# 冷媒漏えい事故への対応について

2013年11月

一般社団法人 日本冷凍空調工業会

#### 1. 冷媒漏れの危険度と認識

- 1.1 フルオロカーボンの冷媒漏えいが発生した場合に生じる事故の危険度(参考資料1)
  - ・少量の冷媒漏れでは人体への影響はない。
  - ・冷媒漏れが多くなるとめまいや気分が悪くなる場合がある。 (平成13年1件、平成15年1件、平成18年2件、平成22年1件)
  - ・直接冷媒が人に触れると凍傷や、目に入ると失明を起こすおそれがある。
  - ・地下室など密閉された場所に冷媒が溜まり込んだ場合や、短時間に大量の冷媒が漏えいした場合、その場所に人がいると酸素欠乏症(以下、酸欠と称す)状態になり(平成13年1件、平成15年1件)、最悪の場合は死亡に至ることが考えられるが、酸欠による死亡事故は平成8年以降発生していない。

(推定市場ストック数約20万台、19年間で11件の人身事故から、人身事故発生確率は2.9ppm)

#### 1.2 安全処置と現状

死亡・重傷などの重篤な事故は、換気処置が不十分なことが原因で発生しているケースがあった。 冷凍空調装置の施設基準(高圧ガス保安協会(以下、KHKと称す)が策定した基準)に記載された、換気のための開口部の設置、機械換気装置の設置やセンサー等による漏れ検知・警報などの安全基準を順守することで、重篤な事故発生に歯止めがかけられている。

一般社団法人 日本冷凍空調工業会(以下、日冷工と称す)は、マルチ形のパッケージエアコンディショナの販売台数増加に合わせ、万が一冷媒が大量に漏れた場合、死亡事故につながる酸欠防止のため、冷媒漏えい時の安全確保のためのシステム選定と施工および換気等の対策を規定した施設ガイドライン(マルチ形パッケージエアコンの冷媒漏洩時の安全確保の為の施設ガイドライン。以下、冷媒漏えい防止ガイドラインと称す)JRA GL-13を平成10年に制定し運用している。最近の事故情報では、装置異常を検知し警報発報並びに機器停止し、日常点検、定期点検、オーバーホールなどの点検時に冷媒漏えいが発見される場合がほとんどで、安全に対する機能が働いている。

#### 2. 事故情報分析結果と対応

近年は重篤な事故の発生はないが、報告される事故内容のほとんどが冷媒漏えいであり、2008年~2011年の冷凍空調設備の事故情報200件に関し、KHK事故調査結果から約80%以上は疲労(67件(34%))と腐食(92件(46%))が原因で冷媒漏れが発生しているとの指摘がある。日冷工内部にて事故情報件数が多いフルオロカーボン設備の疲労(64件)・腐食(76件)の案件(参考資料2)と機器メーカからの冷媒漏えい対策などを調査した。

#### 2.1 疲労の事故調査結果と対応 (参考資料 2)

稼働後、数年で冷媒漏えいを起こした事故は、電磁弁、四方弁などの機器の固定がされていない、または不十分な事案があった。さらに、振動の加振源は、圧縮機の起動・停止による機械的変動だけでなく、圧縮機の回転数変動や電磁弁のON-OFFおよび四方弁切り換え時に発生する冷媒の液ハンマー(流体加振)があることなど、設計時の検討が十分であったとは言い切れない。

【対応】疲労による冷媒漏えい事故を防ぐには、加振力となる圧縮機振動と冷媒の液ハンマー(流体加振)があることを配慮した設計が重要である。加振力や最大応力の低減では、圧縮機動バランスのためのウエイトの適正化や組み立て精度の向上、流体加振にも配慮した配管、電磁弁、膨張弁、四方弁、ストレーナなど機器の適切な保持方法や、共振周波数のスキップ、マフラや絞り構造による流体加振力の抑制など、設計段階で配慮すべき事項として追記・強調して冷媒漏えい防止ガイドラインへ反映する。さらに、使用する周波数全域での応力測定による評価・検証など、設計開発段階のチェック体制強化なども継続的に行っていく。

稼働後10年未満で発生する冷媒漏えい事故には、ろう付け部の強度確保に対する設計配慮不足による疲労破壊や、熱応力が原因と思われる冷媒へッダー枝管ろう付け部の疲労破壊事象が見られ、同様の情報提供が機器メーカからもあった。

【対応】ろう付け継手は、冷凍保安規則関係例示基準にあるろう付け部の配管の外径と継手内径との差(隙間)を管理することや、最小はまり込み深さを確保することと、冷凍空調機器設備でも大きな温度変化が生じる箇所は、設計時に各材質の線膨張係数の違いによる伸縮量も検討し、問題が生じないことの確認を行うことなどを、冷媒漏えい防止ガイドラインへ明記する。

10年以上稼働している設備の疲労による冷媒漏れの発生箇所は、溶接部が最も多く、次いでキャピラリーチューブ、フレア部、ろう付け部や圧縮機の吐出管などとなっている。稼働年数が長い設備の冷媒漏れは、冷媒漏えいを起こしやすい箇所(溶接部、フレア部、ろう付け部)の腐食による強度低下が、圧縮機の振動や流体振動による疲労破壊を起こす原因となっていることも予想される。

【対応】接合方法は、フレア形の膨張弁からろう付け形の膨張弁へ変更するなど、フレア部を極力少なくする設計を今後とも推奨していく。

#### 2.2 腐食の事故調査結果と対応 (参考資料 3)

ラッキングや保冷材等の施工不良や劣化による水の侵入が、ろう付け部、溶接部、配管などを腐食させ、ピンホールの発生につながっている場合が多くあった。保冷材の中には銅の腐食を起こす成分(アンモニア等)を含んだものがあり、配管の腐食を助長し冷媒漏えいを起こす原因にもなっていたと予想される。

【対応】ラッキングや保冷材の適切な施工方法の教育と、銅配管を腐食する成分を含まない保冷 材の材質の選定を設計時に図面に明記し、現地施工業者への注意を呼びかけていく。 なお、防錆塗装は、冷媒漏えいの起こしやすい箇所(溶接、ろう付け部、配管)の腐食 対策に効果があるので、冷媒漏えい防止ガイドラインの設計段階で配慮すべき事項に明 記し推奨していく。

チリングユニットに代表される水を使う設備は、水質の悪化による伝熱管の腐食や、水配管中のごみや溶接くずなどがプレート式熱交換器や機器内部を詰まらせ局所的な腐食を誘発し、冷 媒漏えいを引き起こす場合があった。

【対応】日冷工は、冷凍空調機器用水質基準ガイドラインJRA GL-02を制定しており、お客様の適切な水質維持管理に役立てて頂くとともに、水質管理の重要性を広めていくことや啓発活動にも努めていく。またプレート式熱交換器の取り扱いに関する注意事項についてパンフレット(チリングユニットに用いられるプレート式熱交換器の取り扱いについて)を作成しており、広く一般に活用頂けるようにホームページにも掲載している。(参考資料4)

#### 2.3 特殊環境下への対応

使用環境の影響で、設備や配管などの劣化を加速し冷媒漏えいを起こす事例も見られた。

- 【対応】海岸地域、コンビナート周辺、温泉地など特殊な使用環境下では、環境の事前調査による設備や配管への影響度分析、塩害対策仕様の提示や塩害対策としてのアクリル樹脂塗装など、設置前の提案を勧めていく。
- ・耐塩害に関しては、日冷工が建設省(現:国土交通省)からの要請で制定した空調機器の耐塩 害試験基準JRA 9002がある。
- ・腐食成分に関しては、一般社団法人 日本伸銅協会編集の「銅及び銅合金の耐薬品性に関する資料」が参考になる。

#### 2.4 稼働年数に応じたメンテナンスの重要性

疲労・腐食による冷媒漏えいは、10年以上の稼働設備での発生が65%以上ある。冷媒漏えい対策は、機器設備の設計・製造・施工の対応だけでは十分ではない。機器設備を長く安全に使用頂くためには、日常点検、定期点検や、機器に使用している0リングなどシーリング部の定期的な点検・交換も必要であり、適切なメンテナンスが確実に行われることが不可欠である。

【対応】日冷工は、種々の保守メンテナンスに関するガイドラインを作成・整備しており(参考 資料5)、広く一般に活用頂けるようにホームページにも掲載している。

中環審・産構審の合同小委員会にて報告されている実証モデル事業による機器の定期点 検効果は、冷媒漏えい量低減によるCO<sub>2</sub>排出抑制だけでなく、冷媒漏えい防止の保守・保 全の促進にもつながることや、冷媒漏えい点検の制度化の動きが本格化することもあり、 これらのガイドラインを充実し有効な点検となるように推進していく。

#### 3. 今後の対応

#### 3.1 冷媒漏えい防止ガイドラインJRA GL-14の充実と啓発

冷媒漏えい防止は日冷工でも重要な事項として受け止めており、平成19年にフロン等対策ワーキンググループを設置し(参考資料6)、現在も活動を継続している。

フロン等対策ワーキンググループの中で、機器製造メーカとKHKからの事故情報を元に冷凍空 調機器の冷媒漏えい防止ガイドラインJRA GL-14を平成22年9月29日に制定した(参考資料7)。こ のガイドラインは設計・製造・施工・移動・使用・整備・廃棄の各ステージでの冷媒漏えい防止 に伴う要求事項を整備したものである。

今回の疲労・腐食の分析と対応や、平成5年から平成23年の事故情報約332件を元に検討した、現在のガイドラインで不足している点やさらに強調すべき点などについて見直し作業を行っており(参考資料3)、日冷工および日設連(一般社団法人 日本冷凍空調設備工業連合会)に加盟している各企業へ啓発活動を行っていく。

#### 3.2 冷媒漏えい点検(事故保全)から冷媒漏えい防止の保守・保全(予防保全)へ

さらに日設連と合同で実施している冷媒漏えい防止対策(参考資料8)の一つである冷媒漏えい点 検資格者制度では、従来は冷媒漏えい有無の確認が主体であったが、冷媒漏えいが起こりそうな 事象を発見した場合、その処置方法などの提案が行える冷媒漏えい防止の保守・保全技術者の養 成にも注力する。現在、教育資料やチェックリストなどの策定に取り組んでいる。

(JRA GL-14およびJRC GL-01(冷凍空調機器フルオロカーボン漏えい点検ガイドライン(日設連)) へ反映する予定)

なお、【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】が6月に公布された。その中に、第一種特定製品(業務用冷凍空調機器をいう)に使用されるフロン類の冷媒漏えいの抑制や防止のための施策がある。安全面と環境面の両面の観点から日冷工・日設連の点検制度の充実と教育強化及び種々のガイドラインの活用や啓発を行っていく。

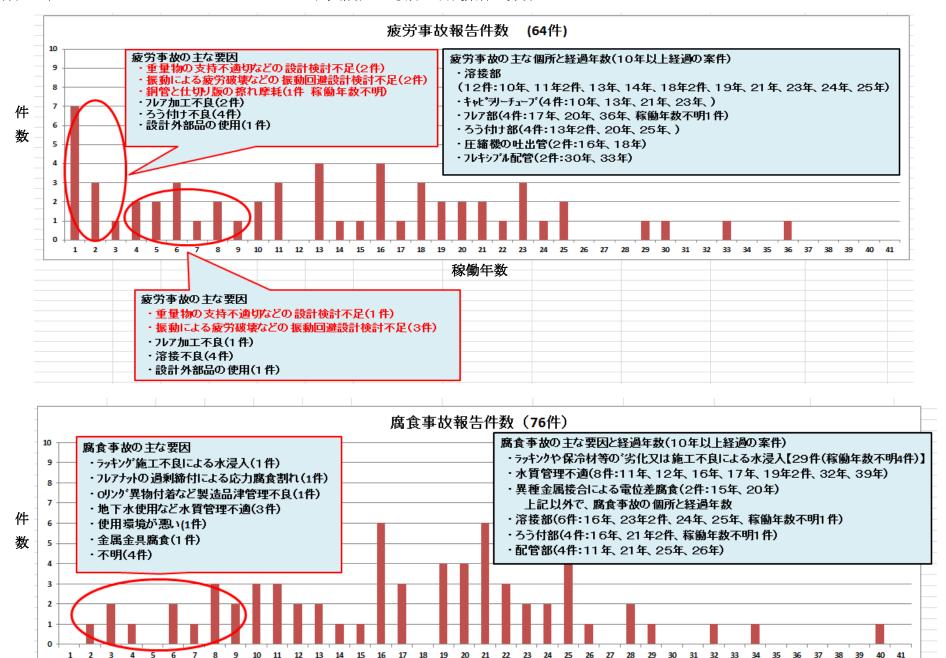
#### 3.3 継続的な事故情報分析・対応と情報の共有化と体制強化

日冷工内部の環境企画委員会、機械安全委員会、第 3 次漏えい対策ワーキンググループ、微燃性 冷媒安全対策検討ワーキンググループにて、事故情報の分析・対応と情報の共有化を継続して行 っていくとともに、より迅速に安全対策を講じるために安全対応委員会を立ち上げ現在活動を開 始している。

以上

# フルオロカーボンの事故報告件数と人身事故内容 (高圧ガス保安協会データより 除く 震災関連)

	_		"	7) H/)	4. J V.	7 7	-	^	жып	20	CAS	<b>+</b>	-	ТР						
平成	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	合計
事故 報告教	1	1	0	2	1	0	1	0	2	1	1	0	8	10	25	37	69	76	97	332
人身 死亡	0	1 (1)	0	2 (2)	1 (1)	0	0	0	2	0	1	0	0	2	0	0	0	1	1	11 (4)
人身事故内訳		修理中 冷煤の大気放 出時の嫌気不 良 ホースが れか冷煤が逆 流 ? ) 酸ケ死 換気処置不良		工事中 冷煤回収不中 ののようにはない。 で、からないで、で、からないで、で、からないで、で、からないで、で、で、で、で、で、で、で、で、で、で、で、で、で、で、で、で、で、で、	素ガスで気 密試験を				工事中 排出力がある。 から流入。 を大変の流入。 を大変のである。 を大変のである。 は、大変ののでは、大変ののでは、大変ののでは、大変ののでは、大変ののでは、大変ののでは、大変ののでは、大変ののでは、大変なりでは、大変ないないでは、大変ないないでは、大変ないないないでは、大変ないないないでは、大変ないないないないないないないないないないないないないないないないないないない		水産加工工場のトンストンストンスでは、アンスでは、アンスのでは、アンスのでは、アンスのでは、アンスをは、			和取り用と一夕配線の別様を のの被解を のの被解を ののでは のでは のでは のでは のでは のでは に でした。 体 に のでした。 体 に のでした。 体 に のでした。 体 に のでした。 体 は のでした。 体 に のでした。 体 に のでした。 体 に のでした。 体 に のでした。 体 に のでした。 体 に のでした。 体 に のでした。 は のでした。 に のでした。 に のでは のでいた。 に のでいた。 のでいた。 のでいた。 のでいた。 に のでいた。 のでいた。 のでいた。 のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでいた。 に のでは のでは のでは のでは のでいた。 に のでは のでは のでは のでは のでは のでは のでは のでは				落雷で瞬停し、 冷却ファン停止 高圧感新弁の3 台中ではかけます。 台中ではなかけます。 かまい 停電時間で不良 が表した。	の分配管 同士接触し 振動で原内 しピット川発 生して冷媒 が漏えい	
事故処置	. ₹	ニュアルに	τ.	漏えいは事	故との定義	村	け	H13 <sup>4</sup>	Ŧ	1		1	ڇ	社法施行H18年		1	1	1	1	
「産業事	故	対応会議」	設	置し所管60	・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	全対	策(	)注i	動喚起の文書	述	f H15年			ソフ。ライアソス意識向上	:					
高圧ガス	. <u>%</u>	害発生件数	<i>ነ</i> ን	増加傾	注意喚起						H16年	٢								
「参照事故分析·対策検討共同WG」設置 H20年																				
第10回高圧部会にて漏えい=事故との認識のもと都道府県アカト実施 H21年																				
第14高圧部会にて共通実題の抽出に活用できるとして微小漏えいも全て報告を義務付け H22年																				
「高圧ガス保安法事故措置マニュアル」の改正実施 漏えいの定義の厳格化(継手などandカニ泡程度and人的被害なし を満たさない案件は全て報告 H23年																				



稼働年数

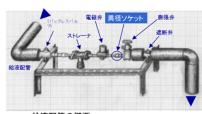
	GL-14追加候補 (案)									
疲労対策	冷媒の液ハンマー(流体加振)による補機部材の支持などによる振動防止対策 (新規)									
	配管に弁等の荷重をかけない(新規)									
	圧縮機の液封マウントや運転制御による加振力低減(追加)									
	異常振動、配管応力の評価・確認 (新規)									
	配管支持間隔の確保(新規)									
	フレア接続は極力止め、使用する場合も目視可能な場所、取り付け・取り外しの必要のある箇所に限定(追加)									
	溶接部、フレアー部、ろう付け部や配管、バンドなど金属腐食を防止しすることによる疲労破壊抑制(新規)									
	耐用年数を考慮した配管疲労解析 (追加)									
	天井内転がし配管の禁止(新規)									
	天吊りボルトへの配管固定禁止(新規)									
	フレキシブルチューブは芯ずれ、変位吸収のために用い、熱伸縮対策には用いない(新規)									
│ <b>│</b>	Uベント差し込み深さの確保(新規)									
	コイル管を使う場合、必ず真円修正を行う(追加)									
	冷凍空調設備の冷媒配管工事施工標準に記された防熱・防湿施工の実施(新規)									
腐	屋外裸配管の塗装処理(新規)									
食	<b>銅管を腐食する成分(アンモニア、硫化物など)を含まない断熱材の使用(追加)</b>									
対	JISA9501または9511に基づく保温材の使用(新規)									
策	保温材の厚み確保(新規)									
Ì	ガイドラインJRA GL02-1994に基ずく水質管理(新規)									
ŀ	逆さろう付けの禁止(新規) 									
$\dashv$	異種金属接触腐食の回避(新規)									
ŀ	取扱説明書に定める定期点検・部品交換の実施(新規)									
╻╻┃	保守・点検ガイドラインに基づく定期点検・部品交換の実施(新規)									
点	異常振動・冷媒の液ハンマーの有無を確認(新規)									
検な	配管接触がないかを確認(新規)									
اع	断熱材が劣化していないかを確認(新規) 溶接部、キャピラリー、ろう付け部、Uベントの腐食や劣化の確認(新規)									
_										
	ボルト・フレアナットの緩みを確認(新規) - 結索がたまる可能性が高い策略の庶命を無の攻認(新規)									
	結露がたまる可能性が高い箇所の腐食有無の確認(新規)									

# 冷媒の液ハンマー(流体加振)を考慮した設計 (疲労対策)

## 不具合事例

#### • 事故原因

ストレーナ、電磁弁、膨張弁などの<mark>重量物を配管で保持</mark>しおり、冷媒脈動による振動で、異径ソケットに割れが発生しやすくなっていた。

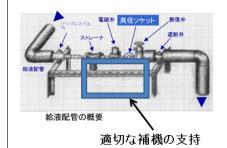


給液配管の概要

### 対策事案

#### • 事故対策

配管の途中の重量物(ストレーナ、電磁弁、 膨張弁、四方弁など)は、流体加振による変動も考慮し、支持する構造とする。

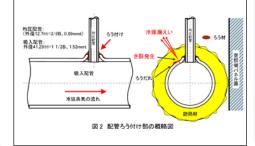


# 適切な<u>ろう</u>付け法 (疲労対策)

## 不具合事例

#### • 事故原因

均圧配管を吸入配管につばだし(スウェイジング加工)してろう付けしてた T字ろう付けの配管が、振動により繰り返し局所応力が過度に発生し疲労破壊の結果、冷媒漏えいが発生した。



# 対策事案

#### • 事故対策

ろう付けは、毛細管現象により適正な隙間 にろう材を流し込み、ろう付け強度を確保。 継手の最小はまり込み深さ:B寸法を確保 した形状にする。

例: 外側に立上げ



例: 内側に立上げ

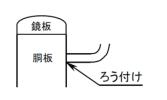


# 適切な<u>ろう</u>付け法 (疲労対策)

#### 不具合事例

#### • 事故原因

圧縮機の吐出管のろう付け部が、振動 により繰り返し局所応力が過度に発生 し疲労破壊の結果、冷媒漏えいが発生 した。

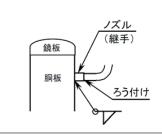


## 対策事案

#### • 事故対策

ろう付け強度の確保から、銅管を直接にろう付けをしない。

冷凍保安規則関係例示基準表23・8を順守。(胴の内径が160mm以下も含む)



# 銅配管の腐食を起こす成分を含まない 保温材の使用 (腐食・疲労対策)

#### 不具合事例

#### • 事故原因

保温材から油がにじみ出ていたので、 保温材を剥がしてみたら、配管が外面 腐食を起こし、ピンホールが発生し冷媒 が漏えいした。保温材にアンモニア成分 があり、銅配管を腐食していた。

#### 対策事案

#### • 事故対策

アンモニア成分など腐食成分を含まない 保温材を使用する。

#### 注意:

使用環境に含まれる成分(参考資料)よっても配管の外面腐食する場合があるので注意。

#### 参考資

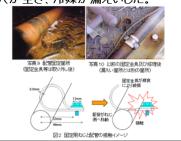
.<u>銅及び銅合金の耐薬品性に関する資料</u> - 伸銅品データブック(一般社団法人日本伸銅協会 編集)

# 金属腐食の防止のための防錆塗装 (腐食・疲労対策)

#### 不具合事例

#### • 事故原因

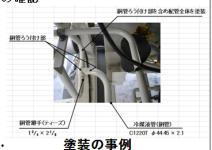
冷媒配管を固定している結束バンドが、経年劣化により破損して配管がキャピラリーチューブと接触し、運転中の振動が加わったため摩耗し、配管が減肉して穴が空き、冷媒が漏えいした。



#### 対策事案

#### • 事故対策

金属腐食を防止する防錆塗装の活用 日常点検や定期点検時に結束バンドの 緩みや破損のチェックと防錆塗装状態 の確認



# 水質管理基準の例

冷却水・冷水・補給水の水質基準値 (JRA-GL-02-1994)

/ カル・/ カル・/ 州和 ハリ / 八具 基 学 他 (UNA "UL" UZ " 1994 /											
l			冷却	水系	冷力	k系	傾	向			
l	項目		循環水	補給水	循環水	補給水	腐食	スケール			
$oxed{oxed}$					(20℃以下)			生成			
	pH	(25°C)	6.5~8.2	6.0~8.0	6.8~8.0	6.0~8.0		0			
	電気伝導率	(mS/m) (25°C)	80 以下	30 以下	40 以下	30 以下		0			
		$(\mu \text{ S/m})$ (25°C)	(800以下)	(300以下)	(400 以下)	(300 以下)	0				
基	塩化物イオン	(mgCl <sup>-</sup> /2)	200 以下	50 以下	50 以下	50 以下	0				
基準項目	硝酸イオン	$(mgSO_4^{2^{\scriptscriptstyle +}/\ell})$	200 以下	50 以下	50 以下	50 以下					
	酸消費量 (pH4.8)	$(\mathrm{mgCaCO_3}/\mathrm{Q})$	100 以下	50 以下	50 以下	50 以下	0	0			
	全硬度	$(\mathrm{mgCaCO_3}/\mathrm{Q})$	200 以下	70 以下	70 以下	70 以下	0	0			
	カルシウム硬度	$(\mathrm{mgCaCO_3}/\mathfrak{L})$	150 以下	50 以下	50 以下	50 以下		0			
	イオン状シリカ	$(\mathrm{mgSiO_2}/\mathrm{Q})$	50 以下	30 以下	30 以下	30 以下		0			
	鉄	(mgFe/ℓ)	1.0以下	0.3以下	1.0以下	0.3以下	0	0			
参考項目	銅	$(mgCu/\varrho)$	0.3以下	0.1以下	1.0以下	0.1以下	0				
	硫化物イオン	$(\text{mgS}^{2-}/\text{Q})$	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	0				
	アンモニウムイオン	$(mgNH_4^*/\mathfrak{Q})$	1.0以下	0.1以下	1.0以下	0.1以下	0				
	残留塩素	(mgC1/Q)	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0				
	遊離炭酸	$(\mathrm{mgCl}_2/\mathrm{Q})$	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	0				
	安定度指数		6.0~7.0	_	_	_	0	0			





① チリングユニット



④ がスとートホシプェアコン



② 業務用エアコン



⑤ エアハントリングユニット

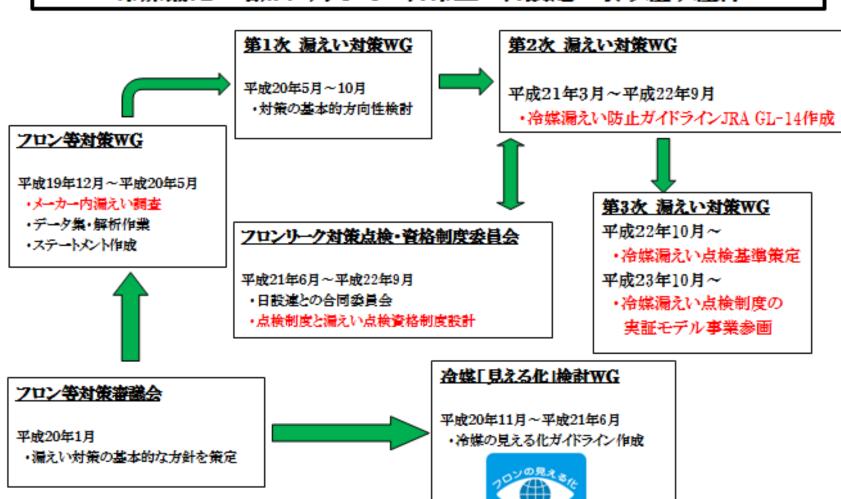


③ 全熱交換器



**⑥** コンテ・ンシング・ユニット

# KHK事故報告件数増加に伴う、 冷媒漏えい増加に対しての日冷工・日設連の取り組み経緯



# 日冷工ガイドラインJRA GL-14のポイント

# 重要ポイント(平成22年9月29日に制定)

- ・適用の範囲: 冷凍空調機器が設計・製造されて廃棄されるまでの機器に関わる広範囲な関係者。
- ・定期点検:冷凍空調機器に封入されている冷媒量に応じた期間による,冷媒漏えい点検の 実施。
- 点検記録の管理: 設置時から廃棄時までの冷媒量,漏えい点検,整備などの記録。













設計

製造

施工・移設

使用

整備

廃棄

- 1. 冷凍空調機器設計・製造に関わる配慮事項
- 2. 現地配管接続機器の設置に関わる要求事項
- 3.機器整備における漏えい防止要求事項
- 4. 設置後に実施する漏えい点検に関する要求事項
- 5. 移設に関わる漏えい防止要求事項
- 6. 機器廃棄に関わる漏えい防止要求事項



# 使用時漏えい防止策の4本柱

冷媒漏えい防止ガイドライン(日冷工) JRA GL-14 制定:2010/10/1

- 漏えい防止に配慮した設計
- 組立てに係わる配慮事項

冷媒配管工事施工標準 (日設連)策定 2012/2月

• 施工品質の確保

漏えい点検・修理ガイドラ イン(日設連)JRC-GL-01 制定:2010/10/1

- 漏えい点検の方法・手順
- 定期漏えい点検・修理の基準
- 点検・修理の記録簿(様式)

フルオロカーボン漏えい点検 資格者規程(日設連) 制定2010年9月

- 資格者の知見・技量
- 業務範囲
- 受講資格·講習内容