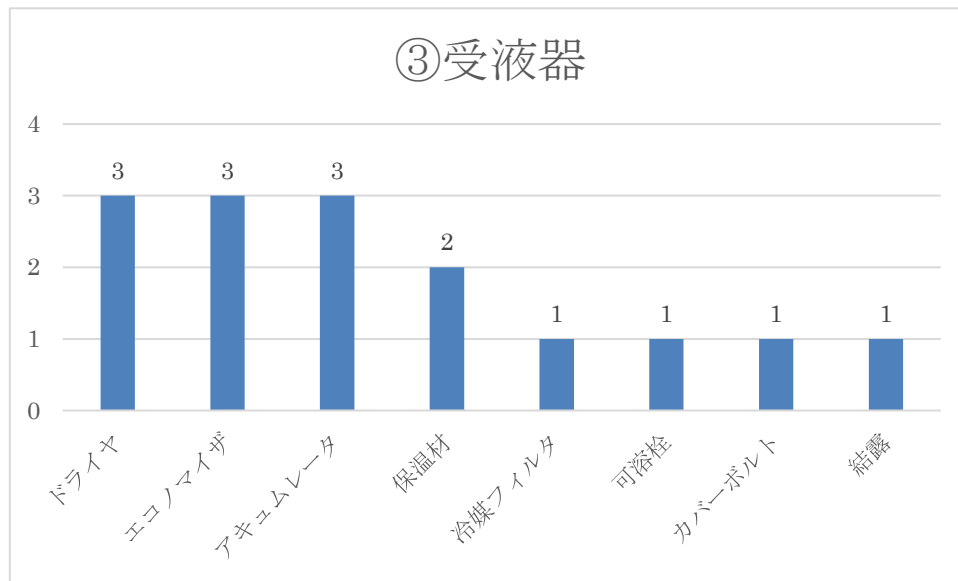


図5 受液器、油分離器、液分離器などのキーワード

表5 受液器、油分離器、液分離器などの事故事例

	事例	キーワード	備考
1	2018-214 保温材を剥がし、各配管の点検を実施したところ、アキュムレータ中部配管から油滲みのような跡があったので、検知器を近づけてみると漏えい反応があった。原因は、アイスジェネレータアキュムレータ中部配管ろう付け部の腐食による。	保温材、アキュムレータ	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)二種 ● 使用年数 15~20年
2	2019-459 空調設備のチラーユニットが異常停止したので検査を実施したところ、チラー装置内のドライヤが腐食し、冷媒ガスが漏えいしていた。	ドライヤ	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)二種 ● 使用年数 15~20年

④ 膨張弁、キャピラリチューブの詳細解析

膨張弁、キャピラリチューブは、弁の腐食の事例があった。後述するが、温度変動の影響を受ける膨張弁前後配管での漏えいの件数が多いが、膨張弁そのものの腐食の件数は少ない。

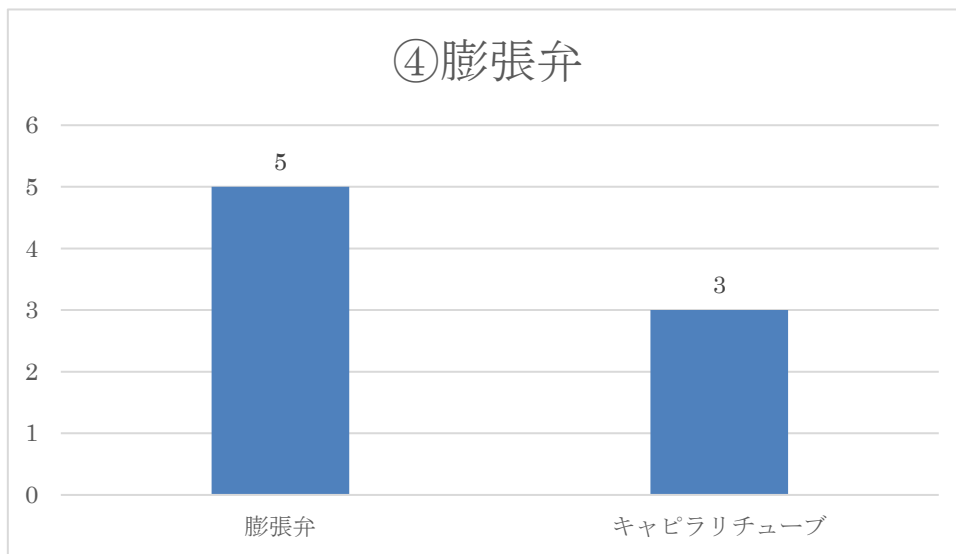


図6 膨張弁、キャピラリチューブのキーワード

表6 膨張弁、キャピラリチューブの事故事例

	事例	キーワード	備考
1	2019-380 停止中であった冷風用チラーの点検時に、圧力が低下していたことを発見した。調査の結果、膨張弁先端部に腐食があることが判明し、冷媒が漏えいしていた。	膨張弁	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)一種 ● 使用年数 15~20年

⑤ 蒸発器の詳細解析

蒸発器は、蒸発器内の冷水の水質不良が原因で冷媒管(コイル、チューブ、プレートなど)を腐食し、漏えいした事例が多い。

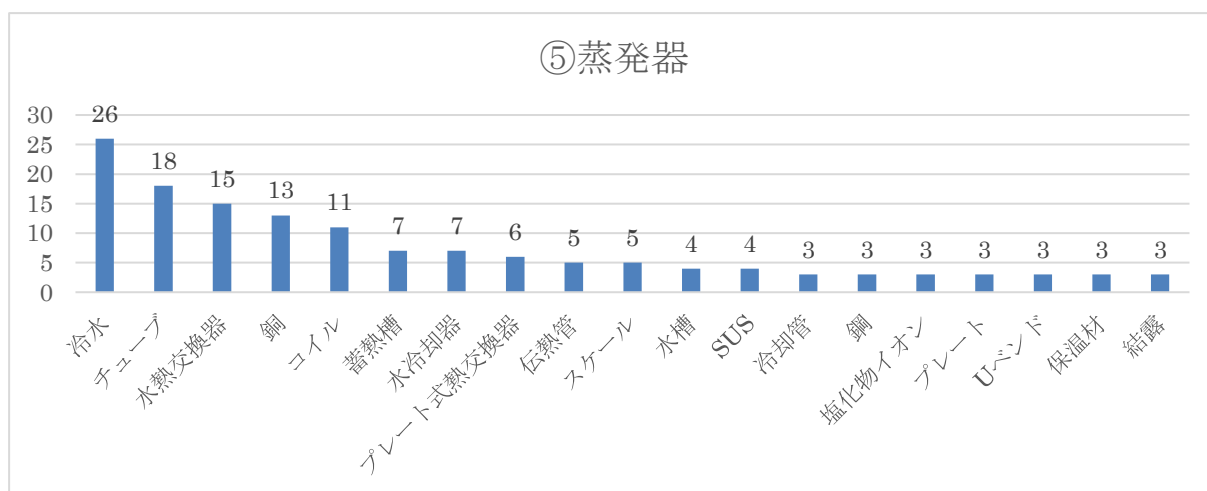


図7 蒸発器のキーワード

表7 蒸発器の事故事例

	事例	キーワード	備考
1	2017-345 空冷スクリー式冷凍機の低圧保護装置作動を知らせる警報が作動し、異常停止した。調査の結果、蒸発器の冷水通路全体に茶色異物(鉄さび)の詰まりおよび部分的に緑青の付着があり、緑青付着部からは漏えい反応があった。また、冷水の水質調査の結果、水質が水質管理基準値を外れて腐食傾向にあった。	スケール、冷水	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)二種 ● 使用年数5~7年
2	2017-276 定期点検において、水熱交換器と鋼管とのろう付け部から冷媒ガスが漏れているのを発見した。原因は、長年使用し腐食が進行している部分に振動が加わったため、冷媒ガスが漏れた。	水熱交換器、鋼	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)一種 ● 使用年数15~20年

⑥ 配管系の解析詳細

配管系は、保温材下に雨水の浸入および保温材下での結露による腐食が多い。また、④でも触れたが、温度変動が激しい膨張弁付近とアキュムレータ付近の配管に結露が発生し、腐食する事例が多くある。さらに、壁貫通部、天井裏、地下ピットなどの点検が行き届かない箇所での腐食、腐食性ガス雰囲気での腐食、地域性(沿岸部など)が原因の腐食および異種金属接触による腐食があった。

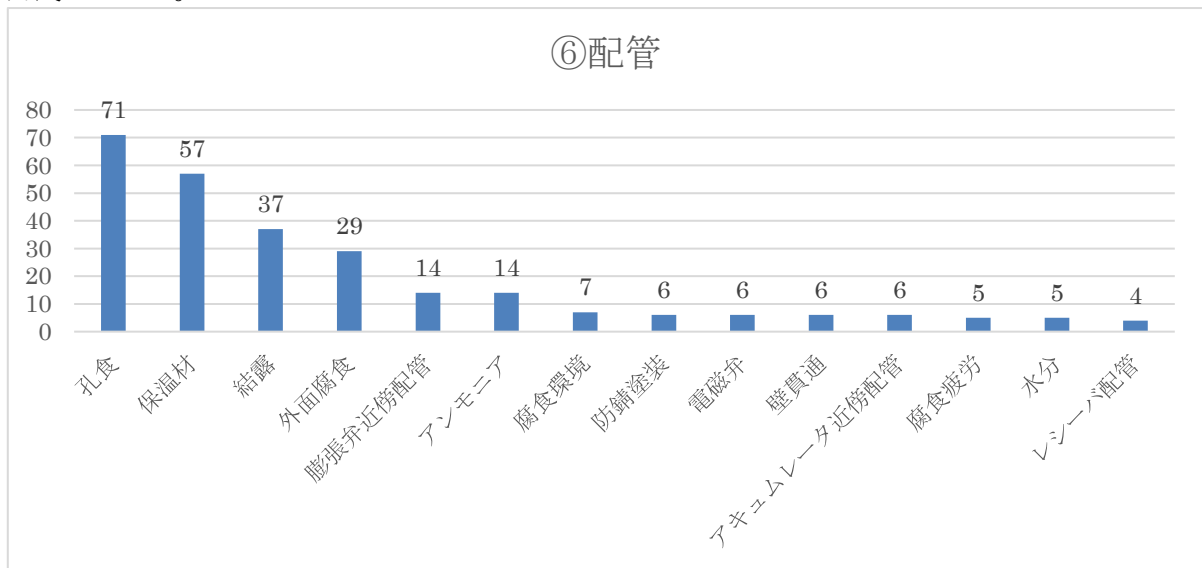


図8 配管系のキーワード

表 8 配管系の事故事例

	事例	キーワード	備考
1	2015-181 油温警報が発報したため調査したところ、屋上に設置している空気熱交換器の冷媒液配管から冷媒が漏えいしていた。原因は、屋上空気熱交換器への冷媒液配管保温カバー接合部から雨水が浸入し、配管外面が腐食して開口した。	保温材、雨水、外面腐食	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)一種 ● 使用年数 22 年
2	2017-118 運転員が巡視中に冷媒液位の低下を確認したため保温材を剥がして外観を点検したところ、膨張弁付近配管溶接部のピンホールを発見した。原因は、長年にわたり、機器の運転および停止を繰り返してきたことで、膨張弁付近の配管溶接部外面に結露が発生し、腐食が生じた結果、穴が開き、冷媒が漏えいした。	保温材、結露、外面腐食、孔食、膨張弁近傍配管	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)一種 ● 使用年数 24 年
3	2016-042 作業員が冷蔵庫内で作業を開始しようとしたところ、庫内でわずかにアンモニア臭を感じたため、冷凍機の運転を停止した。原因は、配管が冷蔵庫間の壁を貫通する構造であり、結露による外面からの腐食を見落とした。	アンモニア、中和、結露、外面腐食、壁貫通	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)一種 ● 使用年数 52 年
4	2018-266 年次点検で冷媒漏れ検知装置による漏えい点検を実施したところ、漏えいを発見した。調査の結果、冷凍機ユニット吸込み銅配管のボールバルブろう付け部から冷媒が漏えいしていた。原因は、冷凍機ユニットが排水処理設備に隣接して設置されていたため、排水処理設備から発生する腐食性ガス(硫化水素など)により腐食し、ピンホールに至った。	孔食、腐食環境	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)二種 ● 使用年数 10~15 年
5	2019-069 作業員から冷凍機の冷えが悪いとの連絡があった。調査の結果、クーラー冷媒入口の鋼管(STPG)と銅管の溶接された継目から腐食により漏えいしていることが確認できた。この継ぎ目部分(銅管-STPG)は、デフロストで散水が行われる機器内部にあり、特に腐食が起こりやすい環境にあったと考えられる。	異種金属接触腐食、腐食環境、散水	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)一種 ● 使用年数 24 年

⑦ 不明、調査中

不明、調査中は、高圧ガス事故データベースにおいて設備区分の判別ができなかった設備および高圧ガス事故データベースにおいて調査中となっており、事故の概要が分からなかった設備などである。例えば、設備区分が熱交換器との記載のみであり、凝縮器なのか蒸発器なのか判別がつかなかった設備などである。

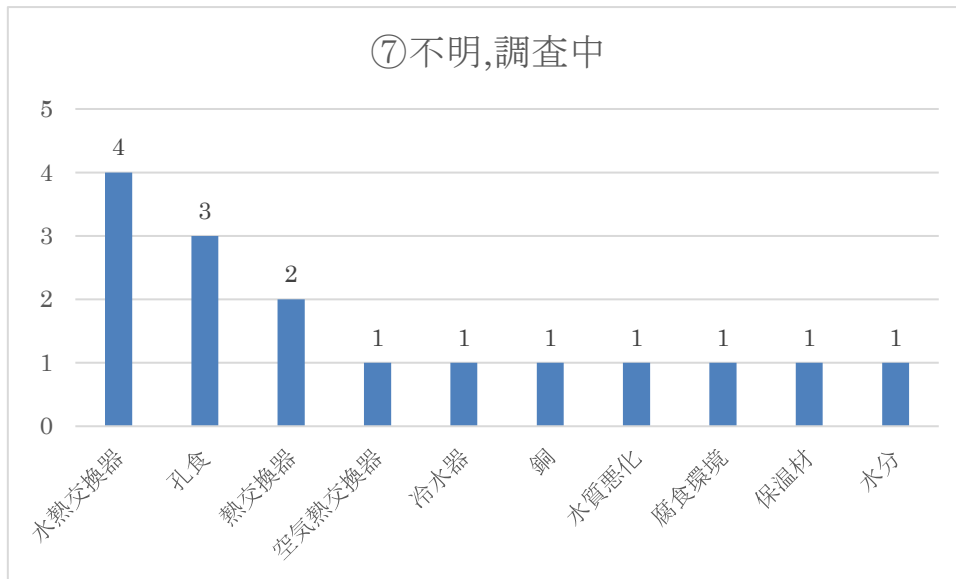


図9 不明、調査中のキーワード

表9 不明、調査中の事故事例

事例	キーワード	備考
1 2018-280 長期間使用せず停止していた第二種の冷凍設備を点検した結果、ガス漏れしていることが判明した。経年劣化により、熱交換器の配管にピンホールが生じ、そこから冷媒ガスが漏えいした。	熱交換器	<ul style="list-style-type: none"> ● 製造事業所(冷凍)二種 ● 使用年数 20 年以上

5. 規制区分別の解析

規制区分別の事故件数の推移を図 10 に示す。図 10 から、製造事業所(冷凍)二種が増加傾向であることが分かる。

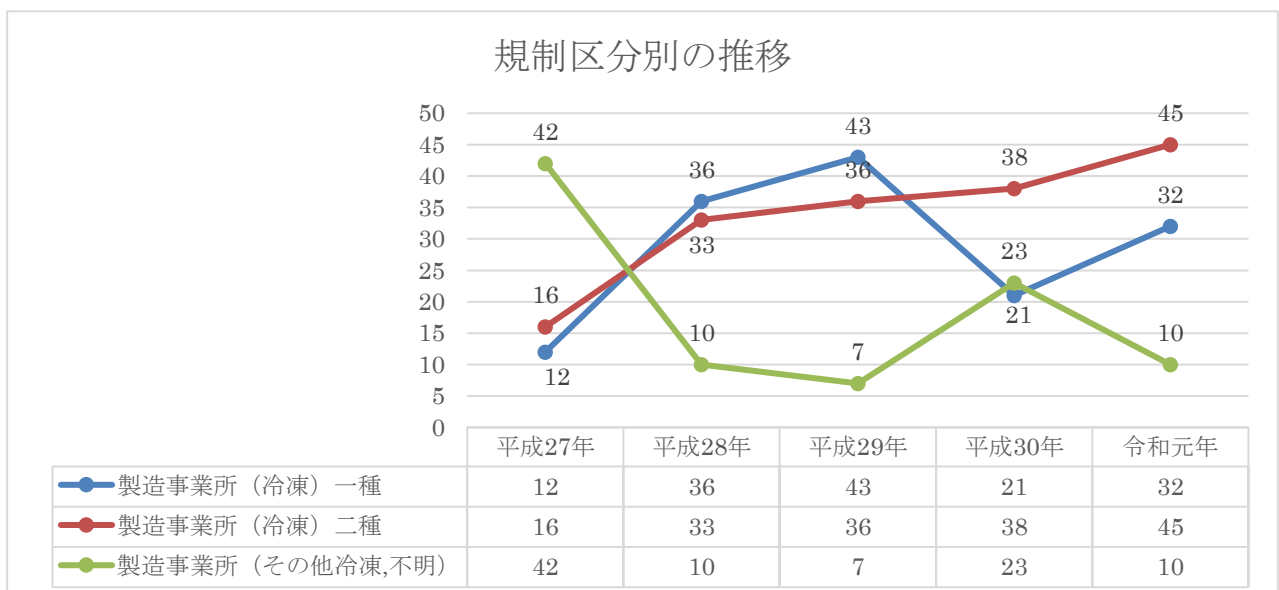


図10 規制区分別の事故件数の推移

6. 使用年数別の解析

使用年数別に事故件数を比較した結果を、図 11 に示す。図 11 から、年数を経過すると事故件数が増加することが分かる。特に、10年以上経過すると事故件数が急増し、20年以上では倍増していることが分かる。

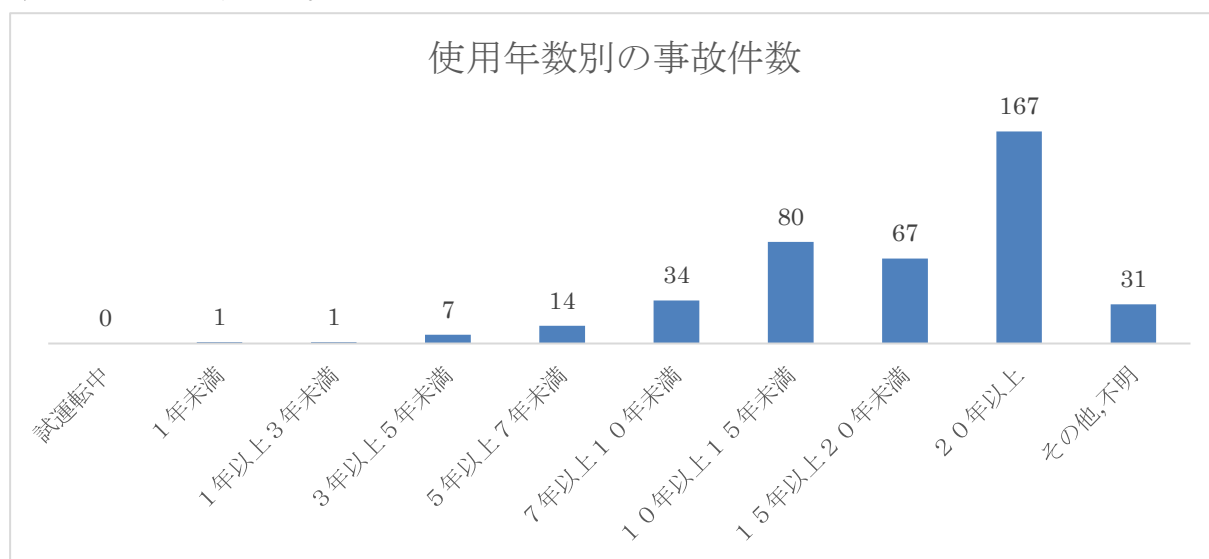


図 11 使用年数別の事故件数

7. 注意事項

冷凍設備は、冷凍保安規則(昭和 41 年通商産業省令第 51 号)第 7 条第 1 項第 4 号、第 7 条第 2 項、第 8 条第 2 号、第 12 条第 1 項、第 12 条第 2 項、第 13 条、第 57 条第 1 号、第 64 条第 3 号において、腐食により冷媒ガスが漏えいしないことが要求されている。このことから腐食軽減に有効である措置を、次にまとめた。

(1) 設計時の腐食軽減

- フロンに対しては2%を超えるマグネシウムを含有するアルミニウム合金は、腐食性があるので使用してはならない。また、アンモニアに対しては銅および銅の合金、クロルメチルに対してはアルミニウムおよびアルミニウム合金を使用してはならない。さらに、常時水に触れる部分には、純度が 99.7%未満のアルミニウム(適切な耐食処理を施したものを除く)を使用してはならない。以上が冷凍保安規則の機能性基準(令和元年 6 月 14 日 20190606 保局第 6 号)20.「冷媒設備に用いる材料」に示されている。腐食を軽減するためには、腐食しにくい材質、部品の選定などを設計時にしっかりと検討する必要がある。
- 構造部材と腐食環境との接触をなるべく避け、構造的に必要な金属の耐食性が不十分な場合は、より耐食性が優れた金属を使用する。また、防錆塗装などの耐食被覆を使用者と協議のうえ必要に応じて実施する必要がある。
- 設計時に腐食環境での使用が想定される場合には、必要に応じて強度上要求される肉厚に腐食による損傷を見込んだ厚さ、腐食しろを加えた肉厚とする必要がある。
- 天井裏、地下ピットなどは、湿潤環境になりやすいため、換気設備の設置が必要である。
- 事業者は冷凍機が使用される条件を、設計者に十分な情報提供をする必要がある。また、設計者は腐食軽減のための設計思想を、事業者に伝達することが重要である。

(2) 施工時の腐食軽減

① 冷凍機、配管などの施工時

- 配管を施工する際には、一般社団法人日本冷凍空調設備工業連合会の「冷凍空調設備の冷媒配管工事 - 施工標準 - 」に準拠する必要がある。
- 機器本体および配管は、腐食しにくい場所に設置する必要がある。
- 冷媒配管の施工の際は、工事中に浸入する空気、水分、埃の除去を十分に行わなければならない。特に、配管施工の作業後に冷媒を注入する前には、必ず真空乾燥を実施する必要がある。また、雨天時の配管工事は避ける必要がある。
- 溶接時に発生するオーバラップとアンダカットは狭いすき間を形成すると、すき間腐食の原因になることがあり、溶接施工に注意し必要に応じて溶接後に非破壊検査を実施する必要がある。
- 銅鋼ソケット部分と銅鋼接続のろう付け部分では、銅鋼に電位差を生じ、異種金属接触腐食が発生するため、銅鋼接触部にはカチオン電着塗装などの防食塗装を実施する必要がある。

② 保温材施工時

- 保温材は、日本産業規格の「保温保冷工事施工標準(JIS A 9501:2019)」に規定された材料または準拠した材料を使用する必要がある。
- 保温材の防水対策(保温カバー)を実施する必要がある。
- 雨水、結露した水分などが保温カバーの隙間から浸入し、腐食を生じる原因となっていることから、適切なコーキングによる水分の浸入防止、水抜きなどの処置を講じる必要がある。
- 配管を腐食させる成分を含まない保温材を使用する必要がある。

(3) 運転中の腐食軽減

① 点検時

- 保温材の内側で腐食が進行するケースが多いことから、着霜が見られる箇所は保温材の損傷により水分が浸入している証拠であり、定期点検時に保温材を取外し、腐食状況の確認をする必要がある。特に豪雨、台風、積雪などの後に点検することが重要である。
- 壁貫通部、天井裏、地下ピットなどは点検が難しく見落としやすく、かつ外部からの水分の浸入による腐食の影響を受けやすいので、あらかじめ定期点検時のポイントとして定めておく必要がある。
- 環境による腐食、例えば温泉地、沿岸部、腐食性ガスが発生する場所などでは、冷凍機器およびガス配管に対する腐食に日常から注意が必要である。
- 床面は湿気が多いため、床面に近い配管は腐食が進行しやすく、防錆塗装などの保守が難しく、見過ごしやすいので、日常から注意が必要である。
- 水分を吸収したドライヤ内の乾燥剤は、乾燥したものと交換する必要がある。また、冷凍装置の冷媒系統に水分が存在すると、膨張弁での詰まり、金属材料の腐食などが冷凍機の各部に影響を及ぼすことがある。
- 運転条件に変更があった場合には、保温材の必要厚さを再検討する必要がある。
- フロンを冷媒として使用する業務用の空調機器および冷凍冷蔵機器の所有者などは、フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律により簡易点検(3カ月に1回以上)および定期点検(1年または3年に1回以上)が義務付けられている。定期点検では、発報液、漏えい検知器、非破壊検査により漏えいの有無を確認するが、簡易点検では目視により冷凍機、配管などの腐食、錆、油にじみなどを確認する必要がある。腐食に関しては、特に次の部分を注意して点検する必要がある。

- 冷媒管に腐食がないか。
- 保温カバーが劣化または破損していないか。
- 保温カバー継目のコーキングが劣化または切れていないか。

② 水質管理

- 水質管理には日本冷凍空調工業会の水質基準「冷凍空調機器用水質ガイドライン JRA-GL02:1994」を遵守する必要がある。参考資料として表 3.1「冷却水・冷水・温水・補給水の水質基準値」を資料 2 に添付する。なお、水質管理のため化学薬剤を使用する場合は、その特性、管理などについて、メーカーと相談のうえ対応する必要がある。
- 凝縮器で使用される冷却水および蒸発器で使用される冷水は、一般に水道水、工業用水または地下水が使用されるが、水中に有害な成分が溶け込んでいる場合には、冷媒管(コイル、チューブ、プレートなど)を外部から腐食させる。
- 開放式冷却塔に使用する冷却水は、大気中のガス、塵などを取り込むので水質を常に確認する必要がある。水質が酸性になった場合は、循環水を新しい水と入れ換えるか、中和作業を行う必要がある。酸性の水をそのまま放置すると金属を腐食し、冷媒が漏えいする。
- 水質が基準値内の場合であっても、冷却水および冷水は、循環しながら使っているうちに水が濃縮し、カルシウム、シリカなどが付着するので、その除去清掃が必要である。
- 密閉式の冷却塔は、冷却水が密閉回路となっていて外気と直接接触しないため、大気中の物質による冷却水の汚れを防止することができる。
- 防食効果が得られる化学薬剤(防食剤:インヒビター)は、腐食環境に添加することで不動態被膜などを生成し、防食することができる。

8. 参考文献

- 1) 第 16 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 高圧ガス小委員会資料
- 2) 事例ごとの注意事項(経済産業省委託事業)「アンモニア冷凍空調設備の事故防止の注意事項」
https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/ammonia_ruikei.pdf
- 3) 事例ごとの注意事項(経済産業省委託事業)「冷凍機器の機器製造者の注意事項について(2019/03/12)」
https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/2018/2018_02_Reitou.pdf
- 4) 事例ごとの注意事項(経済産業省委託事業)「冷凍保安規則適用事業所の高圧ガス事故の注意事項について(2018/03/30)」
https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/2018/2017_02_reitou.pdf
- 5) 機関誌「高圧ガス」、Vol.57、No.608、p18-20(2020)
- 6) 令和元年度高圧ガス事故事例データベース

水冷オイルクーラー汚
れ付着
(シェルチューブ型)

・汚れが付着し、管が詰まると油温異常の不具合が発生する。



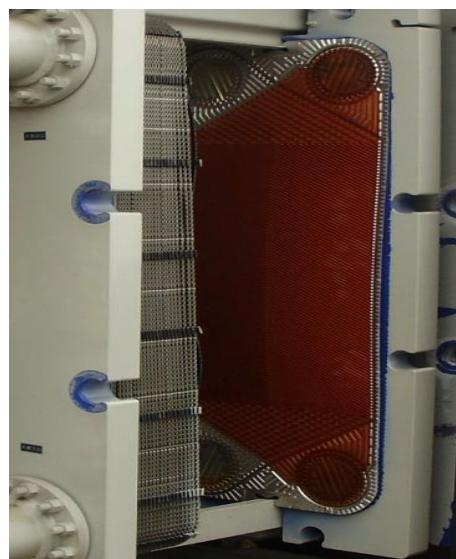
水冷凝縮器腐食
(シェルチューブ型)

・冷却水の水質不良などによりチューブ内が腐食し貫通することで冷媒がシェル側に漏れいする。



プレート式熱交換器腐食

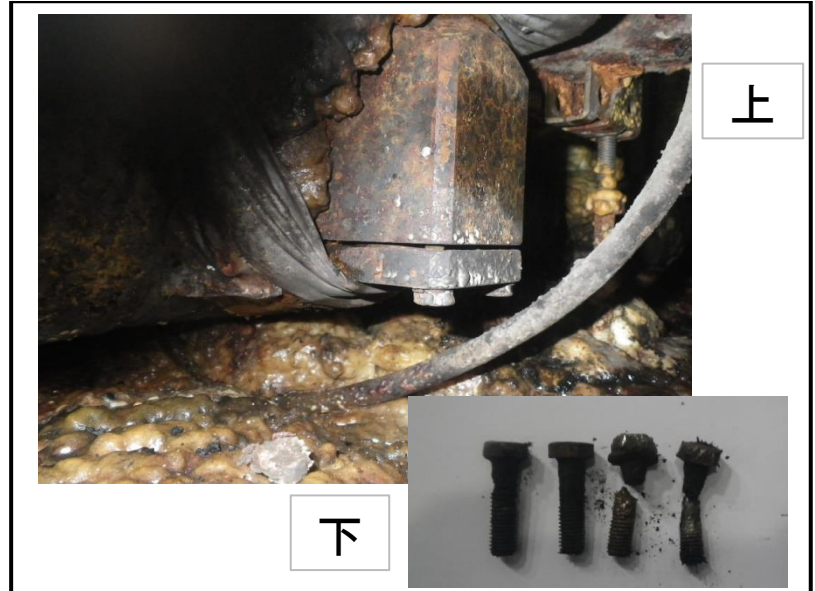
・プレート式熱交換器は長期間メンテナンスを怠ると伝熱面に汚れなどが発生し腐食により冷媒漏れが発生する。



膨張弁ストレーナカバー ボルト腐食

(上: ストレーナ、下: 腐食したボルト)

- ・天井裏に設置され、保温材で被覆されていた。
 - ・ストレーナの本体とカバーの間にすき間ができる構造であり、すき間に結露水が溜まりカバー固定用ボルトが腐食し、4本中2本が破断したため冷媒漏えいが発生した。
- (写真: KHK 事故概要報告「冷凍設備のストレーナーカバーからの冷媒漏えい」より引用)



配管腐食

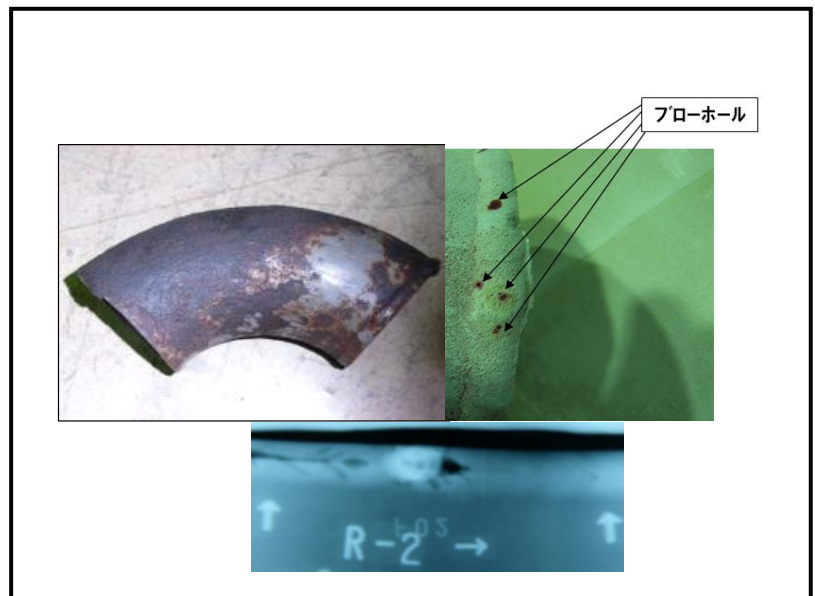
- ・保温材をはがしたところ塗装が剥がれ一様に減肉していた状況。



配管腐食

- ・保温材で被覆されていた。
- ・ポンプ吐出配管の立ち上がりエルボ部の溶接部で漏えい。

(写真: KHK 事故概要報告「冷媒配管エルボ部溶接部からの漏えい」より引用)



保温カバーコーキング剥離

・雨水などが保温カバーの隙間から浸入し腐食の原因となる。



保温材の劣化

・長期間において風雨、日光にさらされていることで保温材は劣化する。さらに、保温材の内部配管で腐食が進行する。



保温材の適切な施工

・右: ユニット出口配管とユニットの雨仕舞いが適切に施工されている。

・左: ユニット出口配管とユニットが適切に雨仕舞いされていないためユニット内に雨水が浸入してしまう。また保温カバーが施工されていない部分は保温材に雨水が浸み込む。



左

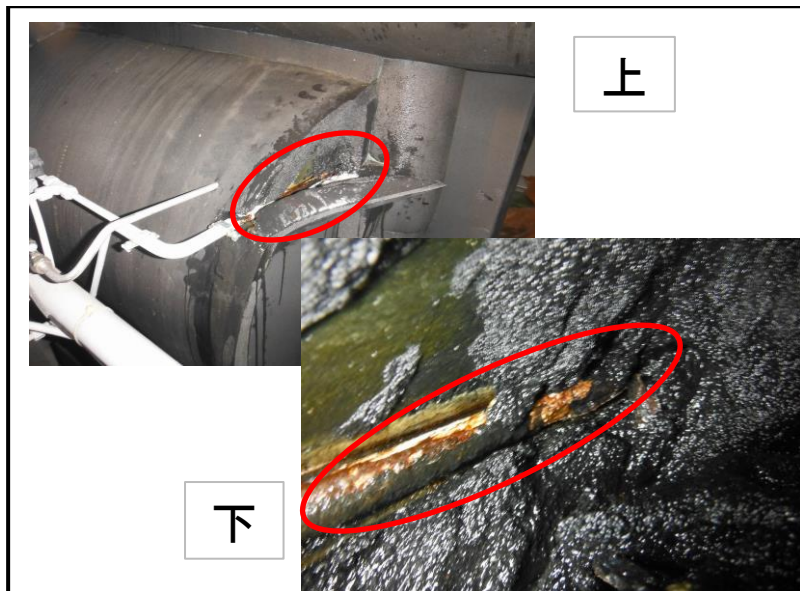


右

保温材貫通配管
(上:漏えい時の状況、
下:漏えい箇所拡大)

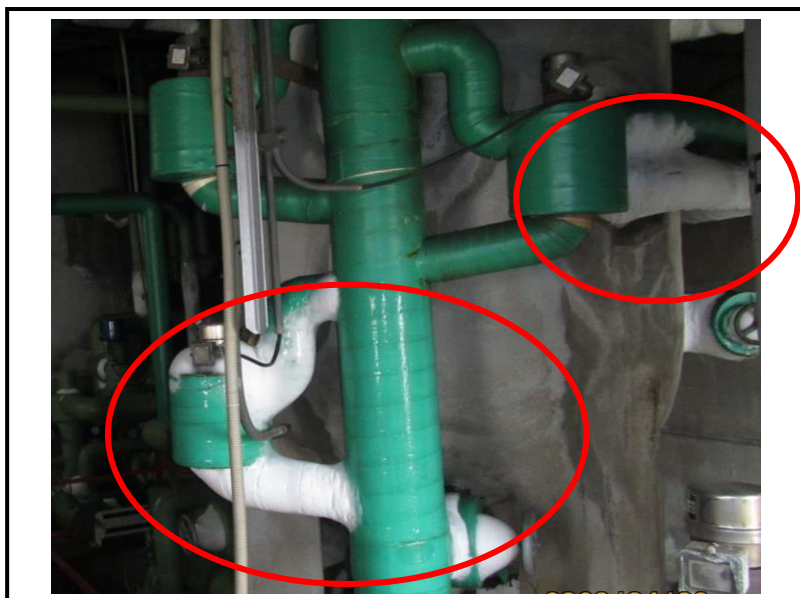
- ・オイルタンクと油戻しの間の配管(計装用の配管)で、設置スペースを小さくするために、保温材の中を貫通する構造となっていた。
- ・この保温材下で配管が腐食し、ピンホールが生じたため、油とアンモニアが漏えいした。

(写真:KHK 事故概要報告「冷凍設備からアンモニア漏えい」より引用)



着霜

- ・着霜が見られる箇所は保温材の損傷により水分が浸入が認められる箇所であり、定期点検時に保温材を取外し腐食状況を確認する必要がある。



冷凍空調機器用水質ガイドライン JRA-GL02:1994

表 3.1 冷却水・冷水・温水・補給水の水質基準値⁽⁵⁾

社団法人日本冷凍空調工業会

項 目 ⁽¹⁾⁽⁶⁾	冷却水系 ⁽⁴⁾			冷水系		温水系 ⁽³⁾				傾向 ⁽²⁾		
	循環式		一過式			低位中温水系		高位中温水系				
	循環水	補給水	一過式	循環水 [20°C以下]	補給水	循環水 [20°Cを超え 60°C以下]	補給水	循環水 [60°Cを超え 90°C以下]	補給水	腐食	スケール生成	
基準項目	pH(25°C)	6.5～8.2	6.0～8.0	6.8～8.0	6.8～8.0	6.8～8.0	7.0～8.0	7.0～8.0	7.0～8.0	7.0～8.0	○	○
	電気伝導率(mS/m)(25°C) {μS/cm}(25°C) ⁽¹⁾	80 以下 {800 以下}	30 以下 {300 以下}	40 以下 {400 以下}	40 以下 {400 以下}	30 以下 {300 以下}	30 以下 {300 以下}	30 以下 {300 以下}	30 以下 {300 以下}	30 以下 {300 以下}	○	○
	塩化物イオン(mgCl/l)	200 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	30 以下	30 以下	○	
	硫酸イオン(mgSO ₄ ²⁻ /l)	200 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	30 以下	30 以下	○	
	酸消費量(pH4.8)(mgCaCO ₃ /l)	100 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	30 以下	30 以下		○
	全硬度(mgCaCO ₃ /l)	200 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下	70 以下		○
	カルシウム硬度(mgCaCO ₃ /l)	150 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	50 以下	30 以下	30 以下		○
	イオン状シリカ(mgSiO ₂ /l)	50 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下	30 以下		○
参考項目	鉄(mgFe/l)	1.0 以下	0.3 以下	1.0 以下	1.0 以下	0.3 以下	1.0 以下	0.3 以下	1.0 以下	0.3 以下	○	○
	銅(mgCu/l)	0.3 以下	0.1 以下	1.0 以下	1.0 以下	0.1 以下	1.0 以下	0.1 以下	1.0 以下	0.1 以下	○	
	硫化物イオン(mgS ²⁻ /l)	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	○	
	アンモニウムイオン(mgNH ₄ ⁺ /l)	1.0 以下	0.1 以下	1.0 以下	1.0 以下	0.1 以下	0.3 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	○	
	残留塩素(mgCl/l)	0.3 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.25 以下	0.3 以下	0.1 以下	0.3 以下	○	
	遊離炭酸(mgCO ₂ /l)	4.0 以下	4.0 以下	4.0 以下	4.0 以下	4.0 以下	0.4 以下	4.0 以下	0.4 以下	4.0 以下	○	
	安定度指数	6.0～7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○

(1) 項目の名称とその用語の定義及び単位は JIS K 0101 による。なお、{}内の単位及び数値は、従来単位によるもので、参考として併記した。

(2) 欄内の○印は腐食又はスケール生成傾向に関する因子であることを示す。

(3) 温度が高い場合(40°C以上)には一般的に腐食性が著しく、特に鉄鋼材料が何の保護被膜もなしに水と直接接触るようになっている時は防食薬剤の添加、脱気処理など有効な防食対策を施すことが望ましい。

(4) 密閉冷却塔を使用する冷却水系において、閉回路循環水及びその補給水は温水系の、散布水及びその補給水は循環式冷却水系の、それぞれの水質基準による。

(5) 供給・補給される源水は、水道水(上水)、工業用水及び地下水とし、純水、中水、軟化処理水などは除く。

(6) 上記 15 項目は腐食及びスケール障害の代表的な因子を示したものである。