

経済産業省委託
令和 3 年度新エネルギー等の保安規制高度化事業

冷凍設備への低 G W P 冷媒の安全使用に係る
調査・検討報告書

令和 4 年 3 月
高压ガス保安協会

まえがき

高圧ガスの保安対策においては、科学技術の進歩、国際整合化の要請、社会的受容性等の観点から、基準の見直しに向けた検討をすることが常に重要である。

今後、エアコンやショーケースなどの冷凍設備の冷媒について使用されている代替フロンを低GWP（Global Warming Potential）冷媒への入替え（以下「レトロフィット」という。）や低GWP冷媒を使用した冷凍設備への更新の要望が増えてくると予想されている。

フロンは、燃えにくく、毒性がない特徴があるため、冷凍設備の冷媒に多く活用されてきたが、オゾン層を破壊するおそれがあることから、オゾン層保護のための国際的な取り決めにより、オゾン層を破壊しない代替フロンの普及が図られてきたところである。しかし、この代替フロンについても、オゾン層を破壊しない一方で地球温暖化効果が非常に高いことが報告され、2016年にモントリオール議定書が改正され、各国ごとに代替フロンの生産量・消費量の削減義務と削減スケジュールが合意された。日本については、代替フロン生産量、消費量それぞれの限度について、2019年より段階的に引き下げ、2036年には85%減を目標とすることが盛り込まれているところである。

これを受け、2019年1月にオゾン層保護法が改正され、代替フロンの生産量、消費量の限度が定められ、代替フロンの製造及び輸入する者は経済産業大臣の許可、承認を受けることとなった。

これにより、地球温暖化係数の高い冷媒ガスが市中から減少していき、既設の設備への冷媒補充や入替えの需要が今後、増加していくものと考えられる。

しかしながら、高圧法はレトロフィットを想定した規制体系になっていないことから、現行法令上のままレトロフィットを行うと、レトロフィット事業者が機器製造業者として、既設の冷凍設備に対して耐圧試験を行う、もしくは、当該設備を製造工場に移送して各種試験の実施を行わなければならないため、安全上問題のない設備へのレトロフィットについても過剰な対応が求められることが考えられる。

そこで、本事業ではレトロフィットを安全に実施することが可能となるよう調査・検討を行うとともに、その結果に基づき、必要に応じて規定の改正・整備に係る提言等を行った。

本委員会の活動にあたっては、ご多忙のところ、熱心に取り組んでいただいた委員長及び委員の方々、ならびに関係機関および業界からの献身的なご協力をいただき、心から御礼を申し上げる次第である。

高圧ガス保安協会

目 次

0. 用語の定義	2
1. 調査概要	3
1.1 目的	3
1.2 調査内容	3
1.3 調査実施体制	3
1.4 委員会開催状況	5
2. 冷凍設備への低GWP冷媒の安全使用に係る調査・検討内容	6
2.1 現行規制の整理	6
2.2 レトロフィットを実施することが可能な冷凍設備の検討範囲について	28
2.3 レトロフィットの実態について	31
2.4 レトロフィットが実施されている欧米諸国における法規制及び実施実態について	37
2.5 レトロフィットを実施する際の課題の整理	47
2.6 レトロフィット実施に係るガイドラインの作成について	50
2.7 特定不活性ガスに係る規定の改正・整備	55
3. まとめ	60
添付資料1 レトロフィット実態調査（A社）での図面関係	
添付資料2 Opteon XP40(R-449A) Retrofit Guidelines（ケマーズ）	
添付資料3 Honeywell レトロフィット実施例（Honeywell）	
添付資料4 Refrigerant ChangeOver Guidelines（EMERSON）	
添付資料5 Guidelines For Using（TECUMSEH）	
添付資料6 業務用冷凍冷蔵システム向け HCFC/HFC 冷媒から HFO 混合冷媒への冷媒換装レ トロフィットガイドライン（Honeywell）	

0. 用語の定義

本報告書では、以下の略称等を使用する場合がある。

ただし、経済産業省の仕様書や本委員会以外の資料を引用する場合は、その資料に基づくことを原則とするため、用語の不整合が生じる場合がある。

高压法	: 高压ガス保安法
冷凍則	: 冷凍保安規則
令	: 高压ガス保安法施行令
製造細目告示	: 製造施設の位置、構造及び設備並びに製造の方法等に関する技術基準の細目を定める告示
例示基準	: 冷凍保安規則の機能性基準の運用について
通達	: 高压ガス保安法及び関政省令の運用及び解釈について（内規）
KHK	: 高压ガス保安協会
冷凍業界	: 日本冷凍空調工業会とその会員企業（レトロフィット SWG）
業界	: 冷凍に係わる団体等
本委員会	: 冷凍設備への低GWP冷媒の安全使用に係る調査・検討委員会
レトロフィット	: 冷凍設備の冷媒を代替フロンから低GWP冷媒へ入れ替えること

1. 調査概要

1.1 目的

高压法の規制対象である冷凍設備を対象に、安全にレトロフィットを実施する方法について調査、検討を行うとともに、その結果に基づき、必要な規定の改正、整備に係る提言を行うことを目的とする。

1.2 調査内容

1.1 の目的を果たすため、本事業の実施計画書（仕様書）に基づく以下の調査、検討を行った。

- ① レトロフィットを実施することが可能な冷凍設備の範囲の調査、検討を行った。
- ② レトロフィットを実施する上で必要となる作業について調査、検討を行った。
- ③ 既にレトロフィットが実施されている欧米諸国における法規制及び実施実態の調査を行った。
- ④ 現行法上、レトロフィットの実施に係る規定の調査、検討を行った。
- ⑤ ①～④の結果に基づき、必要な規定の改正・整備に係る提言を行うとともに、現行法上、わずかに燃焼性を示す低 GWP 冷媒は、不活性ガスの一部である特定不活性ガスとしての分類から燃焼性に応じて可燃性ガス、特定不活性ガス、不活性ガスと同列扱いと変更する場合に必要な規定の改正・整備に係る提言を行った。

1.3 調査実施体制

本調査では、「冷凍設備への低 GWP 冷媒の安全使用に係る調査・検討委員会」を設置し、有識者、自治体及び業界関係者等の指導、助言を得て調査、検討を行った。同委員会の委員構成等は表 1-1 のとおりである。同委員会の開催実績を表 1-2 に示す。

表 1-1 冷凍設備への低GWP冷媒の安全使用に係る
調査・検討委員会

	氏名	所属、役職等
委員長	飛原 英治	独立行政法人 大学改革支援・学位授与機構 研究開発部 特任教授
委員	香川 澄	防衛大学校 システム工学群 機械システム工学科 教授
	酒井 猛	(一社)日本冷凍空調工業会 技術部 部長
	坂口 正友	(一社)日本冷凍空調設備工業連合会 技術部 部長
	佐藤 晋一郎	(公社)日本冷凍空調学会 保安委員会 委員長
	鈴木 隆博	日本チェーンストア協会 (イオン(株) 環境・社会貢献部 部長)
	石川 淳一	日本フルオロカーボン協会 (三井・ケマーズ フロロプロダクツ(株) 経営企画室 環境 対応渉外担当 主幹)
	乙呷 敬亮	東京都 環境局 環境改善部 環境保安課 ガス冷凍担当 主任

【関係者】

経済産業省 産業保安グループ 高圧ガス保安室

経済産業省 製造産業局化学物質管理課 オゾン層保護等推進室

根岸 康隆 日本ハネウエル(株)

葛西 毅之 日本ハネウエル(株)

田村 裕 (一社)日本冷蔵倉庫協会

宇都 慎一郎 Rubbia、LLC.

佐々木 俊治 日立ジョンソンコントロールズ空調(株)

藤本 肇 三菱電機(株)

【事務局】

高圧ガス保安協会 高圧ガス部

注) 敬称略、順不同

1.4 委員会開催状況

委員会の開催実績を表 1-2 に示す

表 1-2 委員会の開催実績

回	開催日	主な議事
1	2021 年（令和 3 年） 10 月 19 日（火）	・ 委員長の選任 ・ 実施計画書（仕様書）の説明 ・ 対象とする冷凍設備の範囲 ・ 現行規制の整理及び課題 ・ 調査の進め方
2	2021 年（令和 3 年） 12 月 24 日（金）	・ 対象とする冷凍設備の範囲 ・ 実態調査報告 ・ 欧米諸国における法規制の報告 ・ 現行規制の整理
3	2022 年（令和 4 年） 2 月 25 日（金）	・ 実態調査報告 ・ 現行規制の整理 ・ 特定不活性ガスの性能規定化について ・ 報告書（案）について

2. 冷凍設備への低GWP冷媒の安全使用に係る調査・検討内容

2.1 現行規制の整理

2.1.1 主な規制概要

冷凍設備における1日の冷凍能力と不活性ガス等の冷媒ガスの種類により、第1種製造者、第2種製造者及びその他製造に区分され、その区分に応じ、適用される規制が異なる体系となっている。

表2-1にそれぞれの区分に応じた主な規制の適否を示す。

表2-1 主な規制概要

主な規制		第1種製造者	第2種製造者	その他製造
都道府県知事等に製造の許可申請	高圧法第5条第1項	○	—	—
都道府県知事等に製造の届出	高圧法第5条第2項	—	○	—
設備に係る技術上の基準(許可・届出の基準)	冷凍則第7条	○	—	—
	冷凍則第12条	—	○	—
製造の方法に係る技術上の基準(許可・届出の基準)	冷凍則第9条	○	—	—
	冷凍則第14条	—	○	—
その他製造の基準	冷凍則第15条	—	—	○

(1) 設備に係る技術上の基準(第7条等)

①第1種製造者にあつては、冷凍則第7条の基準が、第2種製造者にあつては第12条の基準がそれぞれ適用される。

②第2種製造者にあつては、冷凍則第12条に基づき、第1種製造者に適用される冷凍則第7条第1項第1号から第17号までのうち、次の基準が適用される。

- ・第1号から第4号まで
- ・第6号
- ・第8号から第12号まで
- ・第14号から第17号まで

第5号、7号及び第13号の基準は適用されない。

③その他製造にあつては、設備に係る技術上の基準の適用はない。

(2)製造の方法に係る技術上の基準（第9条等）

- ①第1種製造者にあつては、冷凍則第9条第1号から第4号までの基準が適用される。
- ②第2種製造者にあつては、冷凍則第14条第1号の基準（試運転又は気密試験）及び同条第2号に基づく冷凍則第9条第1号から第4号までの基準が適用される。
- ③その他製造にあつては、冷凍則第15条第1号に基づく冷凍則第14条第1号の基準（試運転又は気密試験）及び第2号の基準が適用される。

(3)機器の製造に係る技術上の基準

冷凍則第 63 条において、高圧法第 57 条の経済産業省令で定めるものを次のとおり規定している。

もっぱら冷凍設備に用いる機器であつて、1 日の冷凍能力が 3 トン以上（ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン（可燃性ガスを除く。）又は空気にあつては、5 トン以上。）の冷凍機
よつて、第 1 種製造者、第 2 種製造者及びその他製造の全ての設備に機器の製造に係る技術上の基準が適用される。

また、冷凍則第 64 条において、機器の製造に係る技術上の基準を定めている。表 2-2 に「機器の製造に係る技術上の基準」についてまとめる。

表 2-2 冷凍則第 64 条の冷凍設備に用いる機器の製造に係る技術上の基準

冷凍能力 20 トン以上の機器の冷媒設備のうち、大臣が定める容器※	左 記 以 外 の 機 器	技術上の基準（冷凍則第 64 条）
○	－	（機器の製造に係る技術上の基準） 第六十四条 法第五十七条の経済産業省令で定める技術上の基準は、次に掲げるものとする。 一 機器の冷媒設備（一日の冷凍能力が二十トン未満のものを除く。）に係る経済産業大臣が定める容器※（ポンプ又は圧縮機に係るものを除く。以下この号において同じ。）は、次に適合すること。 イ 材料は、当該容器の設計圧力（当該容器を使用することができる最高の圧力として設計された適切な圧力をいう。以下この条において同

		じ。)、設計温度(当該容器を使用することができる最高又は最低の温度として設定された適切な温度をいう。以下この号において同じ。)、製造する高压ガスの種類等に応じ、適切なものであること。 ロ 容器は、設計圧力又は設計温度において発生する最大の応力に対し安全な強度を有しなければならない。 ハ 容器の板の厚さ、断面積等は、形状、寸法、設計圧力、設計温度における材料の許容応力、溶接継手の効率等に応じ、適切であること。 ニ 溶接は、継手の種類に応じ適切な種類及び方法により行うこと。 ホ 溶接部(溶着金属部分及び溶接による熱影響により材質に変化を受ける母材の部分をいう。以下同じ。)は、母材の最小引張強さ(母材が異なる場合は、最も小さい値)以上の強度を有するものでなければならない。ただし、アルミニウム及びアルミニウム合金、銅及び銅合金、チタン及びチタン合金又は九パーセントニッケル鋼を母材とする場合であつて、許容引張応力の値以下で使用するときは、当該許容引張応力の値の四倍の値以上の強度を有する場合は、この限りでない。 ヘ 溶接部については、応力除去のため必要な措置を講ずること。ただし、応力除去を行う必要がないと認められるときは、この限りでない。 ト 構造は、その設計に対し適切な形状及び寸法でなければならない。 チ 材料の切断、成形その他の加工(溶接を除く。)は、ロ及びハの規定によるほか、次の(1)から(4)までに掲げる規定によらなければならない。 (1) 材料の表面に使用上有害な傷、打こ
--	--	--

		ん、腐食等の欠陥がないこと。 (2) 材料の機械的性質を損なわないこと。 (3) 公差が適切であること。 (4) 使用上有害な歪みがないこと。 リ 突合せ溶接による溶接部は、同一の溶接条件ごとに適切な機械試験に合格するものであること。ただし、経済産業大臣がこれと同等以上のものと認めた協会が行う試験に合格した場合は、この限りでない。 ヌ 突合せ溶接による溶接部は、その内部に使用上有害な欠陥がないことを確認するため、高圧ガスの種類等に応じ、放射線透過試験その他の内部の欠陥の有無を検査する適切な非破壊試験に合格するものであること。ただし、非破壊試験を行うことが困難であるとき、又は非破壊試験を行う必要がないと認められるときは、この限りでない。 ル 低合金鋼を母材とする容器の溶接部その他安全上重要な溶接部は、その表面に使用上有害な欠陥がないことを確認するため、磁粉探傷試験その他の表面の欠陥の有無を検査する適切な非破壊試験に合格するものであること。ただし、非破壊試験を行うことが困難であるとき、又は非破壊試験を行う必要がないと認められるときは、この限りでない。
○	○	二 機器は、冷媒設備について設計圧力以上の圧力で行う適切な気密試験及び配管以外の部分について設計圧力の一・五倍以上の圧力で水その他の安全な液体を使用して行う適切な耐圧試験（液体を使用することが困難であると認められるときは、設計圧力の一・二五倍以上の圧力で空気、窒素等の気体を使用して行う耐圧試験）に合格するものであること。ただし、経済産業大臣がこれらと同等以上のものと認めた協会が行う試験に合格した場合は、この限りでない。

○	○	三 機器の冷媒設備は、振動、衝撃、腐食等により冷媒ガスが漏れないものであること。
—	○	四 機器（第一号に掲げる容器を除く。）の材料及び構造は、当該機器が前二号の基準に適合することとなるものであること。

※ 円筒形（内径 160mm を超えるものに限る。）、プレート形（内容積 15 リットルを超えるものに限る。）（製造細目告示第 11 条の 4）

2.1.2 冷凍能力と不活性ガス等の冷媒ガスの種類による区分

冷凍機では、表 2-3 に示すとおり、ガスの種類と冷凍機の冷凍能力により第 1 種製造者、第 2 種製造者、その他製造及び適用除外に区分され、その規制内容が決まる。ただし、指定設備については第 1 種製造者相当の冷凍能力であっても、第 2 種製造者の扱いに規制が緩和される。

表 2-3 ガスの種類と使用される冷凍機の冷凍能力との関係

根拠条文	冷凍能力 (RT ^{※1})	RT < 3	3 ≤ RT < 5	5 ≤ RT < 20	20 ≤ RT < 50	50 ≤ RT
	冷媒ガス					
高圧法第3条、第5条、第2条、4条	第1種ガス ※2	適用除外		その他製造	第2種製造者	第1種製造者
	第1種ガス以外のフルオロカーボン	適用除外	その他製造	第2種製造者		第1種製造者
	アンモニア	適用除外	その他製造	第2種製造者		第1種製造者
	その他（プロパン等）	適用除外	第2種製造者		第1種製造者	

※1 RT：一日の冷凍能力（単位 トン）の数値

※2 第 1 種ガス：ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）又は空気

2.1.3 レトロフィットに係る規制

2.1.1に示すとおり、レトロフィットを行う設備を設置している事業者（以下、「ユーザー」という。）は第1種製造者、第2種製造者、その他製造の3つに区分され、高圧法の規制対象の設備を保有している。

令和2年度の事業所数は表2-4のとおりとなっている。

表2-4 令和2年度事業所数

区分	事業所数			
	合計	フルオロカーボン		その他ガス (アンモニア等)
		不活性ガス	以外	
第1種製造者	5,199	3,542	10	1,647
第2種製造者	64,782	55,540	141	9,101

*出典：令和2年度高圧ガス保安年報より

補足1) その他製造については統計がないため詳細は不明であるが、第1種製造者、第2種製造者以上の事業所数があると推測される。

補足2) 表の事業所数は、レトロフィット対象設備を示しているわけではなく、令和2年度までの累計で都道府県等に申請のあった数を示す。

2.1.3.1 レトロフィットに係る法規制

(1)から(5)にそれぞれレトロフィットを行う際の冷媒ガス種の変更等に係る法規制（現行規制）について以下に示す。

(1)冷媒ガス種の変更（ユーザー規制）

都道府県知事等に、第1種製造者にあつては変更許可申請、第2種製造者にあつては変更届出の提出が必要である。

関係法令は以下に示すとおりである。

高圧法

条項	条文
第14条	（製造のための施設等の変更） 第十四条 <u>第一種製造者は、製造のための施設の位置、構造若しくは設備の変更の工をし、又は製造をする高圧ガスの種類若しくは製造の方法を変更しようとするときは、都道府県知事の許可を受けなければならない。</u>ただし、製造のための施設の位置、構造又は設備について経済産業省令で定める軽

	微な変更の工事をしようとするときは、この限りでない。 2 第一種製造者は、前項ただし書の軽微な変更の工事をしたときは、その完成後遅滞なく、その旨を都道府県知事に届け出なければならない。 3 第八条の規定は、第一項の許可に準用する。 4 <u>第二種製造者は、製造のための施設の位置、構造若しくは設備の変更の工事をし、又は製造をする高圧ガスの種類若しくは製造の方法を変更しようとするときは、あらかじめ、都道府県知事に届け出なければならない。</u>ただし、製造のための施設の位置、構造又は設備について経済産業省令で定める軽微な変更の工事をしようとするときは、この限りでない。
--	--

冷凍則

条項	
第 16 条	(第一種製造者に係る変更の工事等の許可の申請) 第十六条 <u>法第十四条第一項の規定により許可を受けようとする第一種製造者</u>は、様式第四の高圧ガス製造施設等変更許可申請書に変更明細書を添えて、事業所の所在地を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。 <u>2 前項の変更明細書には、第三条第二項各号に掲げる事項のうち、変更のあつた部分について記載しなければならない。</u>
第 18 条	(第二種製造者に係る変更の工事等の届出) 第十八条 <u>法第十四条第四項の規定により届出をしようとする第二種製造者</u>は、様式第六の高圧ガス製造施設等変更届書に変更明細書（認定指定設備の設置の工事をする旨を届け出ようとする者にあつては、指定設備認定証の写し）を添えて、事業所の所在地を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。 <u>2 前項の変更明細書には、第四条第二項各号に掲げる事項のうち、変更のあつた部分について記載しなければならない。</u>

説明)

- ①第 16 条 第一種製造者が変更の工事等の許可の申請をする際には、高圧ガス製造施設等変更許可申請書に変更明細書を添えて、事業所の所在地を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。

②第 18 条 第二種製造者が変更の工事等の届出をする際には、高圧ガス製造施設等変更届書に変更明細書（認定指定設備の設置の工事をする旨を届け出ようとする者にあつては、指定設備認定証の写し）を添えて、事業所の所在地を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。

(不活性ガスから特定不活性ガスへの冷媒ガス種変更による技術上基準の遵守事項の追加)

冷媒ガス種変更について、不活性ガスから特定不活性ガスに変更となった場合、冷凍第7条の技術上の基準が不活性ガスに比べ、追加事項が増えることとなる。

技術上の遵守事項が増えることにより、製造のための施設の位置、構造又は設備の変更となる場合もある。

表 2-5 に不活性ガスと特定不活性ガスの技術上基準の比較を示す。

表 2-5 技術上基準の遵守事項の比較

冷凍則条項	内容	不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）	特定不活性ガス
第7条第1項			
第1号	引火性又は発火性の物のたい積の状況 火気の付近にないこと	○	○
第2号	警戒標	○	○
第3号	漏えいガスが滞留しない構造		○
第4号	冷媒ガスが漏えいしない構造	○	○
第5号	耐震設計構造	○	○
第6号	冷媒設備の耐圧性能 冷媒設備の気密性能	○	○
第7号	圧力計	○	○
第8号	安全装置	○	○
第9号	安全弁等の放出管		
第10号	液面計		
第11号	液面計		
第12号	消火設備		
第13号	流出防止措置		
第14号	電気設備の防爆構造		
第15号	ガス漏えい検知警報設備		○
第16号	除害措置		
第17号	バルブ等の操作に係る措置	○	○

第7条関係の条文

特定不活性ガスの場合、機械通風装置、ガス漏えい検知警報設備等の設置が必要になる。

三 圧縮機、油分離器、凝縮器若しくは受液器又はこれらの間の配管（可燃性ガス、毒性ガス又は特定不活性ガスの製造設備のものに限る。）を設置する室は、冷媒ガスが漏えいしたとき滞留しないような構造とすること。

十五 可燃性ガス、毒性ガス又は特定不活性ガスの製造施設には、当該施設から漏えいするガスが滞留するおそれのある場所に、当該ガスの漏えいを検知し、かつ、警報するための設備を設けること。ただし、吸収式アンモニア冷凍機に係る施設については、この限りでない。

(2) 冷凍能力の変更（ユーザー規制）

ガスの種類の変更により、冷凍能力が変更となった場合の関係法令は以下に示すとおりである。

冷凍則

条項	
第5条	（冷凍能力の算定基準） 第五条 一～三（略） 四 前三号に掲げる製造設備以外の製造設備にあつては、次の算式によるものをもつて一日の冷凍能力とする。 $R = V / C$ この式において、R、V及びCは、それぞれ次の数値を表すものとする。 （略） <u>C 冷媒ガスの種類に応じて、それぞれ次の表の該当欄に掲げる数値又は算式により得られた数値</u> <u>これらの算式において、V_A、h_A及びh_Bは、それぞれ次の数値を表すものとする。</u> （以下、略）

冷凍則（製造計画書）

条項	
第3条第2項	（第一種製造者に係る製造の許可の申請） 第三条 1 （略） 2 前項の製造計画書には、次の各号に掲げる事項を記載しなければならない。 一 製造の目的 二 製造設備の種類 三 一日の冷凍能力（第五条に規定する算定基準によるものをいう。以下同じ。） 四 圧縮機の性能 <u>五 法第八条第一号の経済産業省令で定める技術上の基準及び同条第二号の経済産業省令で定める技術上の基準に関する</u>

	<u>る事項</u> 六 移設、転用、再使用又はこれらの併用（以下「移設等」という。）に係る冷媒設備にあつては、当該設備の使用の経歴及び保管状態の記録
第7条第1項第6号	（定置式製造設備に係る技術上の基準） 第七条 一～五（略） <u>六 冷媒設備は、許容圧力以上の圧力で行う気密試験及び配管以外の部分について許容圧力の一・五倍以上の圧力で水その他の安全な液体を使用して行う耐圧試験（液体を使用することが困難であると認められるときは、許容圧力の一・二五倍以上の圧力で空気、窒素等の気体を使用して行う耐圧試験）又は経済産業大臣がこれらと同等以上のものと認めた高压ガス保安協会（以下「協会」という。）が行う試験に合格するものであること</u>
第4条第2項	（第二種製造者に係る製造の届出） 第四条 1 （略） 2 前項の製造施設等明細書には、次の各号に掲げる事項を記載しなければならない。 一 製造の目的 二 製造設備の種類 三 一日の冷凍能力 四 圧縮機の性能 <u>五 法第十二条第一項の経済産業省令で定める技術上の基準及び同条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準に関する事項</u> 六 移設等に係る冷媒設備にあつては、当該冷媒設備の使用の経歴及び保管状態の記録
第12条第1項	第十二条 製造設備が定置式製造設備（認定指定設備を除く。）である製造施設における法第十二条第一項の経済産業省令で定める技術上の基準は、<u>第七条第一項第一号から第四号まで、第六号、第八号から第十二号まで及び第十四号から第十七号までの基準とする。</u> 2 （略）

説明) 製造計画書の各事項 (耐圧・気密試験の試験圧力・結果) に変更のあった場合は、変更明細書の中にその旨を記載する。

(3) その他製造に係る条文 (ユーザー規制)

対象は、その他製造である。

関係法令は以下に示すとおりである。

高圧法

条項	
第 13 条	(製造のための施設及び製造の方法) 第十三条 前二条に定めるもののほか、高圧ガスの製造は、経済産業省令で定める技術上の基準に従ってしなければならない。

冷凍則

条項	
第 15 条	(その他製造に係る技術上の基準) 第十五条 法第十三条の経済産業省令で定める技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。 一 <u>前条第一号の基準に適合すること。</u> 二 特定不活性ガスを冷媒ガスとする冷凍設備にあつては、冷媒ガスが漏えいしたとき燃焼を防止するための適切な措置を講ずること。

説明) 第 14 条第 1 号に定める基準の内容は以下のとおりである。

冷凍則

条項	
第 14 条	(第二種製造者に係る技術上の基準) 第十四条 法第十二条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。 一 <u>製造設備の設置又は変更の工事を完成したときは、酸素以外のガスを使用する試運転又は許容圧力以上の圧力で行う気密試験 (空気を使用するときは、あらかじめ、冷媒設備中にある可燃性ガスを排除した後に行うものに限る。) を行つた後でなければ製造をしないこと。</u> 二 (略)

(4) 指定設備の場合

関係法令は以下に示すとおりである。

冷凍則

条項	
第 6 2 条	(指定設備認定証が無効となる設備の変更の工事等) 第六十二条 <u>認定指定設備に変更の工事を施したとき、又は認定指定設備の移設等（転用を除く。以下この条及び次条において同じ。）を行つたときは、当該認定指定設備に係る指定設備認定証は無効とする。ただし、次に掲げる場合にあつては、この限りでない。</u> 一 <u>当該変更の工事が同等の部品への交換のみである場合</u> 二 認定指定設備の移設等を行つた場合であつて、当該認定指定設備の指定設備認定証を交付した指定設備認定機関等により調査を受け、認定指定設備技術基準適合書の交付を受けた場合 2 認定指定設備を設置した者は、その認定指定設備に変更の工事を施したとき、又は認定指定設備の移設等を行つたときは、前項ただし書の場合を除き、前条の規定により当該指定設備に係る指定設備認定証を返納しなければならない。 3 第一項ただし書の場合において、認定指定設備の変更の工事を行つた者又は認定指定設備の移設等を行つた者は、当該認定指定設備に係る指定設備認定証に、変更の工事の内容及び変更の工事を行つた年月日又は移設等を行つた年月日を記載しなければならない。

説明) 第 6 2 条の指定設備認定証が無効となる設備の変更の工事等の条項に該当しない場合は、指定設備認定証を返納しなければならない。

- (5) 冷凍則第 36 条第 2 項で示す冷凍保安責任者の選任不要の冷凍設備（以下、「ユニット形」という。）

冷凍則

条項	
第 3 6 条	（冷凍保安責任者の選任等） 第三十六条 1 （略） 2 法第二十七条の四第一項第一号の経済産業省令で定める施設は、次の各号に掲げるものとする。 一 製造設備が可燃性ガス及び毒性ガス（アンモニアを除く。）以外のガスを冷媒ガスとするものである製造施設であつて、次のイからチまでに掲げる要件を満たすもの（アンモニアを冷媒ガスとする製造設備により、二酸化炭素を冷媒ガスとする自然循環式冷凍設備の冷媒ガスを冷凍する製造施設にあつては、アンモニアを冷媒ガスとする製造設備の部分に限る。） イ 機器製造業者の事業所において次の（１）から（５）までに掲げる事項が行われるものであること。 （１） 冷媒設備及び圧縮機用原動機を一の架台上に一体に組立てること。 （２） 製造設備がアンモニアを冷媒ガスとするものである製造施設（設置場所が専用の室（以下「専用機械室」という。）である場合を除く。）にあつては、冷媒設備及び圧縮機用原動機をケーシング内に収納すること。 （３） 製造設備がアンモニアを冷媒ガスとするものである製造施設（空凝縮器を使用するものに限る。）にあつては、当該凝縮器に散水するための散水口を設けること。 （４） 冷媒ガスの配管の取付けを完了し気密試験を実施すること。 （５） 冷媒ガスを封入し、試運転を行つて保安の状況を確認すること。 ロ 製造設備がアンモニアを冷媒ガスとするものである製造施設にあつては、当該製造設備が被冷却物をブライン又は

	二酸化炭素を冷媒ガスとする自然循環式冷凍設備の冷媒ガスにより冷凍する製造設備であること。 ハ 圧縮機の高圧側の圧力が許容圧力を超えたときに圧縮機の運転を停止する高圧遮断装置のほか、次の（１）から（７）までに掲げるところにより必要な自動制御装置を設けるものであること。 （１） 開放型圧縮機には、低圧側の圧力が常用の圧力より著しく低下したときに圧縮機の運転を停止する低圧遮断装置を設けること。 （２） 強制潤滑装置を有する開放型圧縮機には、潤滑油圧力が運転に支障をきたす状態に至る圧力まで低下したときに圧縮機を停止する装置を設けること。ただし、作用する油圧が〇・一メガパスカル以下である場合には、省略することができる。 （３） 圧縮機を駆動する動力装置には、過負荷保護装置を設けること。 （４） 液体冷却器には、液体の凍結防止装置を設けること。 （５） 水冷式凝縮器には、冷却水断水保護装置（冷却水ポンプが運転されなければ圧縮機が稼動しない機械的又は電氣的連動機構を有する装置を含む。）を設けること。 （６） 空冷式凝縮器及び蒸発式凝縮器には、当該凝縮器用送風機が運転されなければ圧縮機が稼動しないことを確保する装置を設けること。ただし、当該凝縮器が許容圧力以下の安定的な状態を維持する凝縮温度制御機構を有する場合であつて、当該凝縮器用送風機が運転されることにより凝縮温度を適切に維持することができないときには、当該装置を解除することができる。 （７） 暖房用電熱器を内蔵するエアコンディショナ又はこれに類する電熱器を内蔵する冷凍設備には、過熱防止装置を設けること。 ニ 製造設備がアンモニアを冷媒ガスとするものである製造施設にあつては、ハに掲げるところによるほか、次の（１）から（３）までに掲げる自動制御装置を設けると
--	---

	もに、次の（４）から（８）までに掲げるところにより必要な自動制御装置を設けるものであること。 （１） ガス漏えい検知警報設備と連動して作動し、かつ、専用機械室又はケーシング外において遠隔から手動により操作できるスクラバー式又は散水式の除害設備を設けること。 （２） 感震器と連動して作動し、かつ、手動により復帰する緊急停止装置を設けること。 （３） ガス漏えい検知警報設備が通電されなければ冷凍設備が稼動しないことを確保する装置（停電時には、当該検知警報設備の電源を自動的に蓄電池又は発電機等の非常用電源に切り替えることができる機構を有するものに限る。）を設けること。 （４） 専用機械室又はケーシング内の漏えいしたガスが滞留しやすい場所に、検出端部と連動して作動するガス漏えい検知警報設備を設けること。 （５） 圧縮機又は発生器に、ガス漏えい検知警報設備と連動して作動し、かつ、専用機械室又はケーシング外において遠隔から手動により操作できる緊急停止装置を設けること。 （６） 受液器又は凝縮器の出口配管の当該受液器又は凝縮器のいずれか一方の近傍に、ガス漏えい検知警報設備と連動して作動し、かつ、専用機械室又はケーシング外において遠隔から手動により操作できる緊急遮断装置を設けること。 （７） 容積圧縮式圧縮機には、吐出される冷媒ガス温度が設定温度以上になった場合に当該圧縮機の運転を停止する高温遮断装置を設けること。 （８） 吸収式冷凍設備であつて直焚式発生器を有するものには、発生器内の溶液が設定温度以上になった場合に当該発生器の運転を停止する溶液高温遮断装置を設けること。 ホ 製造設備がアンモニアを冷媒ガスとするものである製造施設にあつては、当該製造設備の一日の冷凍能力が六十トン未満であること。 ヘ 冷凍設備の使用に当たり、冷媒ガスの止め弁の操作を
--	--

	必要としないものであること。 ト 製造設備が使用場所に分割して搬入される製造施設にあつては、冷媒設備に溶接又は切断を伴う工事を施すことなしに再組立てをすることができ、かつ、直ちに冷凍の用に供することができるものであること。 チ <u>製造設備に変更の工事が施される製造施設にあつては、当該製造設備の設置台数、取付位置、外形寸法及び冷凍能力が機器製造時と同一であるとともに、当該製造設備の部品の種類が、機器製造時と同等のものであること。</u> 二 フルオロカーボン百十四の製造設備に係る製造施設 3 法第二十七条の四第一項第二号に規定する冷凍保安責任者を選任する必要のない第二種製造者は、次の各号のいずれかに掲げるものとする。 一 冷凍のためガスを圧縮し、又は液化して高压ガスの製造をする設備でその一日の冷凍能力が三トン以上（ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン（可燃性ガスを除く。）又は空気にあつては、二十トン以上。アンモニア又はフルオロカーボン（可燃性ガスに限る。）にあつては、五トン以上二十トン未満。）のものを使用して高压ガスを製造する者 二 前項第一号の製造施設（アンモニアを冷媒ガスとするものに限る。）であつて、その製造設備の一日の冷凍能力が二十トン以上五十トン未満のものを使用して高压ガスを製造する者
--	---

説明）ユニット形と非ユニット形（第1種製造者、第2種製造者の冷凍保安責任者の選任が必要な設備）との規制の比較については次ページに示す。

【ユーザー規制】

【製造】

設 備 の 区 分	設備の種類	レトロフィットに伴う行政への手続き	備考
第 1 種 製造者 (許可)	非ユニット形 (冷凍保安責任者 要)	変更許可申請 高圧ガスの種類の変更 施設の位置、構造若しくは設備の変更工事	変更明細書に変更内容（ガスの種類、冷凍能力、設計圧力、耐圧・気密試験の結果等）を記載。
	ユニット形 (冷凍保安責任者 不要)		上記に加え、冷凍能力の変更により、ユニット形の設備に係る技術上の基準に適合できなくなるため、 <u>非ユニット形に変更。</u>
第 2 種 製造者 (届出)	非ユニット形 (冷凍保安責任者 一部要)	変更届出申請 高圧ガスの種類の変更 施設の位置、構造若しくは設備の変更工事	変更明細書に変更内容（ガスの種類、冷凍能力、設計圧力、耐圧・気密試験の結果等）を記載。
	ユニット形 (冷凍保安責任者 不要)		上記に加え、冷凍能力の変更により、ユニット形の設備に係る技術上の基準に適合できなくなるため、 <u>非ユニット形に変更。</u>
	認定指定設備 (冷凍保責任者 不要) (冷凍能力 50 トン以上の第 2 種製造者)	製造廃止届 (指定設備認定証が無効となる設備の変更工事を伴う場合)	変更後も設備を使用する場合には、 <u>第 1 種製造者の非ユニット形設備としての製造許可申請が必要。</u> KHK に指定設備認定証の返納届の提出が必要。
そ の 他 製造	—	なし	

(6) レトロフィットに伴い部品（膨脹弁等）の交換等、機器の組み立てを行う場合（第57条関係通達でいう機器製造業者（以下、「機器製造業者」という。）の規制）

機器製造業者に係る法規制について以下に示す。

高圧法

条項	
第57条	（冷凍設備に用いる機器の製造） 第五十七条 もつばら冷凍設備に用いる機器であつて、経済産業省令で定めるもの製造の事業を行う者（以下「機器製造業者」という。）は、その機器を用いた設備が第八条第一号又は第十二条第一項の技術上の基準に適合することを確保するように経済産業省令で定める技術上の基準に従つてその機器の製造をしなければならない。

説明）機器製造業者は、第57条に基づき機器の製造をしなければならない。

冷凍則

条項	
第63条	（冷凍設備に用いる機器の指定） 第六十三条 法第五十七条の経済産業省令で定めるものは、もつばら冷凍設備に用いる機器（以下単に「機器」という。）であつて、一日の冷凍能力が三トン以上（ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン（可燃性ガスを除く。）又は空気にあつては、五トン以上。）の冷凍機とする。
第64条	（機器の製造に係る技術上の基準） 第六十四条 一 機器の冷媒設備（一日の冷凍能力が二十トン未満のものを除く。）に係る経済産業大臣が定める容器（ポンプ又は圧縮機に係るものを除く。以下この号において同じ。）は、次に適合すること。 イ～ル（略） <u>二 機器は、冷媒設備について設計圧力以上の圧力で行う適切な気密試験及び配管以外の部分について設計圧力の一・五倍以上の圧力で水その他の安全な液体を使用して行う適切な耐圧試験（液体を使用することが困難であると認めら</u>

	<u>れるときは、設計圧力の一・二五倍以上の圧力で空気、窒素等の気体を使用して行う耐圧試験）に合格するものであること。</u>ただし、経済産業大臣がこれらと同等以上のものと認めた協会が行う試験に合格した場合は、この限りでない。 三 機器の冷媒設備は、振動、衝撃、腐食等により冷媒ガスが漏れないものであること。 <u>四 機器（第一号に掲げる容器を除く。）の材料及び構造は、当該機器が前二号の基準に適合することとなるものであること。</u>
--	--

説明) 機器製造業者は、部分品を交換する場合、第 64 条に基づき部分品を製造したものでなければならず、耐圧・気密試験等も必要になる。

高圧法（通達）（機器製造業者の定義）

条項	
第 7 条関係	（冷凍設備に用いる機器の製造） 第 57 条関係 機器の製造とは、機器をいわゆる素材から生産することのみならず、例えば圧縮機、凝縮器、受液器を部分品として機器を組み立てることも含まれる。したがって、<u>例えば機器の部分品を製造しても、それらを組み立てることなく、各個に販売する者は、本条でいう機器製造業者ではなく、反対にこれらを自ら製造することなく購入し、単に組み立てのみを行う者は、機器製造業者となる。</u>

冷凍則（通達）（第 64 条の証明書の取り扱い）

条項	
第 7 条関係	(1) ～ (3) (略) (4) <u>第 6 号の冷媒設備の設置に際し、規則第 64 条第 2 号に規定する気密試験及び耐圧試験に合格した旨の証明書（機器製造業者の証明書（検査員の氏名、資格及び番号を記載）を含む。）をもって、完成検査の際の資料として使用することができるものとする。</u> ただし、気密試験は次によるものとする。（以下、略）

説明) 第 64 条で製造した部分品について耐圧・気密試験に合格した証明書は、第 7 条の完成検査における耐圧・気密試験の際の資料として使用することができる。

2.1.3.2 レトロフィットに係る法規制の整理まとめ

レトロフィットを実施するにあたり、冷凍設備を使用する側（ユーザー側）と冷凍設備を製造し、組み立て等を行う側（メーカー側）に基準がかかる。ユーザー側としては、第1種製造者又は第2種製造者の場合には、都道府県知事等に「冷媒ガスの種類の変更」に伴う変更許可申請又は届出の手続きが必要になり、冷凍能力も変更する場合には、変更明細書にその旨の記載が必要である。なお、その他製造の場合には特段の手続きは求められていない。

一方、メーカー側としては、レトロフィット作業を行う際に部品の交換等機器の組み立てを行った場合は機器製造業者に該当する場合があるため、冷凍則第64条の技術上の基準の遵守義務が発生し、レトロフィット後の冷凍設備について耐圧性能、気密性能、強度の確認等が必要となる。

ここで、レトロフィット作業に伴う機器の組立て行為が発生せず、単に冷媒ガス種類の変更のみ行う場合については、レトロフィット作業を行った者が機器製造業者に該当するかどうかは必ずしも明確となっていないが、第1種製造者又は第2種製造者の場合には、変更明細書の中でレトロフィット後の冷凍設備が技術上の基準を遵守していることを証明することが求められているため、一般的にユーザー側は、これらの証明をレトロフィット事業者に要求するものと考えられる。

本委員会において議論となったことは、冷媒ガス種の変更により、変更許可申請等が必要となり、その際に冷媒ガスの設計圧力が変わることによる耐圧試験の実施が必要となるが、それに代わる方法案及びレトロフィットを行う事業者がメーカー規制である第64条の基準で主に気密試験、耐圧試験、強度の確認をどのように行うかが焦点となった。

なお、指定設備及びユニット形の設備へのレトロフィットについては、別途対策を講じないと指定設備及びユニット形設備のインセンティブが失われることとなることから別途検討が必要と考える。

2.2 レトロフィットを実施することが可能な冷凍設備の検討範囲について

2.2.1 冷凍設備の条件

レトロフィットが行われる設備は、高圧法の規制から外れる家庭用の小型冷凍冷蔵庫、小型の冷暖房設備、業務用の自動販売機や高圧法の規制を受ける大型の冷凍冷蔵庫まで幅広い機器が存在するが、本委託事業では、以下、(1)から(3)の条件に該当する設備について検討範囲とすることとした。

- (1) 高圧法適用の設備（第1種製造者、第2種製造者、その他製造の機器が対象）であること。
- (2) レトロフィットを行う冷媒ガスは不活性ガス^{*}のフルオロカーボンであること。
^{*}不活性ガスの中には特定不活性ガスも含まれる。
- (3) レトロフィットを行う冷媒がフロン類でないガス（自然冷媒（CO₂、空気等））でないこと。

2.2.2 対象設備の選定（冷凍設備の範囲）

2.2.1に示す条件の下、機器の冷媒量が多く、容易に更新ができない（設備投資が必要）、又はGWPが高い冷媒を使用しており今後サービス時の冷媒供給が減少するなどの理由から、今後、表2-6に示すレトロフィットの需要が高くなると予想される機器を選定し、これらを中心として検討することとした。なお、R22を冷媒ガスとする機器については高経年化したものが大多数であるため本委託事業では選定しなかったこと、及び表2-6に示す設備に限定することで、今後の開発が見込まれる新冷媒へのレトロフィット等を阻害するものではないことを申し添える。

表 2-6 レトロフィットの需要が高くなると予想される機器と対象冷媒ガス

	対象機器	現使用冷媒 (GWP)		レトロフィット 対応が想定され る冷媒 (GWP)
①	遠心式（ターボ式）冷凍機 (累計の推定出荷台数：6000～8000 台程 度)	R134a（不活性 ガス：HFC 冷 媒）(1430)		R1234yf (4) R1234ze (6) (特定不活性ガ ス：HFO 冷媒)
②	スクリー式冷凍機 (累計の推定出荷台数：1000 台程度)	R404A（不活性 ガス：HFC 冷 媒）(3920)		R407H (1495) R448A (1387) R449A (1396) (不活性ガス： HFC 冷媒)
③	別置形コンデンシングユニット* (ロータリー式、スクロール式、 レシプロ式) (累計の推定出荷台数：80 万台以上) (年間 9 万台程度生産)			R1234yf (4) R1234ze (6) (特定不活性ガ ス：HFO 冷媒)

GWP の値：IPCC 第 4 次評価報告書より

*コンデンシングユニット：圧縮機、凝縮器及び制御器等で構成されたもの。

2.2.3 レトロフィットを行う機器に使用される冷媒ガス

レトロフィット前後において、冷媒ガスの性質や圧力が大きく異なってしまうと、機器の性能を発揮できない等の運転に支障をきたすだけでなく、保安の確保も図られなくなるおそれがある。

そのため、レトロフィットは、冷媒ガスの蒸気圧等の物性が類似したもの同士において行うことが予想されており、現状でレトロフィットが想定される冷媒ガスの設計圧力を表 2-7 に示す。なお、設計圧力は、冷媒ガスの蒸気圧、機器の運転条件等により定めるものであり、表 2-7 に示す値を用いることが一般的である。

今後、レトロフィットが行われると想定される冷媒の設計圧力値の比較を表 2-7 に示す。

R134a からのレトロフィット

表 2-7 設計圧力値の比較

代替フロン

低 GWP フロン

飽和圧力（設計圧力）（MPa）	R134a		R1234yf	R1234ze
低圧部 38℃	0.87		0.87	0.63
高圧部 43℃	1.00		1.00	0.73
50℃	1.22		1.21	0.90
55℃	1.40		1.37	1.03
60℃	1.59		1.55	1.19
65℃	1.79		1.74	1.34
70℃	2.02		1.95	1.51

R404A からのレトロフィット

飽和圧力（設計圧力）（MPa）	R404A		R407H	R448A	R449A	R1234yf	R1234ze
低圧部 38℃	1.64		1.64	1.68	1.68	0.87	0.63
高圧部 43℃	1.86		1.86	1.90	1.90	1.00	0.73
50℃	2.21		2.21	2.26	2.25	1.21	0.90
55℃	2.48		2.48	2.53	2.53	1.37	1.03
60℃	2.78		2.78	2.83	2.83	1.55	1.19
65℃	3.11		3.11	3.16	3.15	1.74	1.34
70℃	—		3.46	3.51	3.50	1.95	1.51

出典）日本冷凍空調学会 冷媒定数の標準値より <https://www.jsrae.or.jp/site/technology.php>

備考）対象設備の現使用冷媒からレトロフィット対応が想定される冷媒の設計圧力値を表から比較すると、想定される代替フロンから低 GWP 冷媒への入れ替えにより、最大で約 0.05MPa 飽和蒸気圧（R404A→R448A・R449A）が高くなるため、冷凍設備の設計圧力の見直しが必要になる場合がある。

2.3 レトロフィットの実態について

2.3.1 レトロフィットの実態調査ヒアリング

実際にレトロフィットを実施したことがある3事業所を訪問し、レトロフィットの実施状況及び安全対策について実態調査（ヒアリング）を行った。（3社のうち1社は既に実施済）

ヒアリングを実施した事業者の概要については、以下、表2-8に示す。

表2-8 ヒアリング実施状況

月日	訪問先	業種	設置場所
令和3年12月14日	A社東京本社（レトロフィット実施後の調査）	メーカー	大阪府
令和4年1月6日 令和4年1月7日	B社（レトロフィット実施現場に立会）	ガス製造者	—
令和4年1月18日	C社（レトロフィット実施現場に立会）	小売店	—

2.3.1.1 A社レトロフィット実態調査報告

冷媒ガスメーカーより、冷凍機の製造、施工、メンテまでを手がけるA社がレトロフィットを行ったことがあるとの情報を得たことから、A社に対しレトロフィットの実態調査ヒアリングを行った。

本委託事業の範囲外であるR22からR404Aへのレトロフィットであるが、調査報告内容を公表できるものであり今回調査対象とした。

調査結果の詳細については、以下のとおりである。

(1) レトロフィット前後の機器の仕様

本件は、以下表のとおり、2013年に実施した海外製の蒸発器以外の部分品をA社製品に交換してレトロフィットを行った事例である。海外製の蒸発器については、R22からR404Aに冷媒ガスを変更（レトロフィット実施）し、引き続き使用している。以下表2-9にレトロフィット前後の比較を示す。（設備全体の図は添付資料1参照）

表2-9 レトロフィット前後の機器の仕様

	レトロフィット前	レトロフィット後
設置場所	大阪府	
設置年	1984年	2013年（蒸発器を除き、他全ての設備を更新）

製造の目的	油脂の冷却	
冷媒ガス 設計圧力	R22 (GWP1810) 高圧部 1.6MPa 低圧部 1.3MPa	R404A (GWP3920) 高圧部 1.86MPa 低圧部 1.64MPa
冷凍能力	63 トン	43.4 トン
高圧法的区分等	第1種製造者 (定置式製造設備、直接膨張式、非ユニット型)	第2種製造者 (定置式製造設備、直接膨張式、非ユニット型)
圧縮方式	レシプロ式	スクリー式
備考	海外製の蒸発器に他社の冷凍機が接続	海外製の蒸発器にA社の冷凍機を接続

※蒸発器を除く他全ての設備を更新し、冷凍能力が変更となったことから第1種製造者から第2種製造者に変更となった。

(2) 内容

①レトロフィットを行うまでの経緯

- 1984年に油脂冷却のため第1種製造設備（圧縮方式 レシプロ式、冷凍能力 63 トン）として許可申請を行い製造開始
- 2012年に冷媒問題（R22の全廃）を機に、ユーザーより冷媒種の変更と、一部機器の更新の要望あり。
- 2013年8月に、製造廃止届出を提出後、新規製造届出（第2種製造者（一部機器を残し））し、製造開始した。なお、納期とコストを勘案して、蒸発器は引き続き使用することとしたとのこと。

②レトロフィット作業フロー

以下に作業フローを示す。

旧設備（R22）冷媒回収 回収専門の業者にて実施（移動式製造設備にて回収）

↓

旧設備を撤去

↓

新設備（R404A）設置 蒸発器を残し、その他設備は更新

↓

新設備配管等工事

↓

既存設備のメンテナンス 既存設備について、R22→R404Aにレトロフィットを実施

レトロフィット実施時には、

・外観検査（配管の腐食等の目視）

*設備内部は、ビーズ又は砂が充填されているため内部の機器の目視検査はできないが、気密試験で漏えい検知機にて漏えいの有無を確認しているため、設備の損傷はないと判断している。

・冷凍機油の排出（窒素加圧によりドレン弁より排出）

・蒸発圧力調整弁(EPR)の点検、消耗品交換（パッキン類交換）

・安全弁の交換（計算結果にて、サイズ変更なし、圧力はレトロフィット後の設計圧力）

・レトロフィット後に冷媒の設計圧力による気密試験を実施（低圧部：1.64MPa）

↓

総合気密試験（R404A 高圧部：1.86MPa、低圧部：1.64MPa）高圧部と低圧部に分けて気密試験を実施。

↓

真空引き



冷凍機油充填 R404A 用の油を充填



冷媒充填 回収専門の業者にて実施（移動式製造設備にて R404A を充填）



試運転



製造開始

(3) 冷媒ガス種の変更に伴う既設部分の確認事項

①蒸発器

行政は製作時に、液圧 3.0MPa により実施した耐圧証明書を確認。R404A の低圧部の設計圧力の 1.5 倍は 2.46MPa であるから、R404A に変更後も耐圧性能を確保していると判断し、現場での耐圧試験を行っていない。

②配管部分

行政は、強度計算書により最小肉厚が十分確保されていることを確認。

③安全弁

事業所は、冷媒ガス種、圧力の変更となるため、口径を再計算したが、結果は変わらず。ただし、設定圧力は変わるので新規に交換した。

(4) 行政への対応

第 2 種製造者の申請にあたり、以下の書類を提出している。

なお、提出が必要な書類は、都道府県等の裁量もあるため、都道府県等によって異なるとのことであった。

①高圧ガス製造届出書、委任状

②各種証明書類（冷凍用圧縮機等耐圧試験、気密試験証明、既存設備の耐圧・気密試験証明書等）

③事業所付近の案内図

④製造計画書

⑤高圧ガスの施設等明細書（耐圧試験、気密試験等）

⑥現場配管系統図

⑦ユニット配管系統図

⑧工場全体図

⑨設備配置図

⑩冷凍能力計算書

⑪ユニット姿図

⑫コンデンザー図面

⑬レシーバー図面

⑭オイルセパレーター図面

⑮液分離器図面

⑯液戻し器図面

⑰蒸発器図面（既設）

行政は上記書類に加えて、下記の書類も確認していたとのことであった。

- ⑱初期の許可申請書
- ⑲初期製造施設完成証
- ⑳直近の変更許可証
- ㉑直近の製造施設完成検査証
- ㉒蒸発器の図面（既設）

2.3.1.2 B社レトロフィット実態調査報告

冷媒ガスメーカーより、産業用設備の施工、運営、メンテまでを手がけるB社において、産業用設備の附随する設備のレトロフィットを行うとの情報を得たことから、作業現場に立ち会った。

ここでは、立会調査で得られた情報について報告する。

補足)

情報については、企業秘密の部分もあるため、内容は非公開とする。

2.3.1.3 C社レトロフィット実態調査報告

冷媒ガスメーカーより、C社で冷蔵・冷凍用の別置型コンデンシングユニットのレトロフィットを行うとの情報を得たことから、作業現場に立ち会った。

ここでは、立会調査で得られた情報について報告する。

補足)

情報については、企業秘密の部分もあるため、内容は非公開とする。

2.3.2 まとめ

本委託事業では、2.3.1.1～2.3.1.3の3事業所のレトロフィット実態調査を実施した。そのうち1事業所については、既に実施済の事業所であり、残りの2事業所については実際の作業に立ち会い調査を実施した。

まずA社については、蒸発器（レトロフィット対象設備）を残し、その他は更新することにより第1種製造者から第2種製造者に変更となった事例である。

その蒸発器の冷媒ガス R22（GWP1810）から R404A（GWP3920）へのレトロフィットを行っており、設計圧力は、高圧部及び低圧部ともに僅かであるが上がることは作業前から確認していた。しかしながら、行政は製作時の耐圧証明書により、当該設備が液圧 3.0MPa で耐圧試験を実施した事を確認しており、R404A の低圧部の設計圧力の 1.5 倍は 2.46MPa であることから、R404A に変更後も耐圧性能を確保していると判断し、現場での耐圧試験を実施せず、書類のみの確認とした。また、同時に強度計算書にて圧力が上がることによる材料の強度（第 64 条第 1 号、4 号）確認も行っている。

なお、本設備のレトロフィットは設備を一部残し、他設備全般の更新という非常に珍しいケースであると考ええる。

次にB社については、産業用設備に附随する設備のレトロフィットを行った事例であり、レトロフィットは、冷媒ガス R507A（GWP3990）から R449A（GWP1396）へのレトロフィットであった。

情報については、企業秘密の部分もあるため、内容は非公開とする。

最後にC社であるが、本設備は委員会の主な検討対象としている設備（別置型コンデンシングユニットの事例）であり、どのように安全性の担保がとれているかが注目すべき点であった。

今回の作業は冷媒ガス R404A から R449A へのレトロフィットであった。

情報については、企業秘密の部分もあるため、内容は非公開とする。

今回の実態調査は、実態を踏まえつつ、今後どのように安全を担保すればレトロフィットを安全に行うことができるかを、規制の見直しも含め検討するために行ったものである。よって、今回のレトロフィット実施方法が、法令上に則したものであるか否かの判断をしたものではものではないことを申し添える。

最後に、本調査にご協力いただいた、事業者には大変お忙しい中ご協力をいただきましたこと感謝申し上げます。

2.4 レトロフィットが実施されている欧米諸国における法規制及び実施実態について

2.4.1 欧米の法規制

2.4.1.1 ISO、ASHRAE、EU の比較表

冷媒、冷凍空調機器に関する国際規格、日本及び米国、欧州の規制、規格は（公社）日本冷凍空調学会の委員会の調査によりまとめられている。本調査の参考として記載している。

以下、表 2-12 に示す。

表 2-12 Regulations and standards related with refrigerant and refrigeration
Air conditioning products

		国際	日本	米国	欧州
冷凍空調関係	冷媒	モントリオール議定書 ISO817 ISO17584 GHS	オゾン層保護法	Clean Air Act、SNAP ASHRAE34 UL2182	Fガス規制 EN378
	全般	ISO5149	フロン排出抑制法	ASHRAE15	EN378
	機器	IEC60335-2-24,34,40,89	電気用品安全法	UL984 UL60335-2-24,34,40,89	EN60335-2-24,34,40,89
高圧ガス保安法関係			冷凍保安規則 一般高圧ガス保安規則 容器保安規則		PED
建築空調設備関係		ISO52000	省エネ法 建築物省エネ法		EPBD

出典：第3部 次世代冷媒の規制・規格の調査 （（公社）日本冷凍空調学会 次世代冷媒に関する調査委員会）

2.4.1.2 ISO、ASHRAE、UL、EU 等の主な規格の概要

以下に冷凍空調に関する主な規格の概要を示す。（次世代冷媒・冷凍空調技術の基本性能・最適化・評価手法および安全性・リスク評価 第3部 次世代冷媒の規制・規格の調査 WGⅢの進捗（（公社）日本冷凍空調学会 次世代冷媒に関する調査委員会）の一部内容を引用）

(1) ISO5149 (Refrigerating systems and heat pumps)

国際規格である ISO 5149 は、現在、1993 年版を改定した 2014 年版が発行されている。冷凍システムの安全な設計、組み立て、設置、運用、廃棄のための規格であり、システム本体と周囲の環境条件を含めた規格となっている。下記に規格を構成する 4 つのパートとその適用範囲、内容の概略を示す。

パート 1：設置位置、占有状態、システム形態等の分類とその基準および冷媒充填量の制限（パート 1 の分類および基準が、パート 2～4 の適用判断に用いられている。）

パート 2：設計、組み立て、試験および表示と文書管理

パート 3：設置場所の要件、安全装置

パート 4：運転、保守、修理、回収、廃棄

(2) EPA SNAP/Clean Air Act

冷凍設備に対する規制として、Clean Air Act（大気浄化法）のSNAP（Significant New Alternatives Policy（重要新規代替物質製作））プログラムにより新規（代替）冷媒をEPA（Environmental Protection Agency（米国環境保護局））が許認可する制度がある。この規制は、用途毎に新規に採用される化学物質の使用を許可して登録する制度であり、冷媒は用途毎の許可が必要になる。

2014年SNAPにおいて2点のルール変更がされ、温暖化抑制を目的に可燃性冷媒を用途分野別に条件付きで受け入れることで進められている。

(3) ISO 817 (Designation and safety classification) 、ASHRAE34 (Designation and Safety Classification of Refrigerants)

冷媒の安全性に関する規格としては、国際規格 ISO 817 “Refrigerants - Designation and safety classification” と ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)（米国暖房冷凍空調学会）が発行する ASHRAE Standard 34 “Designation and Safety Classification of Refrigerants” がある。いずれも燃焼性と毒性に関する安全性の基準を設けて、個別の冷媒に対する冷媒番号の付与と安全等級の指定を行っている。この冷媒の安全性等級が、冷凍空調機器およびシステム全体の安全性規格を適用する際の重要な基準となっている。

(4) ASHRAE15 (Safety Standard For Refrigeration Systems)

ASHRAE15 は、冷凍設備の安全設計、製造、設置および取り扱いを規定している。本規定の適用は以下のとおりである。

2.2 適用

- a. 定置型ヒートポンプを含む冷凍装置機器の設計、製造、試験、設置、取扱および検査
- b. 機能と性能の異なる部品や機構の交換を含む変更
- c. 異なる種類の冷媒への変更

(5) UL984 (UL Standard for Safety Hermetic Refrigerant Motor)

7200V以下の空調・冷蔵装置で使用される密閉式冷媒用モーター、コンプレッサーに対しての安全基準を定めている。

適用範囲は以下のとおりである。

1適用範囲

- 1.1 この規格は、空調・冷蔵装置で使用するための機器に適用される基準に準拠して7200V以下、及びハーメチック冷媒電動コンプレッサー（以下、電動コンプレッサーともいう）に適用される。
- 1.2 この規格は、モーター保護システムを備えているモーター、コンプレッサーのみ適用される。

(6) UL2182 (UL Standard for Safety Refrigerants)

冷媒の安全性評価と容器への表示について規定している。

適用範囲は以下のとおりである。

1適用範囲

- 1.1この規格は、冷媒を評価し、冷媒の可燃性の程度に応じて、そのコンテナをマークするために、テスト手順やメソッドが含まれている。
- 1.2この規格で覆われた冷媒は、空調用冷凍装置での使用を意図されたものを対象としている。
- 1.3この規格でカバーされる冷媒は以下のどちらかに充填され出荷されるものである。
 - A) DOTでの液体またはガス（または原産の特定の国における同等の仕様）用のコンテナ、または
 - B) DOTでの液化ガス（または原産の特定の国における同等の仕様）用コンテナこの規格は、冷媒を保持するコンテナを調査するための要件は含まれていない。

(7) UL 60335-2-40 (Standard for Household And Similar Electrical Appliances-Safety)

北米における空調機器、冷凍冷蔵機器の電気安全の規格である。

(8) UL 60335-2-89 (Household and Similar Electrical Appliances-Safety)

冷媒ユニットやモーター・コンプレッサーが組み込まれた、あるいは遠隔操作される業務用冷蔵機器や製氷機の安全要求事項が記載されている。同規格は同一機器に関するカナダ規格協会（CSA）の60335-2-89の規格を取り入れたものである。

(9) PED

冷凍設備関係の主な指令（Directive）として、PED（Pressure Equipment Directive（圧力容器指令））が挙げられる。このPEDは、圧縮機、配管、安全アクセスリ（高圧遮断装置、安全弁等）等、広範囲の規制となっている。

この指令による加盟国の法制上の整合は、PED附属書 I に規定されているESR（Essential Safety Requirements（基本的安全要求事項））に限定されている。このESRは所謂性能基準となっており、整合EN規格に適合した製品はESRに適合したものとみなされる。

(10) EN 378 (Refrigerating systems and heat pumps)

冷凍システム及びヒートポンプ安全性及び環境要求事項を定めている。、EUでの各種指令へ適合させる。

EN378の安全要求事項をを遵守することによりすべてのEU指令に関する標準類と書類管理を適合させる。

(11) IEC 60335-2-40 (Household and similar electrical appliances-Safety)

家庭用及びこれに類する電気機器の安全性のための仕様であり、電気ヒートポンプ、エアコン及び除湿機の個別要求事項がある。

(12) IEC 60335-2-89 (Household and similar electrical appliances-Safety)

一体型もしくは別置型コンデンシングユニットもしくはコンプレッサによる業務用冷凍冷蔵設備における要求事項を規定している。

2.4.2 欧米諸国における法規制状況

2.4.2.1 調査概要

本委員会委員の同意の下、2.4.2.2に示す調査内容について調査することになり、世界的に冷媒ガスの製造、販売等を行っている、2社（三井・ケマーズ フロロプロダクツ（株）（以下、「ケマーズ」という。））、日本ハネウェル（株）（以下、「Honeywell」という。）から、欧米諸国の当該調査内容に関する情報をご提供いただいた。2.4.2.3に調査結果として、いただいた情報の概要を示す。

2.4.2.2 調査内容

- (1) レトロフィット実施が進んでいる国はどこか。
- (2) レトロフィットに係る当該国の法体系とその規制にはどのようなものがあるか。
- (3) レトロフィットを行う実施対象の機器は何か。
- (4) 海外での実施状況はどうか。
 - ① 何の代替フロンから低GWP フロンへのレトロフィットが多くあるか。
 - ② レトロフィットを行う上で部分品の交換は生じるか。生じる場合どのような部品を交換するか。
 - ③ レトロフィット後の表示方法
 - ④ レトロフィットを行った後、その冷凍設備の責任はユーザーなのかレトロフィットを行った機器製造者か誰なのか。
 - ⑤ レトロフィットの実施方法（回収装置 or 回収容器にて回収）
 - ⑥ レトロフィット実施後の事故について

2.4.2.3 調査結果

本調査結果は、各社の海外事業所の情報をもとにまとめたものである。

2.4.2.2に対応する形で、以下に調査結果を示す。

- (1) レトロフィット実施が進んでいる国はどこか。

レトロフィットが特に進んでいる国として、スペイン、フランス、米国・メキシコ、カナダ等が挙げられる。

選定理由としては、同一の規則・標準類に準拠しており、レトロフィットの実施例が多く（設置台数が多い、用途分野が多い）、特に業務用冷蔵・冷凍ショーケースの市場が大きく R404A 等の GWP の大きい冷媒の実施が多い。

- (2) レトロフィットに係る当該国の法体系とその規制にはどのようなものがあるか。

（主な規制のみ記載）

【米国】

EPA (Environmental Protection Agency 米国環境保護局)

SNAP (Significant New Alternatives Policy)

ASHRAE STD15

UL 60335-2-40

UL 60335-2-89

【欧州】

PED (Pressure Equipment Directive)

IEC 60335-2-40

IEC 60335-2-89

EN378

＊米国及び欧州の規制体系の構造は図1、図2に示す。

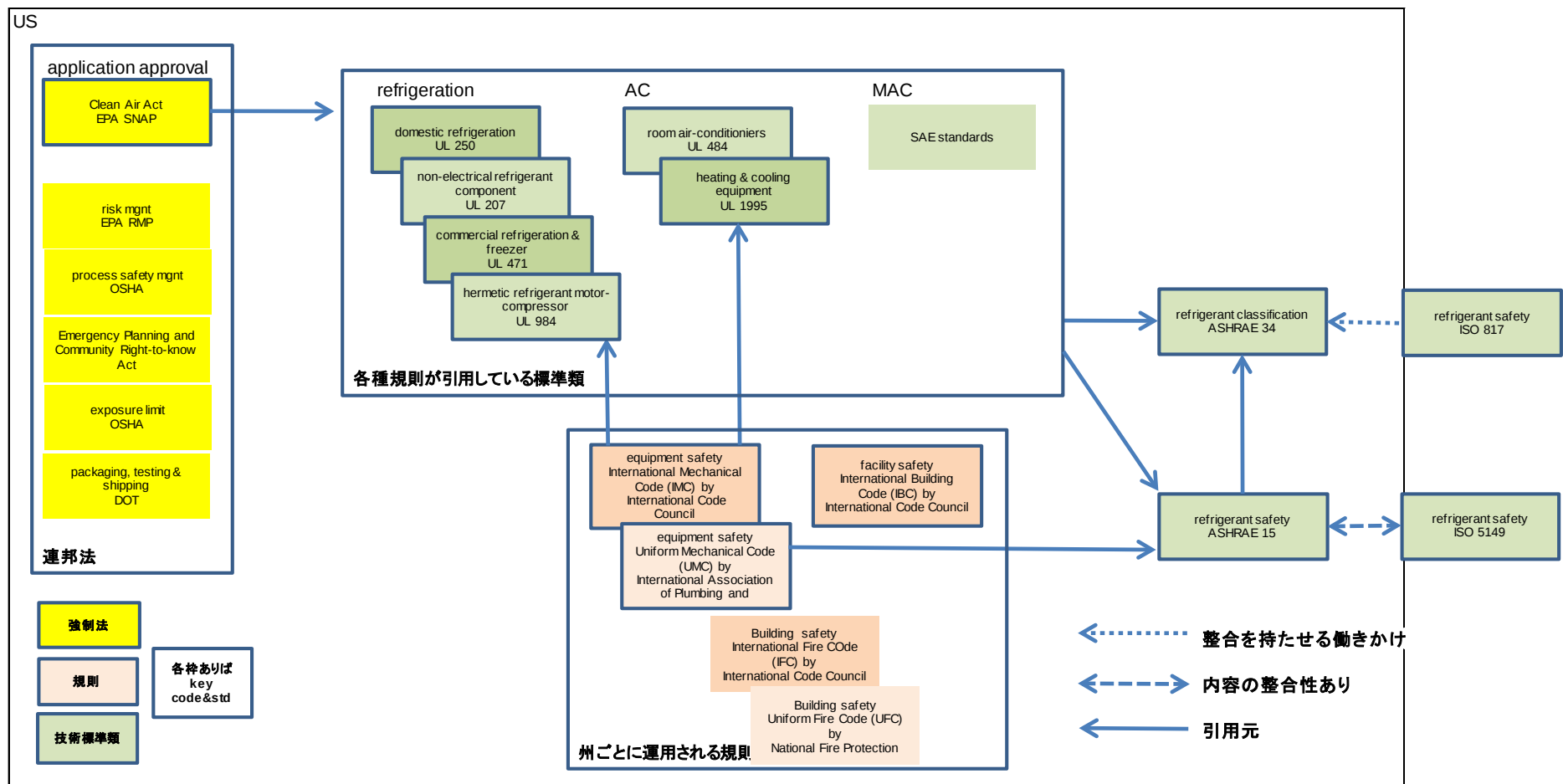


図1 米国の規制体系の構造

EU

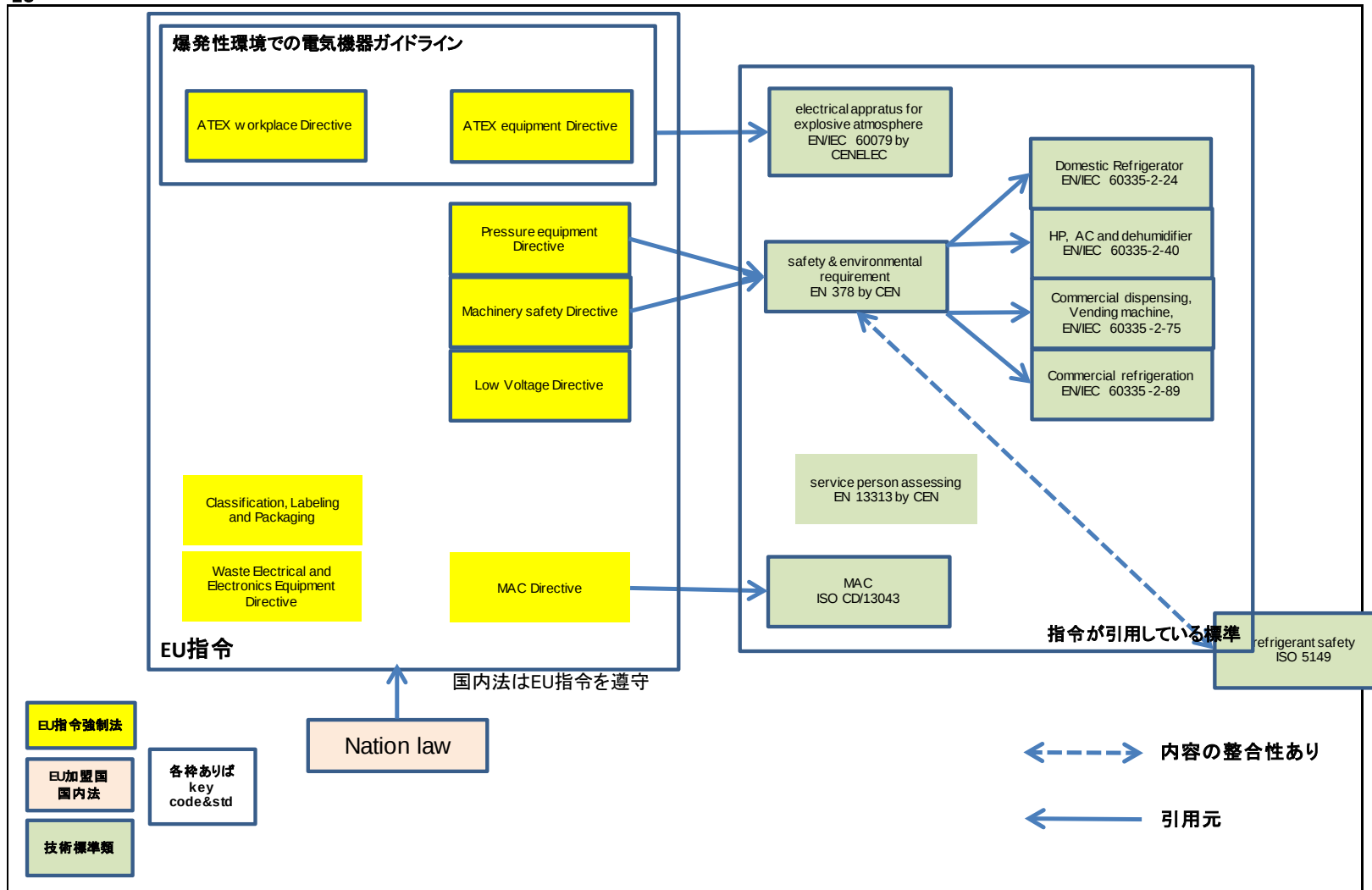


図2 EUの規制体系の構成構造

(3) レトロフィットを行う実施対象の機器は何か。(主な機器のみ記載)

- ①コンデンシングユニット
(別置形・内臓形)、(車載用)
- ②ターボ冷凍機
- ③業務用冷蔵・冷凍ショーケース
- ③製氷機

(4) 海外での実施状況はどうか。

①何の代替フロンから低 GWP フロンへのレトロフィットが多くあるか。

a. コンデンシングユニット

(別置形・内臓形)

	現使用冷媒	レトロフィット対応冷媒
冷媒ガス種	R-404A	R-449A・R-448A
	R-134a	R-513A

(車載用)

	現使用冷媒	レトロフィット対応冷媒
冷媒ガス種	R-404A	R-452A
	R-134a	R-513A

b. ターボ冷凍機

	現使用冷媒	レトロフィット対応冷媒
冷媒ガス種	R-134a	R-513A
	R-123	R-514A

c. 製氷機

	現使用冷媒	レトロフィット対応冷媒
冷媒ガス種	R-134a	R-1234yf・R-513A

②レトロフィットを行う上で部分品の交換は生じるか。生じる場合どのような部品を交換するか。

機器メーカーのレトロフィットガイドでは、以下消耗品、部品の交換の記載がある。

a. 冷凍機油

基本的に HFC 用冷凍機油は HF0 系でも使用可能だが冷凍機油メーカーから冷媒ごとに推奨品が出されている。

b. シール材

一部材料適合性が悪いものがあるので、該当すれば別素材のものへ交換する。

c. 熱交換器

冷凍能力を出すために使用温度により交換する場合あり

d. その他

EN378-4 では、レトロフィットの実施においてフィルター、オイルフィルター、乾燥剤、リリーフ弁交換について明記されている。

③レトロフィット後の表示方法

【米国】

レトロフィット後入れ替えた冷媒名への変更を行う。

(ASHRAE STD15 で規定) その際、入れ替え後の冷媒組成が R 番号の冷媒組成となっているか圧力と組成分析で確認する。

以降、メンテ業者が冷媒種を間違わないよう表示する。(ASHRAE STD15 7.5.1.8、9.15、11.2.3 を参照)

【欧州】

PED 等の要求事項にある。

(PED Article 18、 Article 19 PED guideline C-19、 E-03、 E-05、 F-02、 F-03、 H-03、 H-07、 H-12、 H-16、 H-17、 I-16 を参照)

④レトロフィットを行った後、その冷凍設備の責任はユーザーなのかレトロフィットを行った機器製造者か誰なのか。

責任分担や作業体制等について、以下に示す。

【米国】

a. レトロフィットを行う場合の体制

一般的にはスーパーの施設責任者がレトロフィットをリードしており、その指示に従い工事業者がレトロフィットを実施し、施工後の作動確認まで行っている。機器更新や部品交換を伴う場合は、エンジニアリング会社が適切な機器を能力等から選定し、よく訓練された工事業者によって施工される。

b. レトロフィットを行う場合の確認

○施工者は冷媒メーカーまたは OEM (Original Equipment Manufacturing) のレトロフィットガイドに従う必要がある。

○ガイドに従い、冷媒を変えた場合同じ機器構成で問題ないか検証する。

○冷凍機油が同じものを使用可能か交換が必要かを判断する。

(施工者→OEM および/または冷凍機油メーカー)

○場合によっては、シール材の適合性も確認する。

○冷媒入れ替えを実施する。

○入れ替えた冷媒で最適運転となるよう圧力、スーパーヒート、サブクール、温度勾配などを考慮して調整し設定、作動確認します。

c. レトロフィット対象機器・部品の選定はどのように進めるのか。

基本的には機器 OEM、部品メーカーの承認の有無およびフィールドでの実施例などをもとに最適冷媒を確認する。

【欧州】

a. レトロフィットの実施体制はどのようになっているか。

小型店舗では、機器メンテ業者または機器の専門家が店主と相談し、レトロフィットを施工する。チェーンストアの場合、フランスの Lidl や Carrefour の場合、メンテの元受け会社（施工業者である場合が多い）と自社の技術部門とが全国規模でどのような計画で進めるか相談して決定される。F ガス規制での低 GWP 化の責任は管理者が負っている。

メンテ業者、施工業者は機器サイズによりメンテ実施の間隔が決まっているため、その時期に合わせて実施する。

b. レトロフィット後の保証はどのようになっているか。

PED/Machine Directive にケースごとに規定があるが、施工業者または専門家が責任を持って実施・検証する。専門家が Compressor OEM の場合、レトロフィットガイドに沿って実施されている限り保証される。それ以外の部品について保証はない。

c. レトロフィット対象機器・部品の選定はどのように進めるか。

F ガス規制により機器 OEM、部品メーカーは、低 GWP 冷媒の評価をし低 GWP 化への準備をする。

一般的に設置後 10 年くらいまでにレトロフィットされており、30 年の機器は機器更新されているようです。その間は管理者と施工業者や専門家に相談する。

補足) F ガス規制

欧州における冷凍設備の規制であり、この規制は京都議定書中の HFC（ハイドロカーボン）PFC（パーフルオロカーボン）、SF₆（六フッ化硫黄）を F ガス（日本では代替フロン等 3 ガス）と呼び、このガスの放出を防止することに主眼が置かれているもの。

⑤レトロフィットの実施方法（回収装置 or 回収容器にて回収）

ケマーズの場合は、参考資料 2、3 を参照

Honeywell の場合は、2.3.3.2 を参照

⑥レトロフィット実施後の事故について

米国及び欧州ともに、冷媒ガスメーカーにはレトロフィット実施後の事故の報告はなかった。

2.4.2.4 海外のレトロフィット作業状況

レトロフィット作業の事例紹介について、以下のとおり例を示す。

(1) ケマーズの例

添付資料 2 のレトロフィットガイドを参照。

(2) Honeywell の例

添付資料 3 のレトロフィットの事例を参照。

2.4.2.5 各社のレトロフィットガイドライン状況

各社、レトロフィットの事前準備、作業方法や注意点、推奨交換品などをレトロフィットガイドや動画などを配信し情報提供している。

レトロフィットガイドについては、添付資料 4、5、6 を参照のこと。

（レトロフィットガイドの中には圧縮機メーカー（EMERSON、TECUMSEH）も含まれている。）

また、Honeywell よりレトロフィットの手順等が動画にて配信（YouTube）されている。以下タイトルを検索すれば準備と作業それぞれのパートで確認できる。

・ハネウェル ソルスティス N40（R-448A）冷媒 - スーパーマーケット冷媒レトロフィット準備 パート 1（日本語訳版）

- ・ハネウェル ソルスティス N40 (R-448A) 冷媒 – スーパーマーケット冷媒レトロフィット
準備 パート 2 (日本語訳版)

- ・ハネウェル ソルスティス N40 (R-448A) 冷媒 – スーパーマーケット冷媒レトロフィット
作業 パート 1

- ・ハネウェル ソルスティス N40 (R-448A) 冷媒 – スーパーマーケット冷媒レトロフィット
作業 パート 2

2.4.3 まとめ

レトロフィットに係る海外調査の結果、実施が進んでいる3ヶ国としては、実施例が多く冷凍設備の設置台数も多い米国と欧州（スペイン・フランス）が挙げられる。しかし、3ヶ国以外においても中国、カナダ等においてもレトロフィットが進んでいる。

主要3ヶ国でレトロフィットが多く行われている設備としては、コンデンシングユニット、ターボ冷凍機、業務用冷蔵・冷凍ショーケースがあり、日本において今後、レトロフィットを行う設備として対象にしている設備と同様であった。

本委員会でのレトロフィットの対象設備以外のものにおいても、R404A、R-134a から R448A、R449A 等へのレトロフィットを行った実績が多くあった。交換部品（冷凍機油、シール材）については使用頻度や劣化状況、相容性から判断し、交換する場合がある。

表示については、メンテ業者が冷媒種を間違いないよう冷媒ガス名等を表示している。

レトロフィットによる責任分担については、米国及び欧州ともに、明確な責任分担はないが、EU においてはレトロフィットガイドに沿って行った場合にはその機器が保証されるなどの仕組みはある。レトロフィット後の事故の報告は米国、欧州ともに報告なしであった。

2.5 レトロフィットを実施する際の課題の整理

2.5.1 現行規制の課題の整理

現行の規制において、ガスの種類を変更した場合には、第一種製造者にあつては変更許可申請、第二種製造者にあつては変更届出申請が必要となり、その際に技術上の基準として耐圧性能の確認が必要となる。また、ガスの種類の変更に伴う機器の組み立てを行った者は、機器製造業者に該当すると考えられるため、第1種製造者、第2種製造者及びその他製造の全ての設備に対し、機器製造業者に係る技術上の基準がかかってくる。

具体的には、冷凍則第64条の技術上の基準を遵守する必要がある、特に第64条第2号（耐圧・気密試験）並びに第1号及び第4号（強度の確認）を確認することが課題となる。

これらを踏まえ、本委員会では、次の3つの技術上の遵守事項を確認する際にレトロフィット実施する際の課題となるものがないかについて検討した。

- ・気密試験に合格するものであること。
- ・耐圧試験に合格するものであること。
- ・最大応力に対し安全な強度を有すること

冷凍則第64条

一（略）

イ（略）

ロ 容器は、設計圧力又は設計温度において発生する最大の応力に対し安全な強度を有しなければならない。

ハ～ル（略）

二 機器は、冷媒設備について設計圧力以上の圧力で行う適切な気密試験及び配管以外の部分について設計圧力の一・五倍以上の圧力で水その他の安全な液体を使用して行う適切な耐圧試験（液体を使用することが困難であると認められるときは、設計圧力の一・二五倍以上の圧力で空気、窒素等の気体を使用して行う耐圧試験）に合格するものであること。ただし、経済産業大臣がこれらと同等以上のものと認めた協会が行う試験に合格した場合は、この限りでない。

三 機器の冷媒設備は、振動、衝撃、腐食等により冷媒ガスが漏れないものであること。

四 機器（第一号に掲げる容器を除く。）の材料及び構造は、当該機器が前二号の基準に適合することとなるものであること。

(1)「気密試験」に係る検討

気密試験については、冷媒を入れ替えた際に必要な確認行為であり、技術基準通り実施できるので、レトロフィットを実施するに当たって特に支障のないものと判断した。

(2)「耐圧試験」に係る検討

耐圧試験については、原則、レトロフィットを行おうとする際に、設計圧力の1.5倍以上の液体圧力により耐圧性能の再確認を行うことが理想ではあるが、既に据え付けられた冷凍設備に適用しようとした場合、技術基準通り実施することが困難なケースが存在することが判った（設備に異なる圧力区分（低压部・高压部）があり、圧力区分ごとの試験の実施ができない場合、構造的に耐圧試験で使用した液体を排出できない場合等）。これらについては、設備製作時の耐圧証明書等を活用することで実際に耐圧試験を実施することなく耐圧性能を確認する方法がないかということを課題として検討することとした。具体的な検討内容については、2.5.2に記載する。

(3)「強度」に係る検討

強度の確認については、製作時の強度計算書に新たにレトロフィットする冷媒ガスの飽和蒸気圧（設計圧力）をあてはめ、再計算することで、必要厚さを確保できているか確認できることから技術基準通り実施できるものと思われる。しかし、製作時の計算書がないもの、設置後の経年変化を考慮すべき設備がありうることから、これらを課題として検討することとした。具体的な検討内容については、2.5.2に記載する。

2.5.2 委員会での審議内容

(1)第2回委員会での審議内容

a. 耐圧試験に代わる方法案について

第2回委員会において、耐圧試験に代わる方法案を提示した。その内容としてレトロフィットする設備の製作時の耐圧性能の確認、目視検査による確認、目視検査で異常がある場合は非破壊試験による確認を行うことを提案した。耐圧性能の確認方法としては、部分品製作時の耐圧証明書を求めることとした。耐圧証明書を求める理由としては、耐圧証明書をもとにレトロフィット後の設計圧力（物性の違いによる飽和圧力の変化）の1.5倍（耐圧試験）以上か未満の数値かを証明書の耐圧試験圧力値で確認し、1.5倍以上の場合は耐圧性能を確保していると判断するためである。

b. 強度の確認

a. の耐圧証明書でレトロフィット後の設計圧力の1.5倍未満の場合は、既設の部分品がレトロフィット後でも最小肉厚を確保できるかどうかについて、強度計算書で冷凍関係例示基準第23節に定める肉厚算定式に、変更後の設計圧力をあてはめ、変更後も部分品の必要厚さを確保できているかどうかについて確認することとした。その場合、レトロフィット作業を行う者で強度計算できればよいが、強度計算が困難な事業者に対しては機器メーカーの協力のもと、強度計算をしていただくことで業界の了解は得た。しかし、レトロフィット事業者が、機器メーカーで物性を判断できない冷媒への変更は対応できないとのことであった。

また、委員より設計強度確認試験を行った部分品についての取り扱いはどうなるかというコメントがあり、その場合には機器メーカーに問い合わせ、本試験圧力を確認することとし、設計強度確認試験の結果を流用できると考えられるが、その判断は本委員会では見送りとしつつも、前向きに検討することで委員の了解を得た。

(2)第3回委員会での審議内容

第3回委員会では、第2回委員会での事務局案に対し、主に以下のコメントがあった。

- a. 耐圧試験に代わる方法案は例示基準と異なる方法である。
- b. 耐圧試験圧力が変更後の設計圧力の1.5倍以上であることを要求すべきである。
- c. 機器製造業者は、「耐圧試験」「強度の確認」両方の基準がかかる。
- d. レトロフィット後の設計圧力が、設置当時の設計圧力より同等以下であれば耐圧試験を免除できるのではない。
- e. レトロフィットを実施するにあたり、冷媒ガスメーカー、機器メーカー、KKHでガイドラインなどの作成が必要ではないか。

上記コメントを踏まえて、第3回目では耐圧性能の確認方法について、耐圧試験圧力が変更後の設計圧力の1.5倍未満の場合はレトロフィットができないこととした。

しかし、上記案に対しては委員よりレトロフィットできる冷媒ガス種や設備が限定され、数多く流通しているコンデンシングユニットなどへのレトロフィットの普及の阻害になるのではないかとコメントがあった。

また、強度の確認については、機器製造業者（レトロフィット事業者）が遵守しな

ければならない事項であるが、レトロフィットに伴い交換する部分品に対しては強度の確認はできるが、交換しない部分品に対しての強度の確認方法については、機器メーカーの協力は不可欠である。そこで、再度、委員より業界に対して強度計算書による強度の確認を依頼したところ、時間はかかるが可能であるとの回答があった。

また、委員より冷凍則適用容器の板厚については、規格品の中から必要厚さ以上のものを選定するため、設計圧力に対して十分余裕があり実態上、問題ないとのコメントもあった。

最後に委員長より“冷凍則は必ずしもレトロフィットを想定した作りとなっていないと思われ、現時点では冷凍則上の不整合が生じてしまうかもしれないが、ガイドラインにレトロフィットを行う上での確認方法（強度計算等）を規定し、ガイドラインに従ってレトロフィットを行うことが現実的ではないか”とのコメントがあり、事務局としては、レトロフィットを安全に、かつ、円滑に進めるためのガイドラインの作成するために必要となる「耐圧試験に合格するものであること」、「強度の確認」等の課題への対応策の精査を行うとともにガイドラインに記載すべき内容について取り纏めることとした。

2.6 レトロフィット実施に係るガイドラインの作成について

レトロフィット事業所が法令を遵守し、安全かつ円滑に作業が行えるようガイドラインを策定することとする。

2.6.1 ガイドラインに規定すべき事項

- (1) 冷媒ガスの入替方法別の検討（レトロフィット、単なる冷媒ガスの入れ替え）
- (2) レトロフィットを行う冷媒ガス種の指定（不活性ガス＊のフルオロカーボンに限定する等）＊特定不活性ガスを含む
- (3) レトロフィット実施可能な使用年数の上限の目安の検討（冷媒ガスメーカー、機器メーカー等の推奨値等による。）
- (4) レトロフィットの作業前に必要な行政手続き及び書類（変更許可・届出に係る資料等）
- (5) レトロフィットの作業内容
- (6) レトロフィットの作業後の確認事項

2.6.2 実施すべき課題

- (1) 耐圧試験に代わる方法
- (2) 部分品の強度の確認方法
- (3) 適用除外への展開
- (4) 行政への手続き（デジタル申請含む。）
- (5) その他製造への安全要求（単なる冷媒ガス種の入れ替えへの対応）
- (6) レトロフィット後の表示方法

2.6.3 本委員会での検討内容

2.6.3.1 耐圧試験に代わる方法案

本内容は、委員会にて審議した事項であるが、内容については更に精査する必要があることから現段階での事務局案として示す。内容については今後、内容を精査しガイドラインに移行予定である。

(1) 「耐圧試験に合格するものであること」の方法案

①製作時の耐圧性能確認

冷媒変更に伴い、製作時の設計のままで問題がないかについて、製作時の耐圧証明書（耐圧試験圧力が分かるもの）を用いて検証する。

具体的には、耐圧証明書を確認し、耐圧試験圧力が変更後の設計圧力の1.5倍以上となるときには、製作時の設計のままで問題がないこととし、更に目視検査、非破壊検査による確認データ等を確認し（以下「目視等による確認」という。）、問題がない場合には「耐圧試験に合格するもの」とみなすものとする。ただし、設計圧力が下がる場合には製作時の耐圧証明確認は不要とし、目視等による確認のみで「耐圧試験に合格するもの」とみなすものとする。

なお、製作時の耐圧試験圧力が変更後の設計圧力の1.5倍未満となるときは、原則としてレトロフィット時に改めて耐圧試験の実施を求めるものとするが、変更後の冷媒ガスの設計圧力の増加が極めて小さいものであって、改めて耐圧試験をするまでもないと判断される場合の要件等について議論することとし、耐圧試験を実施することなく耐圧性能を確認する方法について検討したい。

② 目視検査による確認

外面及び内面（冷媒ガス等により腐食その他の異常を生ずるおそれがない場合には内面の目視検査は省略することが出来る。）の目視検査により、設備に有害な減肉・損傷が生じていないことを確認する。

また、これまでの保安検査、定期自主検査等の記録（目視検査、分解点検等）及び冷媒の充てん履歴の記録があれば、こちらも併せて活用する。

③ 非破壊試験による確認

目視検査による確認の結果、設備に有害な減肉・損傷が生じているおそれがある場合には、非破壊試験により健全性を確認する。

以下、表 2-13 に確認項目について示す。

（第 1 種製造者、第 2 種製造者、その他製造を対象とする。ただし、指定設備・ユニット形を除く。）

表 2-13 確認項目

検査項目	方法	懸念事項
製作時の耐圧性能確認	製作時の耐圧証明書（耐圧試験圧力がわかるもの）を確認し、耐圧試験圧力が、変更後の設計圧力の 1.5 倍以上であるときには、耐圧性能を確保していると判断する。（設計圧力が下がる場合は確認不要） ※1.5 倍未満であるときには、原則として改めて耐圧試験を求めるものとするが、変更後の冷媒ガスの設計圧力の増加が極めて小さいものであって、改めて耐圧試験をするまでもないと判断される場合あり（条件等要検討）	・耐圧証明書等が保管されているかどうか。 ・耐圧証明書等がない場合の対処方法
目視検査	これまでの保安検査、定期自主検査等の記録があれば、それらを活用しながら、外面と内面について目視検査を行う。 外面検査：設備全体について、減肉・劣化がないことを確認する。なお、外部が断熱材等で被覆され目視により確認できない場合は、断熱材に劣化、損傷がないか確認する。なお、断熱材に劣化・損傷を確認した場合には、断熱材を取り外して目視検査を行い、減肉・損傷がないことを確認する。 内面検査：冷媒ガス等により腐食その他異常を生ずるおそれがないものについては省略できる。 【判定】外面又は内面の目視で、有害な	

	減肉・損傷が認められる場合は、不合格とする。	
非破壊試験	・目視検査により有害な減肉・損傷を確認した場合には、非破壊試験を行い、健全性の確認を行う。 【判定】非破壊試験により、有害な割れ、欠陥がある場合、又は必要厚さを確保していない場合には、不合格とする。	

(2)「強度の確認」の方案

本内容は、委員会にて審議した事項であるが、内容については更に精査する必要があることから現段階での事務局案として示す。内容については今後、内容を精査しガイドラインに移行予定である。

①強度計算書での確認

製作時の強度計算書がある場合には例示基準 23. に定める算定式に変更後の冷媒ガスの設計圧力を当てはめ、変更後も必要厚さを確保しているか確認する。なお、レトロフィット事業者が機器メーカーでない場合や製作時の強度計算書がない場合には、レトロフィット事業者は機器メーカーに問い合わせ、変更後の冷媒ガスでも、必要厚さを確保しているか確認する。

いずれの場合においても、レトロフィット事業者が強度に関する確認書を発行する。

以降、業界からの提供により、強度計算例を示しているが、企業秘密の部分もあるため、内容は非公開とする。

強度計算の結果、レトロフィット実施後でも、実使用材料において最小板厚の基準はクリアできているとの結果であった。

(配管、弁、継手等)

配管、弁類等については、以下の例示基準の式により計算される。参考までに記載する。

例示基準

条項	
第 2 3 節 容器及び配管の強度等 (規則関係条項： 第 6 4 条第 1 号、 第 4 号)	(配管、弁、継手等の最小厚さ等) 23. 11 冷媒ガスの配管、熱交換器で管により構成されるもの、弁、継手等の最小厚さ等は次の各号による。 23. 11. 1 <u>配管の厚さ 冷媒ガスの配管、熱交換器で管により構成されるものに係る管、胴の内径が 160 mm 以下の容器、その他冷媒ガスの圧力が加わる管（圧縮機及びポンプに係る部分を除き、以下これらを「配管」という。）の厚さは、(1) から (4) までに規定する最小厚さ（許容差は 23. 6. 5 の規定による。）に (5) に規定する腐れしろを加えた厚さ以上の厚さとする。</u> <u>(1) 内面に圧力を受ける配管 内面に圧力を受ける配管の最小厚さは、23. 6. 1 の規定による。</u> ただし、外径 26 mm 以下の管で構成される熱交換器及びこれに類するものについては 23. 12 の規定に

	ることができる。 (2) 外面に圧力を受ける配管 外面に圧力を受ける配管の最小厚さは、23.6.2の規定による。 (3) 配管のねじ部 配管の端部にねじを設ける場合のねじ部の最小厚さは、23.6.3の規定による。 (4) 曲げ加工をする配管 配管を曲げ加工するものにあつては、その最小厚さは、23.6.4の規定による。ただし、熱交換器及びこれに類するもので、外径 26 mm以下の管で構成されるものについては23.12の規定によることができる。 (5) 配管の腐れしろ 配管の腐れしろは、23.6 柱書の規定による。 23.11.2 配管用管継手の強度 配管用管継手の強度は次による。 (1) 配管に係る管継手（ねじ込み継手、ろう付け継手並びに溶接用鋼製管継手に限る。）の強度は23.7による。 (2) 配管に使用するフランジの強度については、23.4の規定による。 (3) フレア管継手は、外径 20 mm以下の管に限り使用できるものとし、JIS B 8607(2002)冷媒用フレア及びろう付け管継手の規格に適合するもの又はこれと同等以上のものでなければならない。 23.11.3 止め弁等 止め弁等の種類、規格及び強度は次による。 (1) 止め弁には仕切弁及びコックを使用しないこと。 (2) アンモニア冷凍装置に用いる止め弁は、JIS B 8605(2002)冷媒用止め弁の規格に適合するもの又はこれと同等以上のものを使用すること。 (3) 止め弁、自動制御弁等の弁の耐圧部分の強さは、23.12に規定する方法により、設計強度の確認を行うものとする。また、フランジを有するものにあつては、各フランジに実際のフランジを使用する場合と近似の状態でボルト締めをして試験し、フランジ部の強さもあわせて確認するものとする。 23.11.4 可撓管 可撓管の構造等は次による。 (1) 可撓管（ブレード付き金属ベロー管、ブレードなし金属ベロー管、ゴム管等可撓性の大きな管）は、当該可撓管を使用する冷媒設備の設計圧力の 1.2 倍以上の圧力で気密試験を行い、漏れ、異常な変形がなく、かつ、極端に大きなひずみが残留しないこと。 (2) ろう付け部の最小はまり込み深さ及び隙間は、23.7(2)の規定によること。 (3) ゴム管は、著しく膨潤又は劣化したとき交換できる構造であること。 (4) 管の呼び径が 50 mmを超える管に使用する可撓管は、フランジ継手を使用し、取外しできる構造であること。
--	---

	23. 6. 1 内面に圧力を受ける管 (23. 6. 4(1)に規定するものを除く。) $t = \frac{PD_o}{2\sigma_s\eta + 0.8P}$ この式において t : 管の最小厚さ (単位 mm) P : 設計圧力 (単位 MPa) D_o : 管の外径 (単位 mm) σ_s : 材料の許容引張応力 (単位 N/mm²) η : 溶接継手の効率
--	---

②強度計算結果について

冷凍設備の容器での計算例のとおり、R404A を R448A、R449A 等に変更し設計圧力が変更となったとしても、最小板厚への影響は小さいことから、実際に使用している板厚における許容範囲内となっている結果となっている。

よって、実際の部分品については強度の確認については十分な強度が確保されていると考える。

2.7 特定不活性ガスに係る規定の改正・整備

本委託事業において、現行法上、僅かに燃焼性を示す低 GWP 冷媒は、不活性ガスの一部である特定不活性ガスとしての分類から燃焼性に応じて可燃性ガス、特定不活性ガス、不活性ガスと同列扱いと変更する場合に必要な規定の改正・整備に係る提言を行うこととする。

2.7.1 現行規制の整理

平成 28 年 11 月に、地球温暖化防止対策の一環として地球温暖化係数の低い新たな冷媒の普及を促進するため冷凍保安規則第 2 条等の用語の定義の改正が行われた。その内容はフルオロカーボンのうち、フルオロオレフィン 1234yf、フルオロオレフィン 1234ze 及びフルオロカーボン 32 の 3 種を不活性ガスの中の「特定不活性ガス」として掲名するものであった。

その後、令和 3 年 4 月に、今後、地球温暖化係数の低いガスの開発、使用されていくことが予想され、諸外国で既に使用されている定量的判定方法を参考に、掲名から定量的な判定方法による規程（性能規定化）に改められた。

冷凍則の新旧は表 1 のとおりである。なお、現行の冷凍則においてもフルオロオレフィン 1234yf、フルオロオレフィン 1234ze 及びフルオロカーボン 32 は特定不活性ガスとして取り扱われる。

参考として、表 2-14、2-15、2-16 に改正内容を示す。

表 2-14 冷凍則改正の新旧対照表

(下線部が改正箇所)

令和 3 年 4 月～	平成 28 年 11 月～令和 3 年 4 月
第二条 この規則において次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。 一 可燃性ガス アンモニア、イソブタン、エタン、エチレン、クロルメチル、水素、ノルマルブタン、プロパン、プロピレン及びその他のガスであつて次のイ又はロに該当するもの（フルオロカーボンであつて経済産業大臣が定めるものを除く。） イ及びロ （略） 二 （略） 三 不活性ガス ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。） 三の二 特定不活性ガス 不活性ガスのうち、フルオロカーボンであつて、温度六十五度、圧力零パスカルにおいて着火したときに火炎伝ばを発生させるもの	第二条 この規則において次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。 一 可燃性ガス アンモニア、イソブタン、エタン、エチレン、クロルメチル、水素、ノルマルブタン、プロパン、プロピレン及びその他のガスであつて次のイ又はロに該当するもの（フルオロオレフィン千二百三十四 y f 及びフルオロオレフィン千二百三十四 z e を除く。） イ及びロ （略） 二 （略） 三 不活性ガス ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。） 三の二 特定不活性ガス 不活性ガスのうち、次に掲げるもの イ フルオロオレフィン千二百三十四 yf ロ フルオロオレフィン千二百三十四 ze ハ フルオロカーボン三十二

当該冷凍則改正に伴い、『製造施設の位置、構造及び設備並びに製造の方法等に関する技術基準の細目を定める告示』（製造細目告示）及び『高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について』についても、表 2-15、表 2-16 のとおり改正されている。

これらの冷凍則・告示の内容を踏まえ、KHK で作成した冷媒ガスの判定フローは図 3 のとおりである。

表 2-15 製造細目告示の改正に係る新旧対照表

令和 3 年 4 月～	平成 28 年 11 月～令和 3 年 4 月
（可燃性ガスから除外されるガス又は難燃性を有するガス） 第一条 容器保安規則（昭和四十一年通商産業省令第五十号）第二条第二十九号、冷凍保安規則（昭和四十一年通商産業省令五十一号）第二条第一項第一号、一般高圧ガス保安規則（昭和四十一年通商産業省令第五十三号）第二条第一項第一号及び第百一条第二号並びにコンビナート等保安規則（昭和六十一年通商産業省令第八十八号）第二条第一号の経済産業大臣が定めるものは、次に掲げる基準のいずれにも適合するフルオロカーボンとする。 一 爆発限界の下限が、三．五パーセントを超えること 二 燃焼熱が一万九千キロジュール毎キログラム未満であること 三 温度二十三度、圧力零パスカルにおける試験時に最大燃焼速度が十センチメートル毎秒以下であること	第一条 削除

表 2-16 高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）の改正

下記が追加されている。

令和 3 年 4 月～
（５）冷凍保安規則の運用及び解釈について 第 2 条関係 （１）第 1 項第 1 号中爆発限界について ① フルオロカーボン等（分子中にハロゲンと炭素の結合を有するガス又は分子中にハロゲンと炭素の結合を有するガスと他のガス（空気又は酸素を除く。）を混合したガス）の爆発限界にあたっては、EN1839 (2017) 4.3 (Method B) に示される球形の密閉容器を用いる測定方法を参考とし、燃焼による圧力変化によって爆発の有無を判定する。爆発濃度があるフルオロカーボン等の場合は、爆発限界の下限濃度で試験を 3 回行い、いずれも爆発しないことを確認すること。一方、爆発濃度がないフルオロカーボン等の場合は、各濃度で試験を 1 回ずつ行い、いずれも爆発しないことを確認すること。なお、測定に当たっては、次の（イ）～（チ）に掲げる条件により実施すること。 （イ）温度 $23.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ （ロ）絶対圧力 $101.3 \pm 0.7\text{kPa}$

(ハ) 測定に使用する空気の湿度は、1) 及び 2) の条件によることとし、爆発下限界にあつては低い結果が得られた方を、爆発上限界にあつては高い結果が得られたほうを採用する。

1) 乾燥空気 (絶対湿度 0.15 g/kg 未満)

2) 温度 23℃、絶対圧力 101.3kPa における相対湿度 50% 相当の湿度 (絶対湿度 8.8 ± 0.5 g/kg)

(ニ) 混合ガスの組成は、公差範囲内で最も燃えやすい組成とする。

(ホ) 試験ガス濃度の刻み幅は、0.5 又は 1% とする。

(ヘ) 密閉容器は、内容積 5L 以上であつて 0.8MPa 以下で作動する安全弁を有するもの。

(ト) 着火源は、電極材料にステンレス又はタングステン、電圧 15kV、短絡電流 30mA とし、火花放電による方法とする。

(チ) 測定装置の健全性の確認には、フルオロオレフィン 1234 y f 又はフルオロカーボン 32 の爆発濃度の文献値を確認すること。

② フルオロカーボン等以外の爆発限界については、EN 1839 (2017) 4.2 (Method T) に示される円筒形開放容器を用いる測定及び判定方法または EN 1839 (2017) 4.3 (Method B) に示される球形の密閉容器を用いる測定及び判定方法を参考とし、次の (イ) ～ (ハ) に掲げる条件により実施すること。ただし、既知のガスについては、必ずしも測定し直す必要はないが、今後測定する場合の標準として推奨する。

(イ) 温度 23.0 ± 0.5 °C

(ロ) 絶対圧力 101.3 ± 0.7 kPa

(ハ) 絶対湿度 0.15g/kg 未満

(2) 第 1 項第 3 号の 2 中火炎伝ぱについて

ISO 817 (2014) に示される方法を標準とし、次の①～③に掲げる条件により実施すること。ただし、製造施設の位置、構造及び設備並びに製造の方法等に関する技術基準の細目を定める告示 (昭和 50 年通商産業告示第 291 号) 第 1 条に規定される可燃性ガスから除外されるガスに該当するものにあつては、火炎伝ぱを示すものとし、必ずしも火炎伝ぱの有無を測定する必要はない。

① 温度 60.0 ± 0.5 °C

② 絶対圧力 101.3 ± 0.7 kPa

③ 測定に使用する空気の湿度は、(イ) 及び (ロ) の条件によることとする。

(イ) 乾燥空気 (絶対湿度 0.15 g/kg 未満)

(ロ) 温度 23℃、絶対圧力 101.3kPa における相対湿度 50% 相当の湿度 (絶対湿度 8.8 ± 0.5 g/kg)

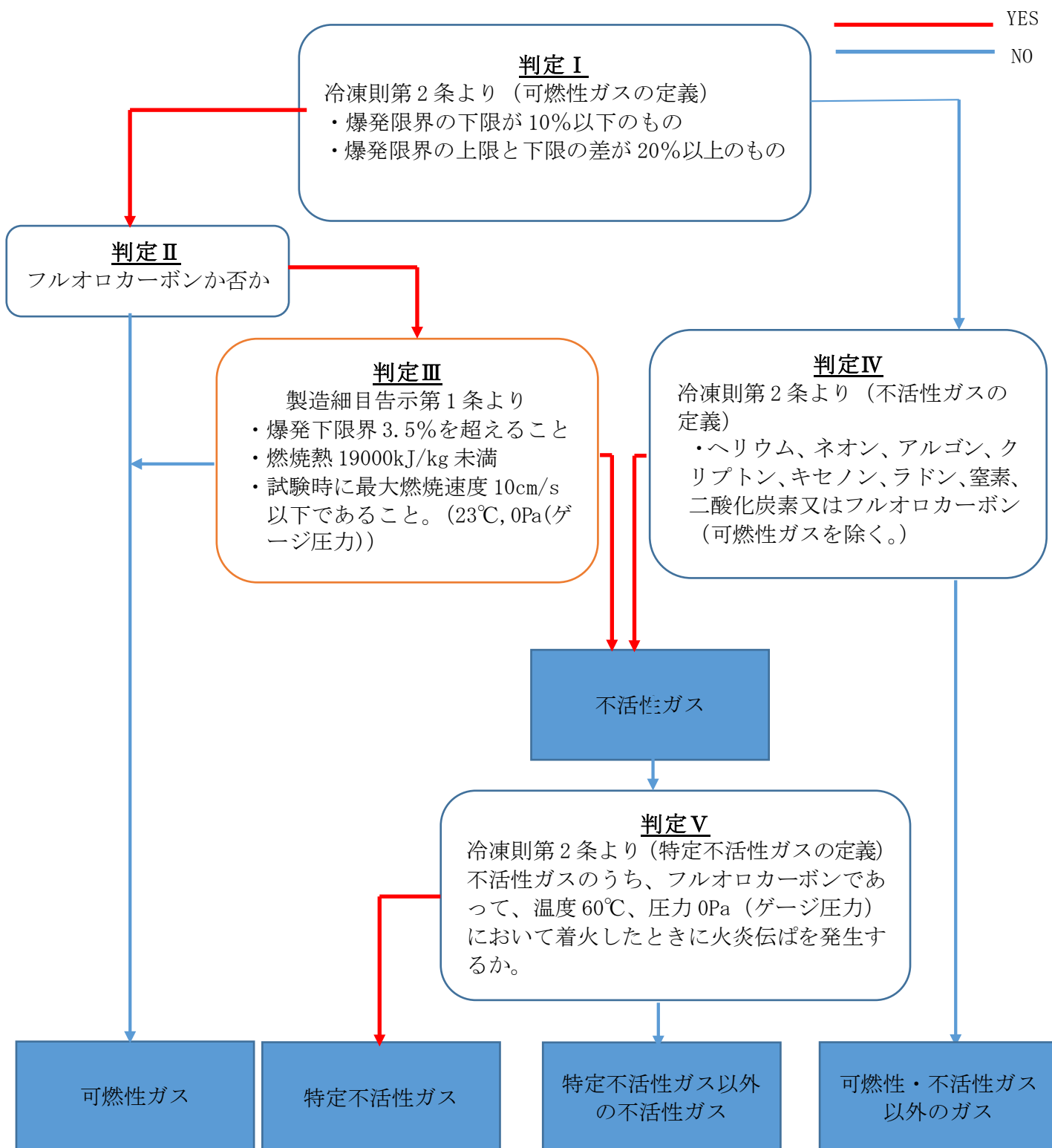


図3 特定不活性ガスの性能規定化に係るフロー図

2.7.2 まとめ

現行規制においては、特定不活性ガスは不活性ガスの中に含まれている。これは、特定不活性ガスは、僅かに燃焼性を有するものの、過去の検討において、ガスが滞留しない構造として開口部を設ける又は機械換気装置を設置する他、ガス漏えい検知警報設備を設置すれば、不活性ガスの扱いにすることができると結論付けられているためである。

技術上の基準において、特定不活性ガスが不活性ガスの中に含まれていることで不整合が生じている箇所はなく、特定不活性ガスを含む不活性ガスに係るところは「不活性ガス」と規定し、特定不活性ガスのみに係るところは「特定不活性ガス」と規定していることで、特定不活性ガスがわずかに燃焼性を有することの手当ても出来ており、図3のフローに示すとおり「特定不活性ガス」と「特定不活性ガス以外の不活性ガス」との明確な区分けも出来ていると考える。

また、令においても特定不活性ガスは第1種ガス（不活性ガス及び空気）の一部として扱われており、令及び冷凍則間でも整合がとれている。

このような中で、特定不活性ガスを不活性ガスから独立し、同列扱いにすることについては、第1種ガスから特定不活性ガスを除くこと（規制強化）になるため、慎重に検討する必要がある。更に、一般則関係においても特定不活性ガスに係る技術上の基準等に関する規定があり、冷凍則と一般則関係の間で整合をとる必要がある。

以上の事を踏まえ、委員会で検討した結果、現行規制体系で特段支障はなく、あえて特定不活性ガスを不活性ガスの範囲から外し、別規制を行うまでの必然性は感じられないとの結論を得た。

3. まとめ

冷凍・冷蔵機器にはフロン類が多く使用されてきたが、2016年のモントリオール議定書が改正され、各国ごとに高い地球温暖化係数（GWP）の高いHFC（ハイドロフルオロカーボン）冷媒の生産量・消費量の削減義務と削減スケジュールが合意され、日本においても段階的に削減することとなった。

これを受け、機器メーカー、冷媒ガスメーカーやその団体では今後、低GWP冷媒への転換が進んでいくと予想しており、新設備の更新よりも既設設備の冷媒入れ替えが事業者にとって、安価かつ作業時間短縮へと繋がるため、今後多くなると予想している。

こうした背景から、本委託では高GWP冷媒から低GWP冷媒への入れ替えをレトロフィットと定義し、調査を進めてきた。

（１）レトロフィットを実施することが可能な冷凍設備の検討範囲について

まずは、レトロフィットを行う対象の冷凍設備の選定を行った。

ここでは、条件設定として

- ・ 高圧法の適用の設備であること。
- ・ レトロフィットを行う冷媒ガスは不活性のフルオロカーボンであること。
（不活性ガスの中には特定不活性ガスを含む。）
- ・ レトロフィットを行う冷媒がフロン類ではないガス（自然冷媒（CO₂等））でないこと。

この3つの条件+実際にレトロフィットを行う設備を業界より選定いただき、遠心式冷凍機、スクリー式冷凍機、別置形コンデンシングユニットの3設備を本委託調査の対象設備として選定することとした。現使用冷媒としては、R134a、R404Aが多く、レトロフィット対応が想定される冷媒としては、R1234yf、R1234ze、R407H、R448A、R449Aがある。

しかしながら、例えば高圧部65℃でR404AからR448AやR449Aへのレトロフィットを行うと蒸気圧が0.05MPaと僅かに上がる。

レトロフィットを行う設備は、その設備に対して耐圧試験を現場で行うことは困難であるため、こういった方法により耐圧試験に合格したとみなすことができるかが大きな課題となった。

（２）レトロフィットの実態について

本調査では、3社のレトロフィット現場調査を実施した。そのうち1社については既に実施済であったので、当時の状況や提出書類などについてヒアリングを実施した。

本調査については非公開版では詳細に述べるが、公開版については事業者からの許可がおりていないため、内容については控えることとする。

概要としては、1例目はレトロフィットする部分品以外の設備は更新を行っており、R22からR404Aへのレトロフィットを行っていた。安全の担保としては設置当時の部分品の耐圧証明書等を確認し、冷媒ガス種が代わることによるそのガスの耐圧試験圧力（設計圧力×1.5）以上あることから耐圧性能は確保していることで、安全を担保していると判断された。強度の確認については、強度計算書により最小肉厚が確保されていることを確認していた。

次に、2例目であるが産業用設備に附随する設備に対してR507AからR449Aのレトロフィットを行っていた。3例目は、その他製造でR404AからR449Aへのレトロフィットを実施していた。

2例目、3例目については、企業秘密の部分があるため詳細は割愛する。また、本実態調査の内容について、高圧法の遵守状況を確認するものではなく、あくまでも実態を調査、報告するものである。

(3) レトロフィットが実施されている欧米諸国における法規制及び実施実態について

レトロフィットが実施されている欧米諸国の法規制や実態調査では、主に法体系やレトロフィットを行うにあたりどのような届出、安全を担保しているかについて調査を行った。

レトロフィットが多く実施されている国としては、実施例が多く、実績の多い米国、フランス、スペインが挙げられる。

冷媒ガスメーカーでは、レトロフィットを行う際のガイドラインを作成しており、レトロフィット業者はこのガイドラインに沿って作業を行っていた。

Honeywell のガイドラインでは、レトロフィットの定義を部品の小改造（膨脹弁、フィルター、制御方法等）を含む冷媒交換としていた。

安全性の担保としては、冷凍機油の互換性、レトロフィット後の試運転において作業前との記録確認、設備全般の過熱度の確認、冷媒漏れの確認等を行っていた。

なお、ケマーズのガイドラインにも同様の記載があった。

(4) レトロフィットを実施する際の課題の整理について

レトロフィットを行う事業者の法規制について整理すると、冷媒ガス種の変更と冷媒ガス種変更＋部分品の交換の場合が考えられる。

冷媒ガス種の変更では、第1種製造者、第2種製造者はそれぞれ、都道府県知事等への許可・届出申請が必要になり、冷媒ガス種変更後も伴い技術上の基準に適合しているかどうかを審査される。

一方、冷媒ガス種変更に伴う部分品の変更を行う場合には、レトロフィット事業者として技術上の基準（機器メーカーの基準）がかかることになる。

具体的には、冷凍則第64条の技術上の基準を遵守しなければならない、その中でも特に課題となるのが、第1号及び第4号（強度の確認）と第2号（耐圧試験に合格すること）である。本基準は、冷媒ガス種変更により部分品を交換するレトロフィット事業者が遵守することになっており、対象は第1種製造者、第2種製造者、その他製造である。

「耐圧試験に合格すること」については、実際に現場で耐圧試験を実施すれば良いが、冷凍設備の場合、必ずしも全ての部分品の耐圧試験圧力値が同じではなく、高い方の設定値に合わせると設定値が低い方の部分品に支障をきたすことになる。そのような理由から実際に現場で耐圧試験を実施することは困難である。そこで、冷媒ガス種が変更になることにより、以下3つの場合が考えられることから、それぞれの対処方法について提言を行った。

- ・レトロフィット後に設計圧力が下がる場合
- ・レトロフィット後に設計圧力が上がり、製作時の耐圧試験圧力がレトロフィット後の設計圧力の1.5倍以上の場合
- ・レトロフィット後に設計圧力が上がり、製作時の耐圧試験圧力がレトロフィット後の設計圧力の1.5倍未満の場合

1つ目のレトロフィット後に圧力が下がる場合には、製作時の耐圧試験圧力を十分満足できるとし、耐圧性能を確保していると判断することとした。（ただし、設置後の経年変化については目視等による確認が必要）

一方、製作時の耐圧試験圧力がレトロフィット後の設計圧力×1.5倍以上又は未満の場合の判断としては、1.5倍以上の場合は、設計圧力が下がる場合同様に、耐圧性能を満たしていることとし、1.5倍未満の場合のレトロフィット可否の判断について、委員会で審議された。1.5倍未満の場合のレトロフィットを不可にする場合には冷媒ガス種が限定（実態上1種類ほど）されるため、円滑なレトロフィットの普及の妨げになり厳しいとの委員からのコメントがあった。そこで、安全確保できることを前提として、1.5倍未満の場合であっても耐圧試験を実施することなく耐圧性能を確認する方法を模

索し、設計圧力の増加率の上限値を決めるなどの条件を付加することで、レトロフィット実施が可能となるかどうかについて検討したが、関係者全員の合意を得るまでには至らず、引き続き検討を行うこととなり、これについては、今後作成するガイドラインの中で明確にしたい。

また、「強度の確認」については、設置当時の強度計算書に変更後の冷媒ガス種の設計圧力をあてはめ、変更後も必要厚さを確保しているかどうか確認することとした。

しかし、必ずしもレトロフィット事業者の中には、強度計算ができる事業者ばかりではないので、強度計算の検証については、その設備の機器メーカーに問い合わせ変更後の冷媒ガスでも必要厚さを確保できているか確認していただくこととした。確認後、レトロフィット事業者は確認書を発行することで強度の確認とすることとした。

本確認には、機器メーカーや設備を管理しているユーザーの協力は不可欠である。

「耐圧試験に合格するものであること」と「強度の確認」の方法については、今後、KHK、業界、機器メーカーで策定するガイドラインに移行（記載）することで、レトロフィット事業者に周知することが適切であるとの結果となった。

（５）レトロフィット実施に係るガイドラインの作成について

ガイドラインには、レトロフィットを行う上での注意点、作業内容、行政への届出、レトロフィット後の表示方法等を明記し、レトロフィット事業者が法令遵守をしつつ、安全に作業等ができるようなガイドラインとすることで委員の合意が得られた。

今後の課題として、レトロフィットについては、冷媒ガスメーカー等にとっては切迫した問題として認知されており、また、ユーザーの中には既に検討している事業者もいるが、一部ユーザーには未だ伝わっていないことも大きな課題である。

特に多く使用されている R404A に関しては、今後、メンテナンス時に冷媒が確保できない状況に直面して初めて知るユーザーやサービス会社も多くなると想定されるため、冷媒規制に関する情報を広く伝えていく必要がある。更に、本委員会で議論されたレトロフィット事業者が遵守すべきルールブック（ガイドライン）を策定し、安全に作業を進めて行くことが重要になると考える。

ガイドラインの策定にあたっては安全を最優先することが前提であるが、官、民、学の関係者の知見を広く集め、実効性のあるものにすることが重要である。そのためには、法令上の位置付け（通達改正）についても検討する必要があると考える。

（６）特定不活性ガスに係る規定の改正・整備レトロフィットについて

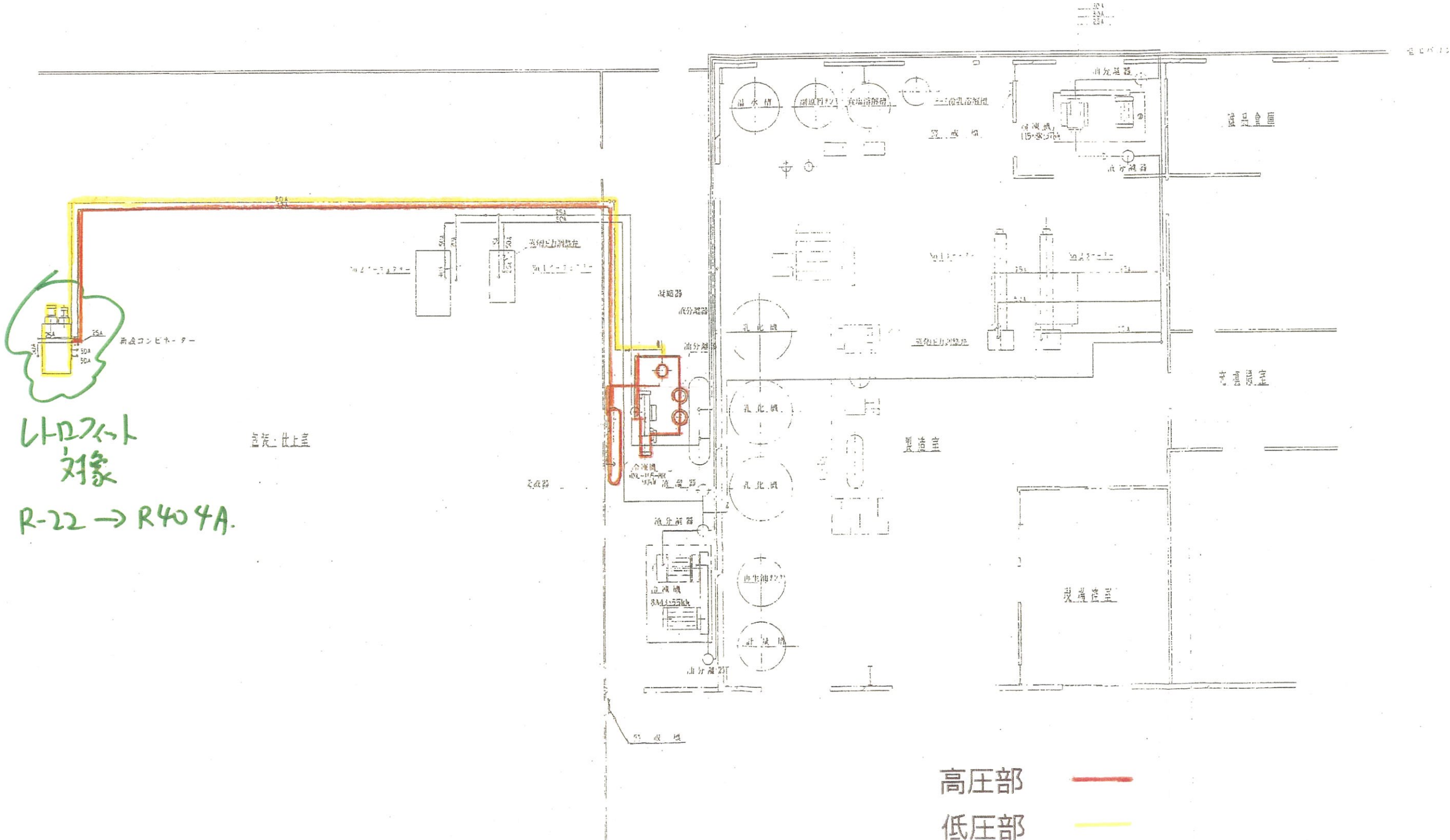
最後に、特定不活性ガスに係る規定の改正についてであるが、現行では「不活性ガス」と「特定不活性ガス」の技術上の区分けはできており、令和３年４月の冷凍則関係の改正では特定不活性ガスが性能規定化された。

現行規制において、令においても特定不活性ガスは第１種ガス（不活性ガス及び空気）の一部として扱われており、令及び冷凍則間でも整合がとれている。

このような中、特定不活性ガスを不活性ガスから独立し、同列扱いにすることについては、第１種ガスから特定不活性ガスを除くこと（規制強化）になるため、慎重に検討する必要がある他、一般則関係においても特定不活性ガスに係る技術上の基準等に関する規定があることから、冷凍則と一般則関係の間で整合をとる必要がある。

以上の事を踏まえ、委員会で検討した結果、現行規制体系で特段支障はなく、あえて特定不活性ガスを不活性ガスの範囲から外し、別規制を行うまでの必然性は感じられないとの結論を得た。

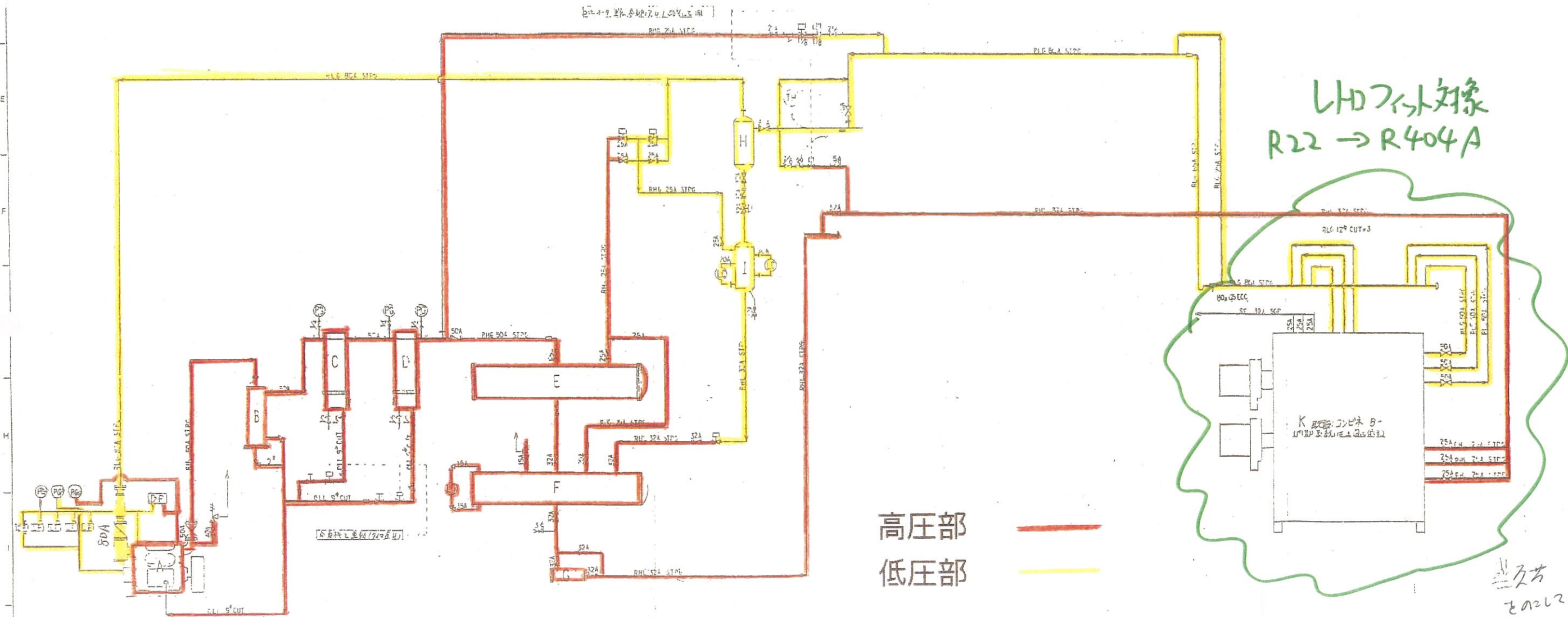
以上



1-2フロア
対象

R-22 → R404A.

高压部
低压部



並方
とのり



Opteon™ XP40

Refrigerant (R-449A)

Retrofit Guidelines for Stationary Refrigeration

Converting R-404A/R-507A Systems
to Opteon™ XP40 (R-449A) Refrigerant



Chemours™





Opteon™ XP40

Refrigerant (R-449A)



BETTER PERFORMANCE
FOR YOUR BUSINESS.
AND THE PLANET.



Introduction

R-404A/R-507A は、オゾン破壊係数を有しないハイドロフルオロカーボン(HFC)として中温・低温域の冷凍冷蔵用途向けに、R-502 の代替として開発され、1990 年代以来、多くに機器に搭載されてきました。既存および潜在的な地球温暖化係数(GWP)の高い冷媒に対する法規制のため、機器オーナー様から、システムのトータルカーボンフットプリントを減らすため、より GWP の低い冷媒に対する関心が高まってまいりました。

Opteon™ XP40 (R-449A)は低 GWP（地球温暖化係数）のハイドロフルオロオレフィン(HFO)ベースであり、R-404A/R-507A の積極的な代替として、直噴式中温・低温域冷凍冷蔵システム用の冷媒です。Opteon™ XP40 は、HFC-32/HFC-125/HFC-134a/HFO-1234yf (24.3/24.7/25.7/25.3wt%)である ANSI/ASHRAE スタンドード 34 に登録された R-449A 混合冷媒のトレードネームです。XP40 は、R-404A/R-507A の既存搭載機のレトロフィットおよびこれらの置き換えとなる新設機に適しているコマーシャルベースの製品となります。Opteon™ XP40 は、R-404A/R-507A に対してエネルギー効率および環境特性改善に寄与します。AR5 GWP 1282 (vs 3943/R-404A, 3985/R-507)、ODP（オゾン破壊係数）0。

このレトロフィットガイドをお使いいただくことで、多くの R-404A/R-507A システムを、安全かつ効率的に、環境へのインパクトを大きく下げながら Opteon™ XP40 に転換することができます。

重要な安全情報

全ての Freon™ 冷媒と同様に、適切にお取り扱い頂ければ、安全にご使用いただけます。しかしながら、あらゆる冷媒と同様に、間違ってお取り扱いいただいた場合、傷害または最悪の場合に死にいたる危険もございます。本ガイドおよび SDS（製品安全データシート）を確認頂き、適切な保護具の使用をお願いします。最低限、適切なハンドグローブと安全眼鏡の着用をお願いします。

- ・高濃度の冷媒蒸気の中で作業を行わないこと。常に適切な換気を維持してください。冷媒蒸気を吸引しないこと。漏えいしたシステムからの冷凍機油ミストを吸引しないこと。機器の補修を行う前に、いかなるリーク後も必ず十分な換気を行ってください。

- ・手提げ式のリーク検知機を、密閉空間の呼吸可否判断に使用しないでください。これらの検知器は、当該空気が安全に吸引できるか否かを判断するために設計されていません。酸素濃度モニターを使い、生存に十分な酸素があることを確認してください。

- ・裸火やハロゲン Torch をリークの検出に使用しないでください。いかなるフルオロカーボン系冷媒においても、裸火は、冷媒の分解を引き起こし、有害な酸化物の生成を引き起こします。ハロゲン Torch は、HFO および HFC 冷媒の検出に有効ではありません。それは、冷媒中の塩素を検出するのみです。Opteon™ XP40、R-404A/R-507A は塩素を含みません。このため、このタイプの検知器は有効ではありません。お使い冷媒に対応した電子式の検知

器をご使用ください。

もし、機器の修理中にお使いのトーチの炎の大きさ、色に変化が認められたら、速やかに作業を中止し、当該エリアを離れてください。換気を十分に行い、作業再開前に、冷媒リークを確実に止めてください。これらの現象は、非常に高濃度の冷媒が存在することを示している可能性があります。十分な換気を行うことなく作業を続けた場合、傷害ないしは死をもたらす可能性があります。

Table 1: Comparison of performance data

R-404 Alts - Low Temp Conditions									
Condenser = 40 °C; Evaporator = -30 °C; Subcool amount = 4 K; Return Gas T = -10 °C; Comp Eff = 70%									
	Evap (kPa)	Cond (kPa)	Disch T (°C)	Avg Glide (K)	Cap (kJ/m ³)	Cap Rel to R-404A	COP	COP Rel to R-404A	Mass Flow Rel to R-404A
R-404A	206	1,833	87	0.4	1,091	100%	1.598	100%	100%
XP40	174	1,745	106	4.2	1,066	98%	1.684	105%	75%

R-404 Alts - Med Temp Conditions									
Condenser = 40 °C; Evaporator = -10 °C; Subcool amount = 4 K; Return Gas T = 10 °C; Comp Eff = 70%									
R-404A	436	1,833	77	0.4	2,489	100%	2.724	100%	100%
XP40	386	1,745	89	4.3	2,468	99%	2.821	104%	75%

注意：あらゆる冷媒は、不適切な使用で、危険をもたらします。ハザードは、高圧化の液体・蒸気ならびに液体による凍傷を含みます。

高濃度の冷媒蒸気による被爆は、窒息および心停止を引き起こすことがあります。いかなる冷媒を扱う前にも、必ず全ての安全情報をお読みください。

特に Opteon™ XP40 SDS の安全情報の箇所を参照ください。Safety Bulletin AS-1 も追加の安全情報としてご参照いただけます。

燃焼性

Opteon™ XP40 は不燃性です。ANSI/ASHRAE スタンドアード 34 において、A1 に該当します。しかしながら、全ての HFC 含有タイプの混合冷媒同様、Opteon™ XP40 をシステムリークの確認のために、空気と混合することはやめてください。

一般的なレトロフィットの情報: R-404A/R-507A to Opteon™ XP40

期待される性能 : Opteon™ XP40 vs. R-404A

Table 1 は熱力学サイクル解析を元に、各種特性に対する R-404A と Opteon™ XP40 の比較を示しています。実際の機器での性能は、機器の状態や運転状況などの要因によって異なります。

システムの改良

冷凍機油

ほとんどの現行 R-404A/R-507A システムにお使いいただいているポリオールエステル (POE)系冷凍機油が Opteon™ XP40 にもお使いいただけます。もし、疑問がある場合ないしはコンタミや高い酸価が認められる場合、冷凍機油を変更すべきです。圧縮機メーカーに適切な粘度、ブランドをご相談ください。

コンプレッサー

全体として、システム性能（冷却能力とエネルギー効率）は Opteon™ XP40 の場合、R-404A/R-507A の場合と同等となります。コンプレッサーの 1 次側、2 次側の圧力は、R-404A/R-507A のときと異なります。このため、コンプレッサーの運転圧力限界を超えてしまうことを避けるために、設定値の変更が必要になる場合があります。システムメーカーのアドバイスを受けてください。

Opteon™ XP40 は、コンプレッサー吐出温度が R-404A よりやや高く(10 から 20K)なります。重ねて、Opteon™ XP40 への適合性につき、コンプレッサーメーカーにお問い合わせください。

膨張弁

Opteon™ XP40 は R-404A に比べて、マスフローレートが下がります(20-25%)が、既存の膨張弁の調整範囲内であると考えられ、膨張弁の交換は必要ないと思われます。システムの過熱度を調整するために、膨張弁の調整が必要になることがあります。温度-圧力曲線（露点（飽和蒸気））を用いて、エバポレーターの過熱度の調整を行ってください。調整につき、疑問があれば、膨張弁メーカーにお問い合わせください。

ラインサイズ

Opteon™ XP40 はマスフローレートと密度が R-404A/R-507A に比べて、低くなります。このため、システムの圧力低下とライン速度の変化が許容範囲内であることを確認するため、現在のラインサイズを確認することを推奨します。正しい配管サイズは、適切な冷凍能力と十分な冷凍機油戻りを圧縮機に保証する上で重要です。

コンデンサーとエバポレーター

サクション圧力が、Opteon™ XP40 と R-404A では異なるため、圧力レギュレーターと圧力カットアウトのリセットが適切な運転のために必要になるかもしれません。Opteon™ XP40 の排出圧力は R-404A よりやや低くなるので、コンデンサーファンとヘッド圧力コントロールの微調整が必要になるかもしれません。

Opteon™ XP40 は混合冷媒です。よって、過熱度の調整は、圧力-温度チャートの露点（飽和蒸気）により、同様に、過冷却度は沸点（飽和液）により調整をしてください。

システムコントロール

多くのスーパーマーケットでは、特定の冷媒の圧力-温度の関係により、適切な運転状況をコントロールしています。R-404A/R-507A から Opteon™ XP40 に転換する場合、コントロールは適切に作動すると思われますが、性能を最適化するために Opteon™ XP40 の特性にシステムをアップデートすることをお勧めします。コントロールシステムメーカーに冷媒データのアップデートの方法ないしは Opteon™ XP40 (R-449A)を使用したときの調整方法などご相談ください。

R-404A システムから Opteon™ XP40 へのレトロフィット手順

以下は、R-404A/R-507A システムから Opteon™ XP40 へレトロフィットする場合の推奨手順を示しています。

1. R-404A/R-507A でのベースライン性能の確認

R-404A/R-507A の運転中にシステムの性能データの収集を行ってください。正しい冷媒充填と運転状況の確認。通常の運転状況での各ポイント（エバポレーター、コンデンサー、コンプレッサー サクション側・吐出側、エバポレーター過熱度、コンデンサー過冷却度）での温度と圧力のベースラインデータは、Opteon™ XP40 へのシステムの最適化に大変役に立ちます。システムデータシートは巻末にあります。

2. 冷凍機油の確認

ほとんどの現行 R-404A システムにお使いいただいている POE 系冷凍機油が Opteon™ XP40 にもお使いいただけます。もし、疑問がある場合ないしはコンタミや高い酸価が認めれる場合、冷凍機油を変更すべきです。圧縮機メーカーに適切な粘度、ブランドをご相談ください。

3. R-404A/R-507A の除去と回収容器へのチャージ

R-404A 全体を除去し、回収容器に回収してください。回収された量を計測し、充填される Opteon™ XP40 の量の参考としてください。

4. フィルタードライヤーの交換

フィルタードライヤーの交換は、システムメンテナンスにおける定常作業です。

5. 他のシステムの調整

必要なシステムの調整、アップグレードを行ってください。

6. システムを空にして、漏れをチェックします

空気ないしはその他の不凝縮ガスと残留水分をシステムから除去するために、システムの真空引き(<1.32mbar (EN378))を行ってください。もしシステムが真空を維持できない場合、それはリークの可能性あります。バキュームテスト後、乾燥窒素でシステムに圧をかけ、リークの確認を行ってください。このとき、システムの最大圧力を超えないように注意してください。冷媒と空気の混合物をリークチェックに使用しないでください。これらの混合物は可燃性となります。リークチェック後、残りの窒素を真空ポンプで除去してください。

7. Opteon™ XP40 システムへの変更

Opteon™ XP40 は混合冷媒のため、チャージシリンダーから液層抜きすることが重要です。(もし、シリンダーがディップチューブ付きバルブを有していない場合、シリンダーを反転させ、バルブがシリンダーの下に来るようにしてください。) 適切なシリンダーポジションは、しばしば矢印により示されています。液がシリンダーから抜き取られれば、冷媒はシステムに、液として、必要に応じてガスとして、チャージできます。

警告： 液冷媒をサクションラインに充填してはいけません。これは圧縮機に修復不能なダメージを引き起こすことがあります。サクションラインに入れる前に、液冷媒を気体にするために、マニホールドゲージないしはスロットリングバルブを使用してください。

一般的に、冷凍システムは、Opteon™ XP40 の充填量を、R-404A/R-507A よりもやや多くとる傾向があります。最適の充填量はシステムのデザインと運転状況により異なります。最初の充填量は、オリジナルの R-404A/507A 充填量の約 85%とすべきと思われます。スタートアップと調整後、最終的にオリジナルの約 105%に至ると思われます。

8. システムの起動と運転状況の確認

- ・最適の過熱度／過冷却度を得るために、TXV と、さらに充填量をモニターしながら調整してください。
- ・圧縮機のオイルレベルを確認してください。適切な量を維持するために、必要なオイルを追加してください。

9. システムに新しい冷媒と冷凍機油を表示してください

Opteon™ XP40 レトロフィットのためのチェックリスト

- ☐1. 既存 R-404A/R-507A 冷媒運転時の基礎データの確認（推奨データはデータシートを参照）
- ☐2. 既存システムコンポーネントの製造者が推奨する下記の情報の確認
 - ・樹脂部品との適合性
 - ・ゴム・エラストマーとの適合性
 - ・潤滑油（粘度、メーカー、添加剤）
 - ・熱式膨張弁のサイズ
 - ・対応可能であれば保証継続のためのレトロフィット手順
- ☐3. 既存 POE タイプ潤滑剤の品質確認ならびに必要な交換
- ☐4. エンジニアによる分析に基づいた設備各部（膨張弁、ラインサイズ等）の調整
- ☐5. フィルター／ドライヤーの新冷媒推奨品への交換
- ☐6. システムコンポーネントを再結合し、真空引き
(ほぼ完全な真空状態とする[1.32Pa (1.32mbar) EN378-4:2013])
- ☐7. リークチェック（リークチェック後、再度真空引き）
- ☐8. R-449A を充填する。
 - ・初期充填量は、既存冷媒 R-404A の機器設定充填量の 85%。
 - ・充填量記録 _____
- ☐9. システムの起動。所定の運転条件が得られるまで充填量を調整。
 - ・充填量が低い場合、2－3wt%刻みで、追加充填を行う。
 - ・追加充填量の記録 _____
 - ・合計充填量の記録 _____
- ☐10. 冷媒名、冷凍機油名のシステムへのラベル掲示
- ☐11. 冷媒転換完了！

System Data Sheet

Type of System/Location: _____

Equipment Mfg.: _____ Compressor Mfg: _____

Model No.: _____ Model No. _____

Serial No.: _____ Serial No.: _____

Date of Manufacture: _____ Date of Manufacture: _____

Original Charge Size: _____ Lubricant Type: _____

Lubricant Charge Size: _____ Drier Mfg: _____

Drier Type: _____

Condenser Cooling Medium: _____

Expansion Device (check one):

Capillary Tube: _____

Expansion Valve: _____ Manufacturer: _____

Model No.: _____

Control/Set Point: _____

Location of Sensor: _____

Other System Controls (ex.: head press control): _____

Date/Time				
Refrigerant				
Charge Size (kg)				
Ambient Temp. (°C)				
Compressor				
Suction T (°C)				
Suction P (MPa/bar)				
Discharge T (°C)				
Discharge P (MPa/bar)				
Evaporator				
Coil Air/H ₂ O In T (°C)				
Coil Air/H ₂ O Out T (°C)				
Operating Service Temperature (°C)				
Condenser				
Coil Air/H ₂ O In T (°C)				
Coil Air/H ₂ O Out T (°C)				
Superheat and Subcool (derived values)				
Refrigerant T at Superheat Ctl. Pt (°C)				
Calculated Superheat (K)				
Exp. Device Inlet T (°C)				
Calculated sub-cool (K)				
Motor Amps (if rack: total)				

Opteon™ XP40 (R-449A) Temperature-Pressure Data (SI)

Temp °C	Sat Liq P kPa	Sat Vap P kPa	Temp °C	Sat Liq P kPa	Sat Vap P kPa	Temp °C	Sat Liq P kPa	Sat Vap P kPa
-40	134.18	100.94	0	615.94	512.99	40	1861.3	1659.3
-39	140.39	105.97	1	635.86	530.61	41	1906.4	1702.19
-38	146.83	111.2	2	656.25	548.69	42	1952.29	1745.94
-37	153.5	116.62	3	677.14	567.23	43	1998.99	1790.54
-36	160.41	122.26	4	698.51	586.24	44	2046.51	1836.02
-35	167.55	128.1	5	720.39	605.74	45	2094.86	1882.39
-34	174.94	134.16	6	742.78	625.73	46	2144.04	1929.67
-33	182.59	140.44	7	765.68	646.21	47	2194.07	1977.86
-32	190.49	146.96	8	789.11	667.2	48	2244.94	2026.99
-31	198.65	153.7	9	813.06	688.7	49	2296.68	2077.07
-30	207.08	160.69	10	837.56	710.72	50	2349.3	2128.11
-29	215.78	167.92	11	862.6	733.27	51	2402.79	2180.14
-28	224.77	175.41	12	888.19	756.36	52	2457.18	2233.17
-27	234.04	183.15	13	914.35	780	53	2512.46	2287.21
-26	243.61	191.15	14	941.07	804.2	54	2568.66	2342.29
-25	253.47	199.43	15	968.37	828.96	55	2625.78	2398.43
-24	263.64	207.98	16	996.25	854.29	56	2683.83	2455.64
-23	274.12	216.81	17	1024.73	880.2	57	2742.81	2513.94
-22	284.92	225.93	18	1053.8	906.71	58	2802.75	2573.37
-21	296.04	235.35	19	1083.49	933.82	59	2863.64	2633.93
-20	307.5	245.07	20	1113.78	961.54	60	2925.51	2695.66
-19	319.28	255.09	21	1144.7	989.87			
-18	331.41	265.43	22	1176.25	1018.84			
-17	343.89	276.09	23	1208.44	1048.44			
-16	356.73	287.07	24	1241.28	1078.69			
-15	369.93	298.39	25	1274.77	1109.6			
-14	383.49	310.05	26	1308.92	1141.18			
-13	397.44	322.06	27	1343.75	1173.44			
-12	411.76	334.42	28	1379.25	1206.38			
-11	426.47	347.15	29	1415.44	1240.02			
-10	441.58	360.24	30	1452.33	1274.37			
-9	457.09	373.7	31	1489.92	1309.44			
-8	473.02	387.55	32	1528.22	1345.25			
-7	489.35	401.79	33	1567.24	1381.79			
-6	506.11	416.43	34	1606.99	1419.08			
-5	523.3	431.47	35	1647.48	1457.14			
-4	540.93	446.92	36	1688.72	1495.97			
-3	559	462.79	37	1730.71	1535.6			
-2	577.52	479.08	38	1773.47	1576.02			
-1	596.5	495.81	39	1816.99	1617.25			

Opteon™ XP40 (R-449A) Pressure-Temperature Data

P bar (g)	Sat Lip T °C	Sat Vap T °C	P bar (g)	Sat Lip T °C	Sat Vap T °C	P bar (g)	Sat Lip T °C	Sat Vap T °C
0.0	-46.4	-40.3	9.6	18.2	23.4	19.2	43.4	47.8
0.2	-42.5	-36.5	9.8	18.9	24.0	19.4	43.9	48.2
0.4	-39.2	-33.2	10.0	19.5	24.7	19.6	44.3	48.6
0.6	-36.2	-30.2	10.2	20.2	25.3	19.8	44.7	49.0
0.8	-33.4	-27.5	10.4	20.8	25.9	20.0	45.1	49.4
1.0	-30.9	-25.0	10.6	21.5	26.6	20.2	45.5	49.8
1.2	-28.6	-22.7	10.8	22.1	27.2	20.4	45.9	50.2
1.4	-26.4	-20.6	11.0	22.7	27.8	20.6	46.3	50.6
1.6	-24.4	-18.6	11.2	23.3	28.4	20.8	46.7	51.0
1.8	-22.5	-16.7	11.4	23.9	29.0	21.0	47.1	51.4
2.0	-20.7	-14.9	11.6	24.5	29.6	21.2	47.5	51.7
2.2	-19.0	-13.2	11.8	25.1	30.1	21.4	47.9	52.1
2.4	-17.4	-11.6	12.0	25.7	30.7	21.6	48.3	52.5
2.6	-15.8	-10.1	12.2	26.3	31.3	21.8	48.7	52.9
2.8	-14.3	-8.6	12.4	26.9	31.8	22.0	49.1	53.2
3.0	-12.9	-7.2	12.6	27.4	32.4	22.2	49.4	53.6
3.2	-11.5	-5.8	12.8	28.0	32.9	22.4	49.8	53.9
3.4	-10.1	-4.5	13.0	28.6	33.5	22.6	50.2	54.3
3.6	-8.9	-3.2	13.2	29.1	34.0	22.8	50.6	54.7
3.8	-7.6	-2.0	13.4	29.7	34.5	23.0	50.9	55.0
4.0	-6.4	-0.8	13.6	30.2	35.1	23.2	51.3	55.4
4.2	-5.2	0.4	13.8	30.7	35.6	23.4	51.7	55.7
4.4	-4.1	1.5	14.0	31.2	36.1	23.6	52.0	56.1
4.6	-3.0	2.6	14.2	31.8	36.6	23.8	52.4	56.4
4.8	-1.9	3.6	14.4	32.3	37.1	24.0	52.8	56.8
5.0	-0.9	4.7	14.6	32.8	37.6	24.2	53.1	57.1
5.2	0.2	5.7	14.8	33.3	38.1	24.4	53.5	57.4
5.4	1.2	6.7	15.0	33.8	38.6	24.6	53.8	57.8
5.6	2.1	7.6	15.2	34.3	39.1	24.8	54.2	58.1
5.8	3.1	8.6	15.4	34.8	39.5	25.0	54.5	58.4
6.0	4.0	9.5	15.6	35.3	40.0	25.2	54.9	58.8
6.2	5.0	10.4	15.8	35.8	40.5	25.4	55.2	59.1
6.4	5.8	11.3	16.0	36.3	40.9	25.6	55.6	59.4
6.6	6.7	12.1	16.2	36.7	41.4	25.8	55.9	59.7
6.8	7.6	13.0	16.4	37.2	41.9	26.0	56.3	60.1
7.0	8.4	13.8	16.6	37.7	42.3	26.2	56.6	60.4
7.2	9.3	14.6	16.8	38.1	42.8	26.4	56.9	60.7
7.4	10.1	15.4	17.0	38.6	43.2	26.6	57.3	61.0
7.6	10.9	16.2	17.2	39.1	43.6	26.8	57.6	61.3
7.8	11.7	17.0	17.4	39.5	44.1	27.0	57.9	61.6
8.0	12.4	17.7	17.6	40.0	44.5	27.2	58.3	61.9
8.2	13.2	18.5	17.8	40.4	44.9	27.4	58.6	62.3
8.4	13.9	19.2	18.0	40.8	45.4	27.6	58.9	62.6
8.6	14.7	19.9	18.2	41.3	45.8	27.8	59.3	62.9
8.8	15.4	20.6	18.4	41.7	46.2	28.0	59.6	63.2
9.0	16.1	21.3	18.6	42.2	46.6	28.2	59.9	63.5
9.2	16.8	22.0	18.8	42.6	47.0	28.4	60.2	63.8
9.4	17.5	22.7	19.0	43.0	47.4	28.6	60.5	64.1

For more information on the Opteon™ family of refrigerants or other Chemours Refrigerants products visit opteon.com

The information set forth herein is furnished free of charge and based on technical data that Chemours believes to be reliable. It is intended for use by persons having technical skill, at their own risk. Because conditions of use are outside our control, Chemours makes no warranties, expressed or implied, and assumes no liability in connection with any use of this information. Nothing herein is to be taken as a license to operate under, or a recommendation to infringe, any patents or patent applications.

© 2016 The Chemours Company FC, LLC. Opteon™ and the Opteon Logo are trademarks or registered trademarks of The Chemours Company. Chemours™ and the Chemours Logo are trademarks of The Chemours Company.

Honeywell レトロフィット実施例

RETROFIT EXPERIENCE | 実施例紹介

1. 成立性検討段階
 - 1) 検討フォーマット紹介
2. 実施段階（22工程）
 - 1) 店舗への到着
 - 2) Retrofit準備作業
 - 3) Retrofit準備記録作業 1-5
 - 4) 冷媒回収作業 1-7
 - 5) 交換部品作業
 - 6) 冷媒充填作業 1-3
 - 7) 冷媒充填後作動確認作業1-4

Honeywell Confidential - ©2019 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

実施例の目次

RETROFIT EXPERIENCE | 成立性事前検討 フォーム

Honeywell | 冷媒
THE POWER OF CONNECTED

レトロフィット 実地調査記録フォーム

実施調査記録項目

1. 店舗情報
2. 基本情報（施工者、冷媒名、気温情報）
3. 冷凍サイクルコンポーネント情報（型式、設置場所、制御方法）
4. コンプレッサー情報
5. 配管情報
6. 熱交換器情報
7. システム稼働データ（レトロフィット前/後）

Honeywell | 冷媒
レトロフィット 実地調査記録フォーム

店舗情報	店舗名	店舗住所	店舗電話番号
基本情報	施工者	冷媒名	気温
冷凍サイクルコンポーネント情報	型式	設置場所	制御方法
コンプレッサー情報	型式	設置場所	制御方法
配管情報	型式	設置場所	制御方法
熱交換器情報	型式	設置場所	制御方法
システム稼働データ	稼働時間	稼働率	稼働状況

店舗情報	店舗名	店舗住所	店舗電話番号
基本情報	施工者	冷媒名	気温
冷凍サイクルコンポーネント情報	型式	設置場所	制御方法
コンプレッサー情報	型式	設置場所	制御方法
配管情報	型式	設置場所	制御方法
熱交換器情報	型式	設置場所	制御方法
システム稼働データ	稼働時間	稼働率	稼働状況

店舗情報	店舗名	店舗住所	店舗電話番号
基本情報	施工者	冷媒名	気温
冷凍サイクルコンポーネント情報	型式	設置場所	制御方法
コンプレッサー情報	型式	設置場所	制御方法
配管情報	型式	設置場所	制御方法
熱交換器情報	型式	設置場所	制御方法
システム稼働データ	稼働時間	稼働率	稼働状況

店舗情報	店舗名	店舗住所	店舗電話番号
基本情報	施工者	冷媒名	気温
冷凍サイクルコンポーネント情報	型式	設置場所	制御方法
コンプレッサー情報	型式	設置場所	制御方法
配管情報	型式	設置場所	制御方法
熱交換器情報	型式	設置場所	制御方法
システム稼働データ	稼働時間	稼働率	稼働状況

レトロフィット前の記録

RETROFIT EXPERIENCE 1 |

店舗への到着&Retrofit準備

 x 3-5

 0h:30m – 1h:00m

1. Retrofit対象店へのスケジュールの報告
 2. **Retrofit 意味**
機器の部分的な小改造（膨張弁、フィルター、シール材、制御方法）を含む冷媒交換であり、場合によってはコンプレッサー、室外交換器の交換も含む。
 3. 必要な機器類の荷降ろし
：ホース、ゲージ、冷媒回収器、真空ポンプなど。
：冷媒回収容器、新冷媒。
- Contractor's arrival to store
 - Report arrival of contractor to store security
 - Notify store manager about refrigeration circuit to be retrofitted
 - Unloading contractor's equipment necessary for retrofit: hoses, gauges, recovery station, vacuum pump etc.



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

作業現場到着し、レトロフィットを実施の準備を行う。

補足）スライドの人の絵は作業人数を示し、時計の絵は作業時間を示している。以下同様

RETROFIT EXPERIENCE 2 |

Retrofit準備

 x 3-4

 0h:30m

1. 必要な機器類の移動
：ホース、ゲージ、冷媒回収器、真空ポンプなど。
(Retrofit作業担当者準備)

：冷媒回収容器、新冷媒。
(Distributor or 冷媒回収業者準備)

- Commissioning of cylinders with new refrigerant.
- Take over the cylinders from distributor's truck
- Unloading cylinders from truck
- Moving cylinders to machinery room or other destined place



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

準備状況（新冷媒ガス R448A の充填容器状況）

RETROFIT EXPERIENCE 3 |

• Retrofit準備 記録作業1

x 3 -4

0h:30m

1. 回収冷媒容器の重量測定記録

- Measure the mass of empty roll drum



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

回収冷媒容器の重量測定状況

RETROFIT EXPERIENCE 4 |

• Retrofit準備 記録作業2

x 1-2

0h:30m

1. 冷媒温度と圧力確認
既存の冷媒のそれぞれの圧力を新しい冷媒に適した圧力に変換し記録する。
換算は、ハネウェル、又は他から提供されている変換ソフトを使う。

1. Record the parameters of circuit to be retrofitted
Write down type of refrigerant, running parameters of retrofitted : evaporation temperature to /pressure po, condensing temperature tk/pressure pk
Convert to/tk and respective pressures of existing refrigerant into adequate pressures for new refrigerant using Honeywell slider or other tool, and save them

R404A				
Liquid T [°C]	Vapor T [°C]	Mid T 0,6d/0,4b [°C]	Mid T 0,5d-0,5b [°C]	Liquid Pressure [bar]
-36,93	-36,24	-36,516	-36,585	1,55
-33,45	-32,78	-33,048	-33,115	1,8
21,25	21,67	21,502	21,46	11,35
23,63	24,04	23,876	23,835	12,1
N40				
Liquid T [°C]	Vapor T [°C]	Mid T 0,6d/0,4b [°C]	Mid T 0,5d-0,5b [°C]	Liquid Pressure [bar]
-36,74	-30,65	-33,086	-33,695	1,55
-33,3	-27,24	-29,664	-30,27	1,8
20,83	26,04	23,956	23,435	11,4
23,03	28,18	26,12	25,605	12,1

© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

冷媒回収前の物成値の比較検討

RETROFIT EXPERIENCE 5

• Retrofit準備 記録作業3

x 1  0h:10m

1. オイルの種類確認
 - 既存のオイルが新しい冷媒と互換性がある場合、オイルの交換は必要ない。
 - 既存のオイルが新しい冷媒と互換性がない場合、回路をフラッシュする必要がある。
 - フラッシング手順の詳細な説明は、「ハネウェルの改造手順」に記載されています。
2. 冷媒漏れの確認

• Check type of oil in retrofitted circuit

- If existing oil is compatible with a new refrigerant no oil change required
- If existing oil is not compatible with new refrigerant, circuit needs to be flushed until concentration of former oil type in new oil is less than 5%. Detailed description of flushing procedure is described in „Honeywell retrofit procedure“.



Honeywell

© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

冷凍機油の状況（目視確認）

RETROFIT EXPERIENCE 6

• Retrofit準備 記録作業4

x 1  0h:15m

1. 既存冷媒の動作記録
 - 制御盤に示される表示データ（Evap.温度設定値、能力表示値）の記録。
 - もし、設計マニュアルから定格での動作値が確認できれば、その合値も記録する。

• Determining the parameters of circuit to be retrofitted, on the base of design ratings

- If ratings from origin design of circuit, are available in the store, determine running conditions for retrofitted circuit on that base

PACK LT400 - REFRIGERANT R804A									
System No.	Length / case / coils	Case / coils model	Display Temp °C	Evaporator Temp °C	Condenser Temp °C	Subcool °C	Superheat °C	LT test	LT test
401 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
402 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
403 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
404 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
405 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
406 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
407 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
408 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
409 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
410 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
411 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
412 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
413 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
414 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
415 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
416 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
417 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
418 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
419 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
420 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
421 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
422 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
423 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
424 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
425 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
426 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
427 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
428 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
429 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
430 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
431 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
432 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
433 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
434 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
435 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
436 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
437 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
438 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
439 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
440 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
441 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
442 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
443 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
444 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
445 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
446 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
447 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
448 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
449 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
450 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
451 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
452 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
453 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
454 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
455 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
456 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
457 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
458 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
459 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
460 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
461 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
462 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
463 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
464 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
465 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
466 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
467 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
468 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
469 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
470 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
471 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
472 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
473 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
474 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
475 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
476 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
477 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
478 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
479 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
480 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
481 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
482 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
483 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
484 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
485 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
486 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
487 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00
488 / 2.1A	1.00m / 1.00m / 1.00m	1.00m / 1.00m / 1.00m	22	2.07	38	0.00	0.00	Subcool	0.00

RETROFIT EXPERIENCE 7

• Retrofit準備 記録作業5

1. Display cabinetsのから商品を降ろす。事前に店オーナーに作業の確認をする。理由は、膨張弁調整、取替え作業を行う為であり、必要のない事もある。
- Determining the parameters of circuit to be retrofitted, on the base of design ratings
- If ratings from origin design of circuit, are available in the store, determine running conditions for retrofitted circuit on that base



as required
store staff



1h:0m – 5h:00
depending on store
size

Expansion valve in cabinet



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

膨張弁の調整を行う場合には、事前にショーケース内の商品を別場所に移動する。

RETROFIT EXPERIENCE 8

冷媒回収作業1

1. 高圧側の回路から液冷媒を回収する
2. 回収前にシステムを稼働させ、高圧側液部を確保する
20kg 液冷媒回収に 30 – 40 分程度 (外気 15℃位)

- Collecting refrigerant from circuit in HP side
- Before recovery refrigerant from the circuit, pump it with compressor and liquefy it in the HighPressure side of system: receiver and condenser



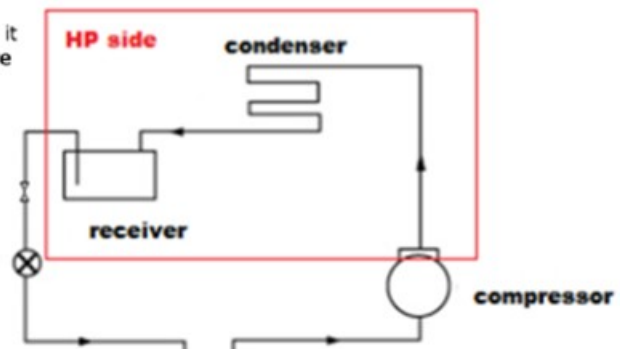
© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.



x 2



1h:00m -1h:30m



室外機他高圧部側の機器の場所確認

RETROFIT EXPERIENCE 9 |

冷媒回収作業2

x 2

0h:15m

1. 高圧側の回路から液冷媒を回収する部位の確認
- Connect HP side of circuit : charging/recovery point to charging/recovery items



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

冷媒ガスを充填する箇所の確認

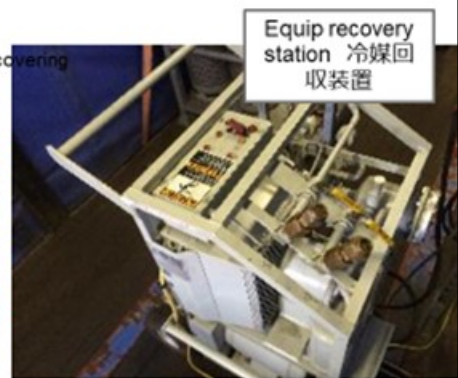
RETROFIT EXPERIENCE 10 |

冷媒回収作業3

x 2

0h:30m

1. 高圧側の回路から液冷媒を回収する
 2. バイパス接続の低圧側レシーバーに冷媒回収装置を接続。起動時は液冷媒吸込みないように配慮する。
- Connect HP side of the circuit to roll-drum for recovered refrigerant
 - By-pass above connection with recovery station
 - Equip recovery station with suction receiver to avoid sucking liquid while recovering



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

冷媒回収前の準備

RETROFIT EXPERIENCE 11 |

冷媒回収作業4

1. 回収側容器は真空引きを行う。確認する。

- Vacuum all connections, recovery station, roll drum



x 2



~1h:00m
depending on
capacity of
vac.pump

Vacuum pump



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

冷媒回収前の準備

RETROFIT EXPERIENCE 12 |

冷媒回収作業5

1. 高圧側の回路から液冷媒を回収停止
2. サイトグラス内の圧力と冷媒の流れを確認

- Stop the circuit
- Open valves between recovery point and a roll drum
- Observe pressures and refrigerant flow in sight glass



x 3



0h:30m

Observe pressures and glass



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

冷媒回収状況

RETROFIT EXPERIENCE 13 |

冷媒回収作業6

1. 冷媒回収装置を起動させて低圧気相冷媒を回収する。
2. 液冷媒が吸い込まれていないことを確認する。(サイトグラス)
3. 配管は、高低圧両方が接続している事を確認。必要に応じて、液体ラインの電磁バルブを強制的に開く。

- Start the recovery station
- After balancing pressures between circuit and roll drum engage recovery station
- Make sure that no liquid slugs are sucked by recovery station-observe sight glass
- Keep 60psig/4,14bar@LP side of recovery station and 120 psig/8,27bar @HP side of recovery station while stable recovering process
- Make sure that HP and LP side of circuit are connected, if necessary enforce electromagnetic valves in liquid line to be opened

© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.



x 2



0h:30m
depending on
capacity of
recovery station

Pressure gauges at
recovery station



Force it to open position



冷媒ガス回収状況（高圧部、低圧部）

RETROFIT EXPERIENCE 14 |

冷媒回収作業7

1. 回収工程の終了
2. 高低圧の圧力を確認して、接続バルブを閉じる。
3. 回収された冷媒の合計重量を測定記録する。

- End of recovery
- Complete recovery of refrigerant observing pressure gauges at recovery station
- Stop recovery while achieving vacuum
- Close valve between roll drum and recovery installation
- Weigh and record the mass of roll drum with recovered refrigerant-calculate mass of recovered refrigerant

© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.



x 2



0h:30m
depending on
capacity of
recovery station

Pressure gauges at
recovery station



Mass of roll drum with recovered refrigerant

冷媒ガス回収完了状況（重量確認、バルブ閉止）

RETROFIT EXPERIENCE 15 |

交換作業



0h:30m

1. 交換作業
 2. メイン液体フィルターコアの交換
- Replacing main liquid filter core
 - Close stop valves at liquid receiver
 - Replace main liquid filter core with a new one

Replace liquid filter core with a new one



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

フィルター交換状況

RETROFIT EXPERIENCE 16 |

冷媒充填1



0h:30m

1. 充填される新しい冷媒重量を決定します。計算方法はハネウェルレトロフィットガイドラインで紹介されております。
2. 冷媒の重量を記録する。
3. 冷媒充填前に必要であればオイルをシステムに入れる。
4. 新冷媒の液体バルブ側を開き、液体冷媒の充填を開始する。

Inverted cylinder for liquid charging

- Determine mass of new refrigerant to be charged into circuit on the base of mass of recovered refrigerant and **Honeywell guidelines**
- Weight cylinders with new refrigerant or record refrigerant mass indicated on cylinder's shell
- Open liquid valve on cylinders and start charging installation with liquid refrigerant
- If no liquid valve exist on cylinder put them upside down to provide liquid charging



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

冷媒充填状況

RETROFIT EXPERIENCE 17 |

冷媒充填2



x 3



0h:30m

1. 継続的な冷媒充填作業を続ける。
2. ゲージとサイトグラスを確認する。
3. 冷媒が液側からの充填が難しくなったら、コンプレッサーのオン/オフ操作によって充填を続ける。

- Continue charging
- Observe gauges and sight glass
- After balancing pressures between circuit and cylinder close the stop valve at liquid receiver outlet and continue charging by compressor on/off operation

Observe pressures and glass



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

冷媒充填状況

RETROFIT EXPERIENCE 18 |

冷媒充填3



x 2



0h:30m

1. 重量チェックにより、冷媒充填完了確認をする。
2. シリンダーのバルブを閉じる
3. 充填ラインのバルブを閉じる
4. 液体レシーバーの液面を観察する。液体レシーバーの容量の約50%程度か否か確認する。

- Determine mass of charged refrigerant
- Stop charging if required mass is within circuit
- Close the valves on cylinders
- Close the valve in charging line
- Observe liquid level in liquid receiver at stable run of circuit - should be ~50% of liquid receiver volume
- Recover new refrigerant from charging hoses

Observe liquid level in sight glasses



© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

冷媒充填状況

RETROFIT EXPERIENCE 19

冷媒充填後作動確認1

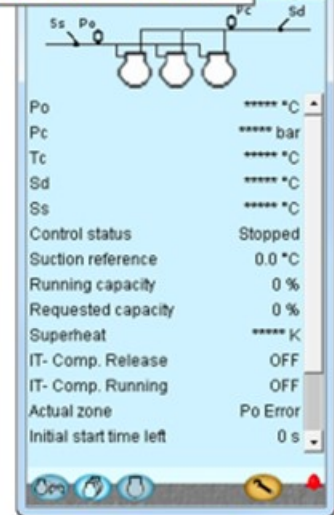
1. コンプレッサーの入力条件と外気温度の条件から、システム作動状態を算出する。
2. 算出方法は、例えば右記のような、設置のコンプレッサーメーカーが提供しているコントローラーを使用したり、ハネウェルが提供しているサイクルバランスを計算するコントローラーを使用する。

- Set curve of new refrigerant in controllers of compressor rack and condenser
- Set curve of new refrigerant in controllers of refrigerated consumers
- Set evaporating pressure, condensing pressure in controllers of compressor rack and condenser
- Set superheat in controllers of refrigerated consumers at 5K

© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.



例) これはDanfoss controllerで紹介されている機器類の作動状態を算出できるコントローラーです。



冷媒充填後作動確認 (機器メーカーのソフトウェアの値確認)

RETROFIT EXPERIENCE 20

冷媒充填後作動確認2

1. システム作動状態の計算値と実機の相違を確認する。

- If control system does not allow to set the curve of new refrigerant:
 - a) set reference evaporating pressure adequate for new refrigerant
 - b) set reference condensing pressure adequate for new refrigerant

© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.



0h:20m



冷媒充填後作動確認 (機器側の制御装置の確認)

RETROFIT EXPERIENCE 21 |

冷媒充填後作動確認3

x 3-5



0h:30m – 2h:00
depending on number of TEVs

1. 膨張弁の適正値の確認
2. SHを10Kに保つように開度の調整を行う。
3. 調整方法は、例えば右記のような、設置のValveメーカーが提供しているコントローラーを使用したり、ハネウェルが提供しているガイドラインを使用する。

- Set superheat of mechanical expansion valves (TEVs) in display cabinets and air coolers according to valve's producer manual
- After adjustments, for TEVs, superheat should be stable and keep value ~10 K

1. Thermostatic Expansion Valve Type

TEV adjustment tool

T2/TE2

2. Old Refrigerant

R404A

3. Retrofit Refrigerant

R448A

Recommendation:

Suggested SH adjustment

¼ turns CW

© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

冷媒充填後作動確認（機器側の制御装置の確認）

RETROFIT EXPERIENCE 22 |

冷媒充填後作動確認4

x 3-5



1h:00m

1. 温度性能の確認
2. コンプレッサーラックの全体的な過熱度を確認。
3. 冷媒漏れの最終確認
4. 室内器の陳列棚に商品を再積載
5. 新しい冷媒ステッカーの表示
6. 記録の作成

- Check temperature performances of refrigerated consumers
- Check overall superheat at compressor rack, its value should be ~15K if circuit is equipped with TEVs, and ~10K if circuit is equipped with EEVs
- re-load display cabinets with goods
- Label circuit with new refrigerant stickers
- Record on circuit maintenance list mass of new refrigerant and date of retrofit
- Decommission of retrofit equipment, cylinders, roll drum, recovery station



Honeywell Refrigerants

HCFC Retrofit Survey

Estimator	
Estimate	
Address	
Store #	
Survey date	
In attendance	



Log with charge and date of retrofit

Honeywell Refrigerants

GENERAL INFORMATION			
Estimating office			
Refrigerant charge			
R-41 system identifier			
EQUIPMENT INFORMATION			
Equipment Manufacturer			
Equipment Model/Type			
Compressor type			
Compressor speed			
Compressor displacement			
Condenser type/location			
Evaporator type			
Refrigerant charge			
Refrigerant type			
Refrigerant mass			
Refrigerant volume			
Refrigerant pressure			
Refrigerant temperature			
Refrigerant level			
Refrigerant color			
Refrigerant odor			
Refrigerant taste			
Refrigerant touch			
Refrigerant smell			
Refrigerant sight			
Refrigerant sound			
Refrigerant feel			
Refrigerant taste			
Refrigerant touch			
Refrigerant smell			
Refrigerant sight			
Refrigerant sound			
Refrigerant feel			

© 2015 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

冷媒充填後作動確認（冷媒漏れ確認）、表示の差し替え（冷媒ガスメーカーが提供）

添付資料 4 Refrigerant Changeover Guidelines (Emerson)

詳細は以下 URL を参照願います。

https://www.rsd.net/fx/pdf/suite/Emerson_Climante_Technologies_R448A-R449A_Retrofit_Guide.pdf

添付資料 5 Guidelines For Using (TECUMSEH)

詳細は以下 URL を参照願います。

https://www.tecumseh.com/globalassets/media/europe/files/guidelines-and-recommendations/r448a_r449a_r452a/tecumseh_guidelines_for_using_r452a_r448a_r449a.pdf

業務用冷凍冷蔵システム向け

HCFC / HFC冷媒からHFO混合冷媒への 冷媒換装レトロフィットガイドライン

R-22およびR-404A から
ソルスティスN40 (R-448A) へのレトロフィット

目次

はじめに.....	2
ソルスティス N40 冷媒について.....	2
R-448A ドロップイン(冷媒充填) についての注意.....	2
レトロフィットの手順 - 概要	2
レトロフィットの手順 - 詳細	
1. 実地調査.....	3
2. 事前準備.....	3
3. レトロフィット作業.....	4
レトロフィット 実地調査記録フォーム(日本語版) は、 以下のリンクからダウンロードいただけます。	
https://hwll.co/clbu7	
付録	
A. コンプレッサ	
B. 冷媒配管サイズ	
C. コントロール設定	
D. 冷媒漏えい防止のために	
E. PT (圧力／温度) チャート (SI)	

本ガイドラインについて

R-22は、HCFC（特定フロン）冷媒で、政府間国際協定（モントリオール議定書）およびオゾン層保護法に基づき規制されています。

R-402A および R-408Aは、R-502の代替として多くの中低温冷凍冷蔵システムに使用されています。R-402AはR-22を含む混合冷媒であることから、上述のHCFC規制の対象に該当します。なお、この規制により、HCFCの生産・輸入は、ともに2020年に全廃になります。

R-404A* は、HFC（代替フロン）の混合冷媒ですが、R-448Aに比べて非常に高い地球温暖化係数（GWP）を有しています。米国ではR-404Aは既に新規スーパーマーケット店舗機器への使用が、レトロフィットも含め禁止されています。日本国内では、フロン排出抑制法（略称）により、圧縮機の定格出力が1.5kWを超えるコンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット用途において、2025年度以後R-404Aを使用できなくなります。また、EUにおいても、2020年から保守用途以外の使用が禁止されます。

このガイドラインは、スーパーマーケット冷凍冷蔵システムのレトロフィット向けに作成されたものですが、他の用途の冷凍冷蔵システムのレトロフィットについても適用可能な内容となっています。

スーパーマーケット各社は、法規制を遵守し、同時にカーボンフットプリント（CO₂排出）を削減するため、既存冷凍冷蔵機器を交換もしくは代替冷媒へのレトロフィットを進めています。代替冷媒の選択肢は、既存機器の仕様により異なりますが、レトロフィット向けの冷媒を選定される際には、冷媒効率、導入コスト、法規制への適合や、キャパシティについて検討されることをお勧めします。

取扱技術者の方々がR-22およびR-404A からソルスティスN40（R-448A）へのレトロフィットを実施されるにあたり、機器メーカーの推奨事項と併せて本ガイドラインをお役立ていただければ幸いです。

*R-507Aからのレトロフィットについては、R-404Aと同様の手順にて取扱ください。

はじめに

業務用冷凍冷蔵機器産業では、オゾン層破壊の原因となり、また高い地球温暖化係数（GWP）を持つハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC、特定フロン）やハイドロフルオロカーボン（HFC、代替フロン）の使用を削減していくための取り組みが進んでいます。このような取り組みを進めるには、代替冷媒へのレトロフィット作業に従事される設備事業者および取扱技術者の皆様のご尽力が不可欠です。

このガイドラインは、R-448A冷媒のレトロフィットについて、機器設置取扱者向けに技術的観点から手順や方法を説明することを目的にハネウェルが作成しました。

本ガイドラインに記載された内容は、一般的な見地に基づく情報であり、各機器メーカーの取扱説明もしくは推奨事項に代わるものではありません。また、レトロフィット作業は、各システムの仕様に合わせ、適切な方法で行ってください。

冷凍冷蔵システムの設置条件や機器設定は、システムによって異なるため、レトロフィットについてもシステム個別の対応が必要になる場合が多くあります。このような理由から、ハネウェルでは、レトロフィットを実施する機種については、各機器メーカーに詳細な情報を問い合わせられることをお勧めします。加えて、代替する冷媒については事前に安全データシート（SDS）をよくお読みください。ハネウェル冷媒製品のSDSは、www.honeywell-refrigerants.com/japan/resources/literature/ をご覧ください。

ソルスティス N40 冷媒について

ASHRAE冷媒番号、成分、用途などの詳細

冷媒	分類	代替対象	用途	備考
ソルスティス N40 (R-448A)	混合冷媒 成分 R-32 R-125 R-1234yf R-134a R-1234ze	R-22 R-404A R-507	スーパーマーケット用冷凍冷蔵庫、ショーケース、直膨式チラー、倉庫用冷凍冷蔵	効率性が最良の代替冷媒の一つ 不燃性の代替冷媒のうち、最も低いGWP（国内では、不活性ガスに分類） 膨張弁の調整が必要

R-448A ドロップイン（冷媒充填）についての注意

R-448AはHFOを含む混合冷媒で、潤滑油は合成油を用いる必要があります。コンプレッサ既存の潤滑油が適用可能であるか各メーカーにご確認ください。本ガイドラインに記載したレトロフィットの手順は、容積式コンプレッサ（レシプロ、ロータリー、スクロール、またはスクリュース式）の使用を想定し作成されたものです。

レトロフィットの手順 - 概要

最適なレトロフィットを行うことで、メンテナンス頻度が少なく、効率性の高いシステムを実現することができます。そのためには、いくつかの大切なステップがあります。このガイドラインは、ハネウェルの技術チームが設備業者パートナー各社との実地経験に基づく推奨事項をまとめたものです。実際の作業を行われる際には、対象店舗の定める手順、取扱法やその他の規定に従い作業を実施してください。

まずはじめのステップは、実地調査です。実地調査によって現在の機器の状態、レトロフィット作業の際の注意点や、必要な機器・装置のアップグレードを事前に検知することで、短い時間でコスト効率よく当日の作業を行うことができます。冷媒レトロフィットを行うことで、冷凍冷蔵システムの長寿命化や高効率化にも繋がります。加えて、各種部品についても新しい冷媒への適合性を確認し、また冷媒漏えいを低減するためにも交換の可否を点検してください。

次のステップは、レトロフィットの事前準備です。レトロフィット作業当日までに、スーパーマーケット店舗側との事前調整や、必要な部品の調達を進めます。

このステップで十分に準備を行うことで、レトロフィット作業にかかる店舗休業期間を短くし、またさまざまなリスクを軽減します。

最後のステップは、レトロフィット当日の作業です。作業は通常、店舗営業の終了後、可能であれば夜間に行います。一般的にレトロフィット作業にあたる人員は、冷媒回収担当、冷媒封入や機器調整を行う施工担当、制御系担当と、責任者のチームで行います。並列1系統のレトロフィット作業は、通常一晩で完了しますが、過熱度を最適化するための作業が翌日までかかる場合があります。

レトロフィットの手順 - 詳細

ステップ1 - 実地調査

(日本語版記録フォームのダウンロードは [こちら](#) から)

1. コンプレッサ

- 機器メーカー名、製品モデル名とシリアル番号を記録
- コンプレッサ、ファン、キャピラリーチューブや制御装置の故障や異常を点検し、特定
- 吐出温度緩和装置の要否

2. システム関連

- 店舗内、機械室や屋根など、システム作動に関わる箇所（コンデンサファンの故障、蒸発器コイルの詰まり、サブクーラーの故障、コンデンサ劣化、設置不良、旧式の部品など）を点検します。

3. 膨張弁の確認

- 非調整式の膨張弁が設置されている場合は 交換または調整する必要があります。交換用の膨張弁もしくは調整キットは、レトロフィット作業当日までに準備してください。
- 一般的に、膨張弁をR-448Aと使用すると能力が増加します。この場合、能力に合わせ、膨張弁のサイズを性能曲線の間中域とすると正常に作動します。
- 能力が高いため、膨張弁を始動する際には冷媒の液戻りを防ぐ措置を行ってください。特に既存冷媒がR-404A、R-402AおよびR-408Aの場合には液戻りが顕著に発生します。液戻りを防ぐには、膨張弁を事前に調整します。なお、この事前調整は、始動後に行う過熱度調整を補完するものではありません。
- R-448Aでは、R-404A、R-402AおよびR-408Aの場合に比べ膨張弁の圧力が強く、弁の開放が大きくなるため、弁が十分に閉鎖せず過熱度の調整に影響を与える場合があります。その場合には、ダイアフラムのある頭部をR-22またはR-448A仕様の部品に交換することで解決します。頭部部品の交換後も過熱度の調整が困難な場合は、膨張弁を交換してください。
- レトロフィット作業における不測の事態を想定し、十分な部品や備品を準備してください。

4. 交換する密封部品とOリングの確認

- エラストマー製密封部品は、R-22、R-408A やR-402Aなどの塩素を含む冷媒の回収時に劣化が発生します。冷媒漏えいを防ぐため、各箇所の密封部品の交換をお勧めします。推奨する交換用密封部品およびOリング製品については、[付録D](#)に記載しています。
- R-404A は塩素を含まないため、R-404A からR-448A へのレトロフィットに関しては、塩素による影響はありません。

5. ベースライン (基準線) データの記録

- 現状のデータであるベースライン (基準線) を記録することで、問題を特定し、またレトロフィット後の性能を検証することができます。
- 記録するデータ項目は、[実地調査記録フォーム](#)に記載しています。[日本語版記録フォーム ダウンロードリンク](#)

6. 冷媒配管のサイズ

- 特に、横引きの吸入配管と縦引きの配管のサイズを再確認してください。配管サイズの算出には、ハネウェルのシミュレーションソフトウェア「[ゼネトロンプロパティスイート \(英語のみ\)](#)」もご利用いただけます。[付録B](#)では、冷媒配管サイズの設定例を紹介しています。

7. 潤滑油と冷媒のテスト

- 潤滑油を検査し、システム異常の兆候等を特定してください。
- 回収した冷媒を他の店舗で、もしくは再利用する際には、冷媒の純度を検証してください。

8. 実地調査記録を完成したら、記録を顧客に提出ししてください。

ステップ2 - 事前準備

1. レトロフィット作業スケジュールの調整

- 店舗責任者および各担当責任者と事前に面談し、レトロフィットにかかる詳細を調整してください。
- 事前調整事項
 - i. レトロフィット実施日時
 - ii. 店舗営業時間
 - iii. ショーケースの扱い (商品取出しなど)
 - iv. ショーケース清掃の有無
 - v. 食品安全管理 (ドライアイス冷却、ドア閉鎖、シートによる保冷など)

2. 必要な部品および冷媒の発注

3. 取扱技術者の準備

- 温度グライドを有する冷媒の露点温度に基づく過熱度設定の方法を確認してください。詳しくは、[付録C](#)を参照ください。
- [付録E](#)に記載したPT（圧力／温度）チャートの数値をご使用ください。インターネットや他社製アプリの情報は、正しくない場合があります。
- 圧力弁の設定について、温度グライドを有する冷媒に適した平均圧力に基づく設定法を習得していることを確認してください。詳しくは、[付録C](#)を参照ください。
- ハネウェルでは、技術チームによるオンラインもしくは実地トレーニングを提供しています。

4. システムの変更

- 実地調査に基づき、コンプレッサの交換、パイロット配管、コントローラの調整、コイルの清掃など、冷媒回収以外の、事前に個別作業が可能な部分の交換や清掃などを行います。
- 必要に応じ、吐出温度の緩和装置を設置します。詳しくは、[付録A](#)を参照ください。

5. 受液器（レシーバー）から余剰冷媒を回収（必要な場合）

- この作業を事前に行うことで、レトロフィット当日の作業時間を短縮することができます。冷媒回収量は計量し、R-448A封入量算出時に、他の回収量と合計します。

6. 潤滑油を鉱物油からPOEに入替

- ほとんどの場合、R-22、R-402AとR-408Aで用いられる潤滑油はR-448Aでは使用不可であるため、合成油に変更する必要があります。ハネウェルは、各コンプレッサメーカーが承認した相溶性を有する潤滑油の使用を推奨します。
- 通常、（1）潤滑油全量の入替が必要です。
- 合成油が全量の95%になるようにしてください。個別用途の要件について詳しくは、各コンプレッサメーカーにお問い合わせください。
- ほとんどの場合R-404A機器ではPOE オイルが使用されているため、入替の必要はありません。
- 潤滑油の入替について、推奨品などの詳細は、[付録A](#)を参照ください。

7. サクションフィルター、リキッドフィルターとフィルタードライヤーの交換

- 8. R-448AのPT（圧力／温度）チャートに合わせ、コントローラーをアップグレードします。ハネウェルでは、温度グライドを有する冷媒のコントロール設定については平均圧力の値を用いることを推奨します。

9. 漏えいのチェックと修理

ステップ3 - レトロフィット作業

1. レトロフィット作業前日に店舗側責任者に作業日を再度通知する
2. 食品安全管理（ドライアイス冷却、ドア閉鎖、シートによる保冷など）
3. 既存冷媒の回収

- 冷媒回収は、各業界団体等が定める方法にて行ってください。

経産省 [フロン回収ガイドライン](#)

4. 冷媒回収量を記録（事前回収分も含む）
5. 冷媒回収装置で真空破壊を行う
6. 必要に応じ、密封部品、ガスケット、各種弁を交換。推奨する部品については[付録D](#)を参照ください。
7. 実地調査に基づき決定した膨張弁の交換および調整機材の装着
8. ドライヤーとフィルターの交換
9. システムの真空引き

- ハネウェルは、システムの両側から到達真空度500ミクロンを推奨します。システム低圧側のみから真空引きを行うと、適切に湿気や空気などの非凝縮物を除去することができません。
- 真空度をより正確に計測するため、ゲージはアナログ式ではなく、電子ミクロンゲージを使用してください。
- 冷媒漏えいを点検し、修理してください。

10. ソルスティス N40（R-448A）冷媒の充填

- R-448Aは混合冷媒であるため、必ずシリンダー容器から液体のみを液体の状態で充填してください。**R-400シリーズ容器中の気体を気相で充填しないでください。**気相で充填を行うと、冷媒組成が変化し、システムの性能が不安定になります。

- 吸入側から充填する場合は、スロットルバルブで流量を制御し、冷媒がシステムに届く前に液体から気体に気化させてください。

- **注:**コンプレッサの故障を防ぐため、液体の冷媒をコンプレッサの吸入側から充填しないでください。

- R-448Aシステムの冷媒封入量:

- R-408Aからの場合 およそ3%増
- R-22からの場合 およそ8%減
- R-404Aからの場合 およそ5%増

封入後、状態の安定を待ちます。

冷媒量が不足している場合は、封入重量の5%ずつ追加充填し調整します。良好な稼働状態になるまで、冷媒を追加します。

11. 膨張弁の調整

- 弁の調整は、あらゆるレトロフィット作業において重要な手順です。弁を最適に調整することで、コンプレッサの故障を防ぎ、食品の安全な保冷温度とシステムの効率性を維持します。
- ほとんど全ての弁を調整する必要があります。
- 膨張弁について詳しくは、本書ステップ1 - 3項を参照ください。
- 機器メーカーから推奨値が提供されていない場合、過熱度の設定は低温 -15.5℃ ~ -14.4℃ および、中温 -14.4℃ ~ -13.3℃ を推奨します。

12. 圧力制御の調整

- 安全制御装置、蒸発圧力調整弁（EPR）、そく止弁など、全ての制御機器・装置を確認し、調整してください。設定値の調整について詳しくは、付録Cを参照ください。
- 蒸発器とコンデンサの圧力をR-448Aに適切に調整するには、ハネウェルPTチャートの平均値を参照してください。
- コンデンサファンの制御には、平均圧力を使用してください。制御システムが平均圧力を使用していることを確認してください。設定値の調整について詳しくは、付録Cを参照ください。

13. 機器へのラベル貼付

- システムへのR-448Aレトロフィットが完了したら、システムに封入した冷媒名と、使用した潤滑油（ブランド名含む）をラベルに記入し、機器に貼付します。これらは、将来のメンテナンス作業の際に間違った冷媒や潤滑油の使用を防ぐことにつながります。
- PTチャート、ラベルはハネウェルまたは販売店までご用命ください。

付録 A - コンプレッサ

免責事項: 以下の情報には、メーカーから提供された情報を含みます。機器・装置に関する最新情報は、各メーカーにお問い合わせください。推奨事項の中には、特定の製品にのみ有効な場合がありますのでご留意願います。

コンプレッサー油

手順:

ほとんどの場合、R-22で用いられる潤滑油はR-448Aでは使用不可であるため、合成油に変更する必要があります。ハネウェルは、各コンプレッサメーカーが承認した相溶性を有する潤滑油の使用を推奨します。潤滑油は、種類によって異なるため、互換性を有しません。レトロフィットするシステムで使用するコンプレッサに適合する潤滑油の粘度グレードやブランドについて詳しくは、各メーカーにお問い合わせください。R-404Aシステムでは通常すでにPOE オイルが使用されているため、入替の必要はありません。

潤滑油が汚染されている、もしくは酸性度試験で高酸度が検出された場合には、潤滑油全量を交換してください。

推奨する手順:

1. 既存の潤滑油をコンプレッサ、オイルドレン、およびオイルセパレータから排出
2. 潤滑油の排出量を計測。この値を元に、新規に充填する潤滑油の量を決定します。
3. 潤滑油フィルタの交換
4. 新しい潤滑油を充填。POE (ポリオールエステル) 油の充填には、周辺の湿気の混入を防ぐため、注ぎ入れるのではなく、ポンプを用いることを推奨します。
5. 24時間コンプレッサを稼働し、全ての回路で除霜されていることを確認。併せて熱回収やスプリットコンデンサなどのコイル類の定期的な作動も確認します。
6. 屈折計を用いて残存鉱物油の割合を計測。合成油が潤滑油全量の95%を占めるようにしてください。
7. 必要に応じ、作業を繰り返してください。

POEオイルは湿気を吸収する特性を持つため、システムにPOEオイルを充填後10～15分以上外気に晒さないようにしてください。

潤滑油を排出してもPOEオイルからの湿気を除去することは出来ません。POEオイル湿気の除去は、湿気除去用のソリッドコア式フィルタードライヤーでのみ行うことができます。

Carlyle (カーライル) 製レシプロコンプレッサ

カーライル製 半密閉式レシプロコンプレッサ、モデル06D (公称3～15馬力) および、06E (公称15～40馬力) にてメーカー承認を受けたPOEオイルは、以下の通りです。

(カーライル 製品取扱説明書 *O6deaguide.pdf, Lit. No. 574-069 Rev B 6/04*による)

潤滑油メーカー	ブランド名
Castrol	E68
ICI EMKARATE	RL68H
CPI	SOLEST 68
Mobil Arctic ⁺	EAL 68
Castrol ⁺	SW 68

Copeland (コーブランド) 製レシプロコンプレッサ

コーブランドでは、ソルスティス N40冷媒 (R-448A) を用いる場合には、POE-32の使用を推奨しています。

(エマソン・クライメイト・テクノロジーズ資料 *Emerson 93-11 R32 (1/16)*による)

最新の情報は、エマソンのウェブサイトをご確認ください。POE-32オイル各種:

- POEオイル (Copeland Ultra 32-3MAF) - 推奨
- Lubrizol Emkarate RL32-3MAF
- Everest 32-3MAF
- Parker EMKARATE RL32-3MAF/ (Virginia) LE323MAF
- Nu Calgon 4314-66/EMKARATE RL32-3MAF

補充使用のみ承認:

- Everest 22 CC
- Copeland Ultra 22 CC
- Mobil Arctic 22 CC

付録 A - コンプレッサ

適合するコンプレッサ

Copeland (コープランド) 製レシプロコンプレッサ

旧式のレシプロコンプレッサは、HFO系冷媒および、POEオイルの使用に適していないことから、機器メーカーでは旧機種を使用されている場合、新機種への交換を推奨しています。旧機種の判別は、モデル番号を参照します。番号2番目のアルファベットの「R」である場合は旧機種です。例えば、モデル番号「4RA3-1000-TSK」は、POEオイルの使用に対応していません。

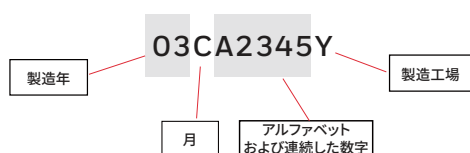
合成油を使用するには、その前にまずコンプレッサを交換してください。

新型のDiscus (ディスカス) コンプレッサは、HFO系冷媒およびPOEオイルに対応しています。

適合モデル:

- 2Dシリーズ全モデル
- 2000年以降に製造された 3Dシリーズ
- 2003年5月以降に製造された4Dおよび6Dシリーズ

Copeland® コンプレッサ シリアル番号



3Dシリーズ コンプレッサ のModuloadシステムについても適合性を確認してください。レトロフィットキットが販売されています。

4Dおよび6Dシリーズ コンプレッサ のブロック吸入能力コントローラは、POEオイルおよびR-448Aに適合します。

Carlyle (カーライル) 製レシプロコンプレッサ

カーライルでは1994年6月から高流量仕様のオイルポンプを採用しています。合成油使用時のオイル不良防止の観点から、このポンプの使用を推奨します。コンプレッサのシリアル番号が0694もしくはそれよりも若い番号で始まる旧式モデルの場合、機器を高流量オイルポンプでレトロフィットしてください。

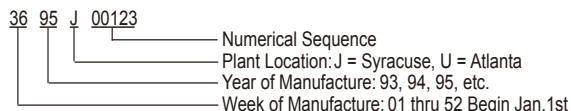
(出典:カーライル製品取扱説明書 [O6deaguide.pdf](#), Lit. No. 574-069 Rev B 6/04)

カーライル シリアル番号 / 日付の判読法

1.3 — Compressor Serial Number Significance

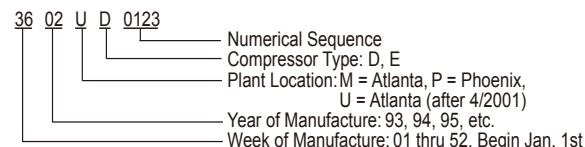
ALL NEW COMPRESSORS

Example: S/N 3695J00123



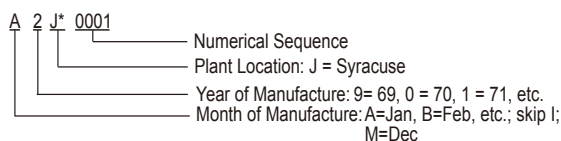
ALL SERVICE COMPRESSORS

Example: S/N 3602UD0123



NEW AND SERVICE REPLACEMENT COMPRESSORS BUILT BETWEEN NOV. 1968 - OCT. 1978

Example: A2J0001



*An "X", "A" or "P" in this location indicates service compressor.

出典:カーライル資料 *O6D/E Pocket Service Guide*, page 8, literature number 020-611 www.carlylecompressor.com

上図 英文	日本語訳
1.3 - Compressor Serial Number Significance	1.3 - コンプレッサ シリアル番号の判別法
ALL NEW COMPRESSORS	全ての新規コンプレッサ
ALL SERVICE COMPRESSORS	全ての整備済コンプレッサ
NEW AND SERVICE REPLACEMENT COMPRESSORS BUILT BETWEEN NOV.1968 - OCT. 1978	1968年11月～1978年10月の間に製造された新規および整備済コンプレッサ
Numerical Sequence	連続する番号
Plant Location	製造工場
Year of Manufacture	製造年
Week of Manufacture	製造週
Compressor Type	コンプレッサの種類

Carlyle (カーライル) 製スクリーコンプレッサ

カーライル製 74mm スクリューコンプレッサは、R-22からのレトロフィットの場合コンプレッサ密封からの漏えいリスクは低いです。他方、R-404Aからのレトロフィットの場合にはリスクが中度に上がるため、カーライルでは予防的な意味からコンプレッサのレトロフィットを推奨しています。

付録 A - コンプレッサ

吐出温度の緩和

システムにおけるソルステイス N40 (R-448A) の吐出温度は、R-404A、R-402AおよびR-408Aに比べて高く、R-22に対しては低くなります。吐出温度緩和装置の要否については、圧縮およびコンデンサ吸込ガスの温度から判断してください。

Carlyle (カーライル) 製レシプロコンプレッサ

カーライルの 06Dおよび06Eコンプレッサは、ヘッドファンとリキッドインジェクションを要します。以下の概要を参照してください。

Table 1- Requirements for Cylinder head Cooling Fans				
		Application Range		
		SST Range	SDT Range	RGT Range
Applicable Refrigerants		R407A, R448A, R449A, R452A	R404A, R507A	R407A, R448A, R449A, R452A, R404A, R507A
Compressor Type	Recommendation			
06D & 06E	Required	SST<-15°F	SST<-25°F	All
	Required	SST<0°F	-	SDT>120°F OR RGT>30°F
06CC	Cylinder head fan is recommended but not required for all 06CC applications			

Table 2- Requirements for Liquid Injection Valves				
		Application Range		
		SST Range	SDT Range	RGT Range
Applicable Refrigerants		R407A, R448A, R449A, R452A	R404A, R507A	R407A, R448A, R449A, R452A, R404A, R507A
Compressor Type	Recommendation			
06D & 06E	Required	SST<-25°F	SST<-25°F	All
	Required	SST<-15°F	-	SDT>120°F OR RGT>30°F
06CC	Required	SST<-25°F	SST<-30°F	All

上表 英文/IP値	日本語訳/SI換算値
Table 1 - Requirements for Cylinder head Cooling Fans	表1 - ヘッドファン要件
Table 2 - Requirements for Liquid Injection Valves	表2 - リキッドインジェクションバルブ要件
Applicable Refrigerants	該当する冷媒
Compressor Type	コンプレッサ種類
Recommendation	推奨
Required	要
SST Range	飽和吸入温度 (SST) 範囲
SDT Range	飽和吐出温度 (SDT) 範囲
RGT Range	圧縮機吸込ガス温度 (RGT) 範囲
Cylinder head fan is recommended, but not required for all 06CC applications.	シリンダヘッド冷却ファンの使用を推奨しますが、06CC用途については不要です。
-15°F / -25°F / 0°F / 120°F / 30°F	-26°C / -32°C / -18°C / 49°C / -1°C

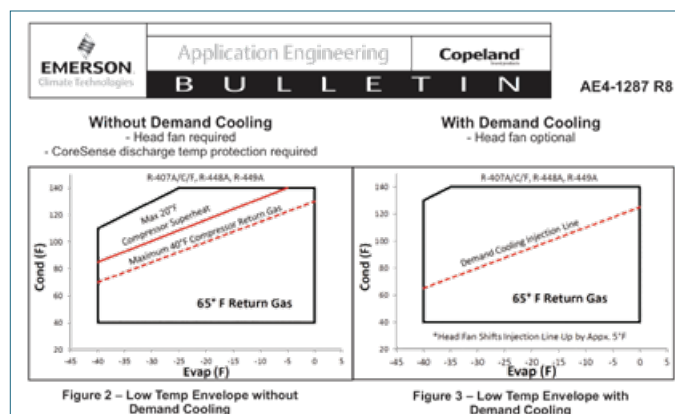
その他詳しくは、カーライル資料16T-01aを参照ください。
www.carlylecompressor.com

Copeland (コーブランド) 製レシプロコンプレッサ

Copeland資料 AE4-1287 R8には、温度緩和の推奨値グラフが掲載されています。

Emerson/ Copeland 社のDemand Cooling (自動温度調節装置) は、ほとんどのシステム設計で設置を推奨します。自動温度調節装置を使用している場合には、ヘッドファンの設置は必須ではありません。

CoreSense吐出温度制御装置は、自動温度調節装置と併用してください。併用しない場合、コンプレッサが高温状態でシャットダウンする可能性があります。シャットダウンは、コンプレッサを保護するための措置ですが、システム稼働効率の低下を招きます。



出典: コーブランド資料 Copeland AE-1287 R8
最新の情報は、www.emersonclimate.com を参照ください。

Copeland (コーブランド) 製スクロールコンプレッサ

既存の中温 ZBおよびZSモデル スクロールコンプレッサは、R-448AとPOEオイルに適合するため、リキッドインジェクションは不要です。

R-448A冷媒をZF* Copeland Scroll™ コンプレッサにて低温で使用する場合は、コンプレッサ効率を良好にし、また安全範囲で稼働を維持するため、専用のインジェクション技術を使用してください。

リキッドインジェクションには通常、ZF06K4E ~ZF18K4E コンプレッサへの吐出温度制御バルブ (DTC) 設置、もしくはZF06K4E ~ZF18K4Eコンプレッサへのキャピラリー装置を設置します。インジェクションは必須ではありませんが、中温用途で設置も可能です。これらのコンプレッサは、R-448Aに適合しています。

付録 B - 冷媒配管のサイズ

はじめに

一般的なスーパーマーケット用システムの冷媒配管のサイズには、コンプレッサ吐出、コンデンサ戻りと、冷媒回路個別の液管および吸入管があります。

配管を正しいサイズにすることは、システムの円滑な稼働につながります。レトロフィット作業を行う前には、横引き方向および縦引き方向の吸入配管のサイズを再検証することを推奨します。

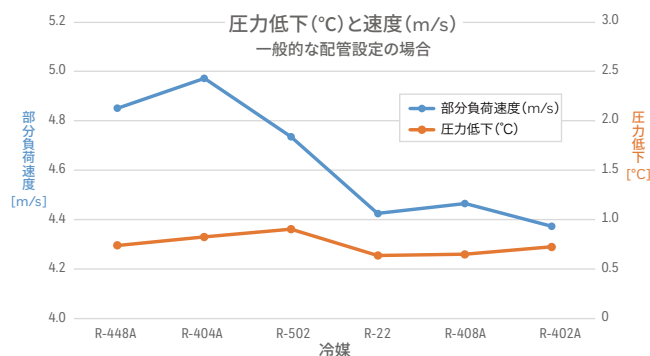
事前検証では、新規冷媒への適合性や既存配管の問題を特定します。

配管サイズを正しく設計するためのポイント：

1. 吸入配管のサイズは**圧力低下に十分に対応する大きさ**で、かつ設計に適したもの。通常の設計では吸入配管の圧力低下が考慮されています。（設計上の圧力低下は、冷凍機器の稼働スケジュールを検証し決定します。詳しくは、ハネウェル技術チームまでお問い合わせください。）
2. 配管のサイズはオイルをコンプレッサに戻す**十分な冷媒速度を達成する細さ**であること、特に縦引き上昇配管では重要です。

次のグラフは、R-448A使用の際の吸入管の高い速度（利点）とR-448Aの圧力低下を示したもので、R-448Aは他の冷媒と同様であることを示しています。

したがって、一般的にシステムの既存配管サイズが適切である場合は、R-448Aのレトロフィットにも対応します。



吸入配管のサイズ

ASHRAE（米国暖房冷凍空調学会）が推奨する横引き吸入配管の冷媒速度は、横引き配管が500ft/min（2.54m/秒）以上および、縦引き配管が900ft/min（4.57 m/秒）以上です。縦引き吸入配管はシステムの想定最小負荷条件にて900fpm（4.57 m/秒）以上を維持してください。

一般的な冷凍冷蔵システムでは、飽和凝縮温度が15.56～48.89℃の間で変化します。低温時は冷媒能力を下げるため、流量は35%程度にします。加えてショーケースについては、周辺空気の湿度が低い場合には負荷が大幅に低下します。

例1：ショーケースの負荷が100,000 BTUh（29.31kW）のR-448Aシステム、凝縮温度70°F（21.11℃）および店内相対湿度が30% RHの場合

付録 B - 冷媒配管のサイズ

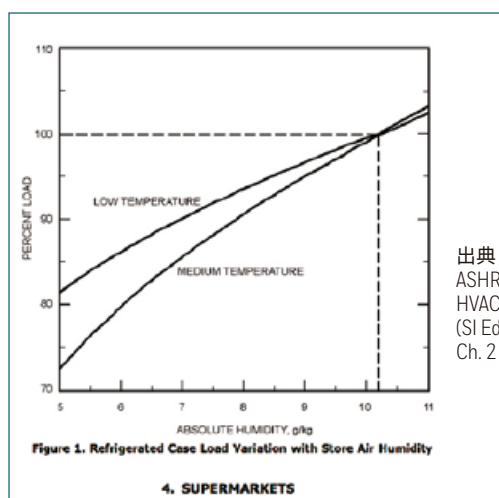
マスフロー量 @ 120°F (48.89°C) 凝縮
= .46 lb/s (0.21 kg/s)

マスフロー量 @ 70°F (21.11°C) 凝縮
= .35 lb/s (0.16 kg/s) (76%)

[数値はハネウェル ゼネترونプロパティスイートソフトウェアによる]

ショーケース負荷 @ 30% RH = 75,000 (75%)

[ASHRAE グラフから算出]



出典:
ASHRAE Handbook-
HVAC Applications
(SI Edition)
Ch. 2

上グラフ 英文	日本語訳
Figure 1. Refrigerated Case Load Variation with Store Air Humidity	図1. 店舗内空気湿度に伴う冷凍冷蔵ショーケースの負荷
Percent load	負荷%
Absolute humidity	絶対湿度 (g/kg)
LOW TEMPERATURE	低温
MEDIUM TEMPERATURE	中温

累積効果 = 76% × 75% = 57%

周辺空気湿度が低く、能力が増加した場合、マスフロー量は累積効果により50%台の値になります。

縦引き吸入配管の冷媒速度を算出する際には、冷凍冷蔵負荷の低い値を用いることを推奨します。温度と湿度の変動範囲が大きい地域の場合は50%を適用ください。

横引き吸入配管は、コンプレッサ方向に適切な勾配を設けることで、通常的设计速度でオイルを流送することができます。このことから、横引き配管のサイズの算出には設計負荷100%の値を適用してください。

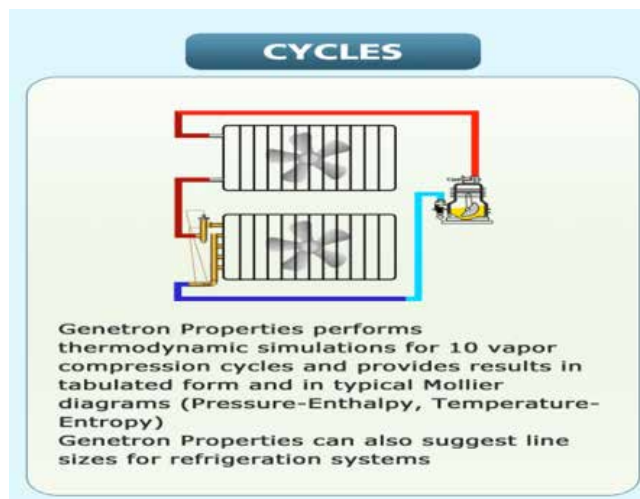
配管サイズの算出:

ハネウェルのシミュレーションソフトウェア「ゼネترونプロパティスイート (英語のみ)」で、配管サイズを算出することができます。

手順 1: 回路の設計温度および冷凍負荷を決定する

手順 2: 既存配管のサイズを決定する

手順 3: ゼネترونソフトウェアでサイクルを選定する



手順4: 配管サイズを選定する



手順5: 飽和温度低下の値および横引き／縦引き配管の速度を算出する

注: 縦引き配管の温度上昇の算出時は、主配管の長さの値は0を入力してください。

付録 B - 冷媒配管のサイズ

例2: R-448Aに最適な配管サイズの算出

- 蒸発器温度 = -28.33°C
- 負荷 = 7.25 kW
- 縦引き配管高さ = 9.14m
- 相当長さ = 39.62m

「ゼネトロンプロパティスイート」ソフトウェアで算出した R-448Aの配管サイズ

冷媒	横引き			縦引き			圧力低下合計 (°C)
	サイズ	全負荷温度上昇 (°C)	全負荷速度 (m/s)	サイズ	全負荷温度上昇 (°C)	部分負荷速度 (m/s)	
R-448A	1-3/8 (34.92 mm)	0.94	8.28	1-1/8 (28.58 mm)	0.09	6.31	1.03

圧力低下の合計の値1.03°Cは、通常の推奨範囲内です。横引きの全負荷速度は500ft/min (2.54m/秒)を超え、縦引きの負荷速度の50%は900ft/min (4.57 m/秒)を超えています。

例3: 既存冷媒回路の配管サイズの検証

- 冷媒をR-408AからR-448Aにレトロフィット
- 蒸発器温度 = -28.33°C
- 負荷 = 7.25 kW
- 横引き配管サイズ = 1-1/8" (28.58mm)
- 縦引き配管サイズ = 1-1/8" (28.58mm)
- 相当長さ = 39.62m
- 縦引き配管高さ = 9.14m

「ゼネトロンプロパティスイート」ソフトウェアで算出した R-408AおよびR-448Aの配管サイズ

冷媒	横引き			縦引き			圧力低下合計 (°C)
	サイズ	全負荷温度上昇 (°C)	全負荷速度 (m/s)	サイズ	全負荷温度上昇 (°C)	部分負荷速度 (m/s)	
R-408A	1-1/8 (28.58 mm)	2.68	12.20	1-1/8 (28.58 mm)	0.09	6.10	2.77
R-448A	1-1/8 (28.58 mm)	2.72	12.62	1-1/8 (28.58 mm)	0.08	6.31	2.80

この例では、速度の値は推奨範囲内であるため、オイル戻りの点では適切ですが、圧力低下の値が過剰であるため、設計を見直す必要があります。

例4: 例2と同様の回路で配管サイズを大きくした場合

- 冷媒をR-408AからR-448Aにレトロフィット
- 蒸発器温度 = -28.33°C
- 負荷 = 7.25 kW
- 横引き配管サイズ = 2-1/8" (53.98mm)
- 縦引き配管サイズ = 1-5/8" (41.28mm)
- 相当長さ = 39.62m
- 縦引き配管高さ = 9.14m

「ゼネトロンプロパティスイート」ソフトウェアで算出した R-408AおよびR-448Aの配管サイズ

冷媒	横引き			縦引き			圧力低下合計 (°C)
	サイズ	全負荷温度上昇 (°C)	全負荷速度 (m/s)	サイズ	全負荷温度上昇 (°C)	部分負荷速度 (m/s)	
R-408A	2-1/8 (53.98 mm)	0.11	3.26	1-5/8 (41.28 mm)	0.09	2.82	0.20
R-448A	2-1/8 (53.98 mm)	0.11	3.27	1-5/8 (41.28 mm)	0.08	2.92	0.19

付録 B - 冷媒配管のサイズ

この例では、圧力低下は推奨範囲内ですが、速度がASHRAEの推奨範囲を下回っているため、設計を見直す必要があります。

液管のサイズ

ASHRAEが推奨するは、受液器（レシーバー）から蒸発器までの液管の速度は300 fpm（1.52m/秒）未満です。

また、液管の圧力低下は飽和温度0.56～1.11℃を推奨します。これにより、膨張弁の手前で液管内に気体が流入しにくくなります。場合により、液を過冷却し、液管内に流入した気体を除去します。

受液器から蒸発器にかけて高さが上昇する場合については特に注意が必要です。例として、床に設置した冷凍冷蔵ユニットから高さ4.6mのウォークイン冷蔵庫内に設置した受液器1台にわたる液管の場合、この高低差のみで圧力低下が1.11℃発生します。

ハネウエルのシミュレーションソフトウェア「ゼネトロンプロパティスイート（英語のみ）」を用い、冷凍負荷、吸入圧力、過冷却度、配管長さや高低差を入力して適切な液管のサイズを算出することができます。

ご不明の点、ご質問は、ハネウエル技術サポートまでお問い合わせください。

付録 C - コントロール設定

R-448A に適したコントロール設定

- 過熱度
- 液の過冷却度
- 蒸発圧力調整器 (EPR)
- コンデンサ

はじめに

過熱度、過冷却度と圧力を適切に設定することは、システム性能を良好に維持する上で非常に重要です。レトロフィット作業中に、制御弁の点検や調整を行います。

過熱度

手順:

1. 温度計で蒸発器コイル出口の実際の温度を計測
2. ゲージで蒸発器コイル出口の圧力を計測
3. 計測した圧力の値を用い、PTチャートの「露点」列から露点温度を特定
4. 過熱度を算出

過熱度 = [実際の蒸発器コイル出口の温度] - [PTチャートの露点の列に記載された値]

例: ソルスティスN40 (R-448A) を用いるシステムの過熱度の設定、蒸発圧力は 300kPa、蒸発器出口の冷媒管の温度は0℃

1. コイル出口の実測温度 = -15.0℃
2. 圧力 = 300kPa
3. PTチャートの圧力の列を参照し、300 kPaに対する露点の値 -15.0℃を求めます。

ソルスティスN40 (R-448A)			
圧力 (kPa)	温度 (°C)		
	中点	沸点	露点
200	-28.0	-31.0	-25.0
250	-22.6	-25.6	-19.6
300	-17.9	-20.9	-15.0
350	-13.8	-16.8	-10.9
400	-10.2	-13.1	-7.3

4. 過熱度を算出します。

過熱度 = 0℃ - (-15.0℃)

過熱度 = 15℃

コンデンサ出口の過冷却度

手順:

1. ゲージでコンデンサ出口の圧力を計測
2. 計測した圧力の値を用い、PTチャートの「沸点」列から沸点温度を特定
3. 温度計でコンデンサ出口 (圧力を計測した同じ場所) の実際の温度を計測
4. 過冷却度を算出

過冷却度 = [PTチャートの沸点の列に記載された値] - [コンデンサコイル出口の実測温度]

例: ソルスティスN40 (R-448A) を用いるシステムの過冷却度の設定、コンデンサ出口の圧力は1350 kPa、コンデンサ出口の冷媒管の温度は 25℃

1. コンデンサ出口の圧力は1350 kPa
2. コンデンサ出口の冷媒管の実測温度は 25℃

付録C - コントロール設定

3. PTチャートの圧力の列を参照し1350 kPaに対する沸点の値 26.8°Cを求めます。

ソルスティスN40 (R-448A)			
圧力 (kPa)	温度 (°C)		
	中点	沸点	露点
1250	26.5	23.9	29.0
1300	27.9	25.4	30.5
1350	29.3	26.8	31.9
1400	30.7	28.2	33.2
1450	32.0	29.6	34.5

4. 過冷却度を算出します。

$$\text{過冷却度} = 26.8^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{過冷却度} = 1.8^{\circ}\text{C}$$

記：この算出方法は、過冷却器を通過した冷媒液の過冷却度を求める際にも用いることができます。

蒸発圧力調整器 (EPR)

手順：

1. 蒸発圧力調整弁の吸入圧力を決定。冷凍冷蔵機器（ショーケースなど）の設計データを基にします。冷蔵スケジュールや製品仕様書なども参照してください。
2. ゲージで冷凍冷蔵機器側の蒸発圧力調整弁の圧力を計測
3. 計測した圧力の値を用い、PTチャートの「中点」列から中点温度を特定し、蒸発圧力調整弁の現在の設定を決定
4. 蒸発圧力調整弁を冷凍冷蔵機器の要件に合わせて調整。場合により、システムの圧力低下や他の要素にあわせ、設計上の設定値と異なる値への調整が必要です。

例：ソルスティスN40 (R-448A) を用いる回路での蒸発圧力調整弁の設定。蒸発圧力調整弁の圧力は350kPa、冷凍冷蔵機器側の吸入温度要件は-17.9°C

1. 冷凍冷蔵機器の吸入温度要件は-9.5°C
2. 冷凍冷蔵機器側の蒸発圧力調整弁の圧力は350kPa
3. PTチャートの圧力の列を参照し350 kPaに対する沸点の値 -13.8°Cを求めます。

ソルスティスN40 (R-448A)			
圧力 (kPa)	温度 (°C)		
	中点	沸点	露点
200	-28.0	-31.0	-25.0
250	-22.6	-25.6	-19.6
300	-17.9	-20.9	-15.0
350	-13.8	-16.8	-10.9
400	-10.2	-13.1	-7.3

4. 冷凍冷蔵機器の温度要件に合致する圧力300kPaに蒸発圧力調整弁を調整

ソルスティスN40 (R-448A)			
圧力 (kPa)	温度 (°C)		
	中点	沸点	露点
200	-28.0	-31.0	-25.0
250	-22.6	-25.6	-19.6
300	-17.9	-20.9	-15.0
350	-13.8	-16.8	-10.9
400	-10.2	-13.1	-7.3

コンデンサ圧力の制御

コンデンサファンや圧力を制御する3つの方法：

- A：凝縮圧力
- B：排管温度
- C：温度差 (TD)

付録C - コントロール設定

A: 圧力制御

センサーで計測した凝縮圧力と設定値が異なる場合、ファンを作動し設定値を維持します。

R-448Aなどの温度グライドを有する冷媒の場合は、中点の温度を用いてこれを算出します。

例：一般的なコンデンサの圧力設定値29.3°Cの飽和凝縮圧力に従い、R-448Aの圧力設定値を算出

1. PTチャートで中点温度29.3°Cに対する圧力を参照
2. 中点温度29.3°Cに対する圧力は1350kPa
3. 機械式もしくは電子式ファン制御装置の設定値は1350kPa

ソルスティスN40 (R-448A)			
圧力 (kPa)	温度 (°C)		
	中点	沸点	露点
1250	26.5	23.9	29.0
1300	27.9	25.4	30.5
1350	29.3	26.8	31.9
1400	30.7	28.2	33.2
1450	32.0	29.6	34.5

B: 排管温度制御

コンデンサ出口の配管の温度をセンサーで計測し、設定値と異なる場合、ファンを作動し設定値を維持します。

温度グライドを有する冷媒の場合、コンデンサ出口における温度がコイル全体の平均値に比べ低くなるため、コイルの平均温度に従い設定を変更します。

例：温度グライドがない冷媒で一般的なコンデンサ排管の設定温度29.3°Cに従い、R-448Aの温度設定値を算出

PTチャートを参照し、

1. 設定温度に対応する中点温度を参照
2. 同じ行に記載された沸点温度を参照

ソルスティスN40 (R-448A)			
圧力 (kPa)	温度 (°C)		
	中点	沸点	露点
1250	26.5	23.9	29.0
1300	27.9	25.4	30.5
1350	29.3	26.8	31.9
1400	30.7	28.2	33.2
1450	32.0	29.6	34.5

圧力平均値に対する新しい設定値は、沸点温度の値になります。

新しい設定値 = 26.8°C

付録C - コントロール設定

C: 温度差 (TD) 制御

コンデンサ圧力の設定には、コンデンサの設計値と屋外の周辺気温を使用します。この設定は外気温の変動に合わせて変化します。

コンデンサ設定値 =
[現在の外気温] + [コンデンサ設計値TD]

例: 外気温との温度差の仕様が5.5°Cのコンデンサ、外気温が23.8°Cの場合

1. コンデンサ設定値 = 外気温 + TD
 - a. = 23.8°C + 5.5°C
 - b. = 29.3°C
2. PTチャートを参照し、中点温度29.3°Cに対する圧力設定値は1350kPa
3. 電子ファンの制御設定値は1350kPa

個別の設定法については、各メーカーまたは販売店にお問い合わせください。業者によっては、大きな過冷却度を得るためTDを低く設定する場合があります。

ソルスティスN40 (R-448A)			
圧力 (kPa)	温度 (°C)		
	中点	沸点	露点
1250	26.5	23.9	29.0
1300	27.9	25.4	30.5
1350	29.3	26.9	31.9
1400	30.7	28.2	33.2
1450	32.0	29.6	34.5

機械式ファンの場合は、ファン周期を圧力から温度（ガスの初期値）に変換してください。この温度を得るには、R-448A PTチャートの中点の列を参照し、中点温度に対応する圧力を求めます。

注: 圧力およびTD制御による方法について

電子式コントローラーの中には、設定に（中点の代わりに）露点の値を用いる場合があります。この場合設定値の効果は高くなります。

このような場合には、まず設定値を前述の例に従い設定し、システムをモニタリングし想定通りに制御できているか検証してください。

想定通りに正しく制御されていない場合には、沸点と中点の差を考慮し、設定値を調整、もしくはセンサーにオフセット値を設定してください。

その他ご不明の点やご質問は、ハネウェル技術チームもしくはコントローラー機器メーカーにお問い合わせください。

付録D - 冷媒漏えい防止のために

はじめに

HCFC冷媒からHFO系冷媒へのレトロフィットにおいて、冷媒に含まれる塩素や、指定された合成油で使用されている溶媒の成分がシステム漏えいを引き起こす原因になります。

漏えいは、エラストマー製のOリングおよび密封部品の不良によって発生します。

HCFC冷媒からHFO系冷媒にレトロフィットを実施するには、材料の適合性と、既存の密封部品やガスケットの状態を確認してください。既存の密封部品やガスケットは、熱、圧力による変形や密封部品の収縮の影響を大きく受けます。また、システム内が真空状態になると密封部品の位置ズレから漏えいの原因となることがあります。

一般的に、全交換を推奨する部品またはOリングおよび密封部品は以下の通りです。

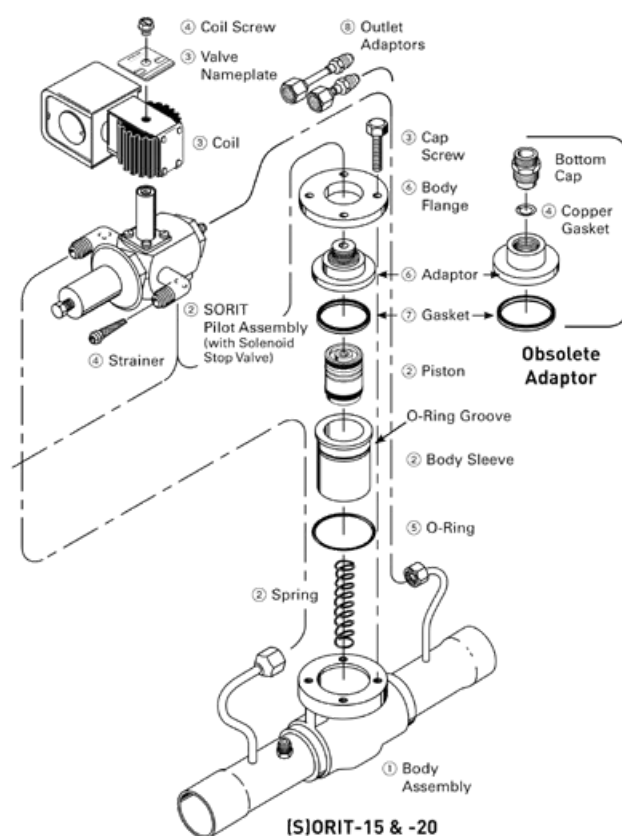
- シュレーダーバルブとキャップ
- 受液器レベルインジケーターおよびアラーム
- 熱回収およびコンデンサスプリットバルブ
- 蒸発圧力調整弁 (EPR)
- 電磁弁 (ソレノイド) 弁
- パイロットホース
- ボールバルブ

一部のボールバルブのメーカーでは、Oリングの交換が不要なレトロフィット用のキャップを取り扱っています。

レトロフィットは、製品寿命が終了したバルブ類を交換する良い機会でもあります。交換用密封部品の取扱が無いバルブについては、バルブを交換してください。

バルブの例： ガスケットおよびOリングの位置

蒸発圧力調整弁 (EPR)

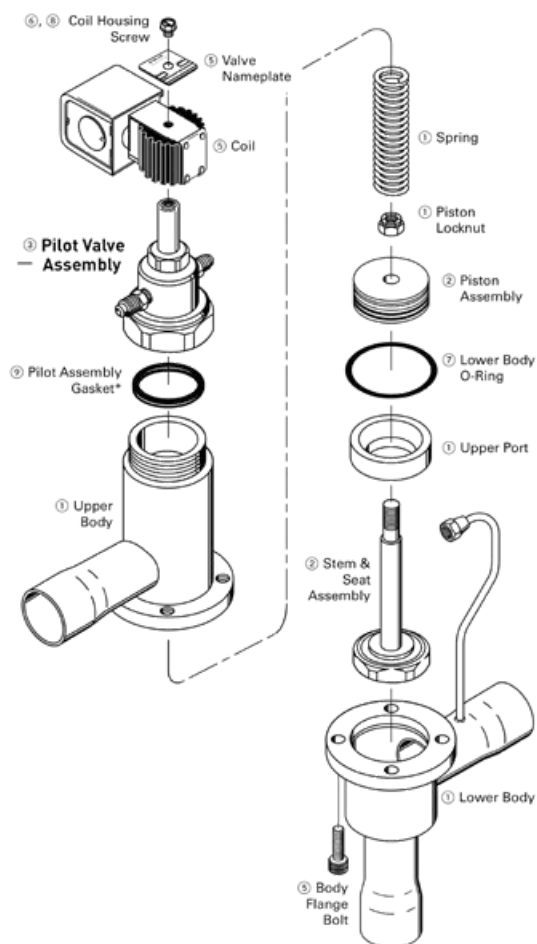


出典：パーカー・ハネフィン社 (SPORLAN) 製品資料

上図 英文 (右部分、下から)	日本語訳
① Body Assembly	① ボディアセンブリ
② Spring	② バネ
⑤ O-Ring	⑤ Oリング
② Body Sleeve	② ボディスリーブ
O-Ring Groove	Oリング溝
② Piston	② ピストン
⑦ Gasket	⑦ ガスケット
⑥ Adaptor	⑥ アダプタ
Obsolete Adaptor	旧版アダプタ
④ Copper Gasket	④ 銅ガスケット
⑥ Body Flange	⑥ ボディフランジ
Bottom Cap	底部キャップ
③ Cap Screw	③ キャップねじ
outlet adaptors	排管用アダプタ

付録D - 冷媒漏えい防止のために

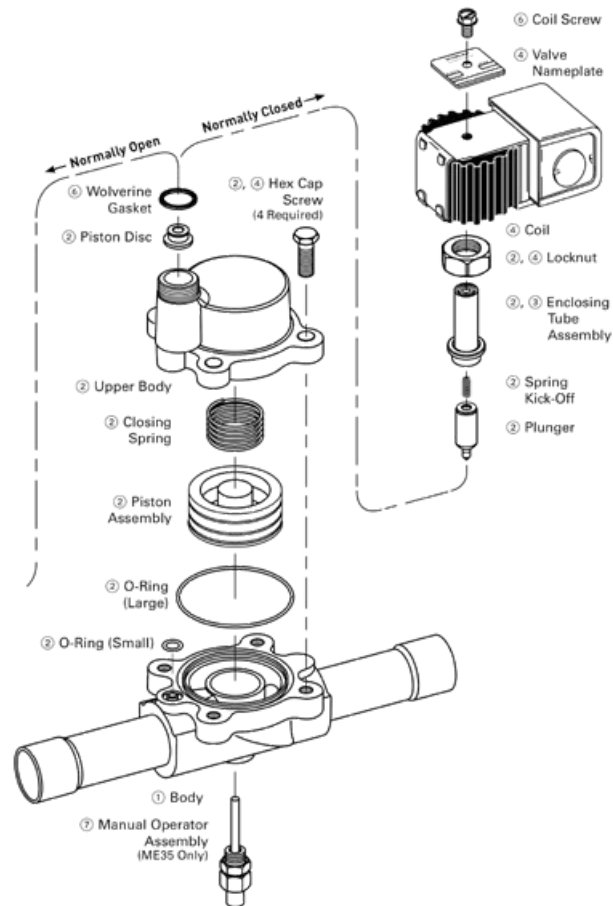
熱回収弁



出典：パーカー・ハネフィン社 (SPORLAN) 製品資料

上図 英文 (下から)	日本語訳
⑤ Body Flange Bolt	⑤ ボディフランジボルト
① Lower Body	① 下部ボディ
② Stem & Seat Assembly	② 心棒&座金アセンブリ
② Upper Port	② 上部ポート
⑦ Lower Body O-ring	⑦ 下部ボディ用Oリング
③ Piston Assembly	③ ピストンアセンブリ
① Piston Locknut	① ピストン用ロックナット
① Spring	① ばね
① Upper Body	① 上部ボディ
⑨ Enclosing Tube Gasket	⑨ 管内部用ガスケット
③ Pilot Valve Assembly	③ パイロット弁アセンブリ
⑤ Coil	⑤ コイル
⑤ Valve Nameplate	⑤ バルブ銘板
⑦ Coil Housing Screw	⑦ コイルハウジング用ねじ

電磁 (ソレノイド) 弁



出典：パーカー・ハネフィン社 (SPORLAN) 製品資料

上図 英文 (左部分下から)	日本語訳
① Body	① ボディ
② O-Ring (Small)	② Oリング (小)
② O-Ring (Large)	② Oリング (大)
② Piston Assembly	② ピストンアセンブリ
② Closing Spring	② 閉鎖ばね
② Upper Body	② 上部ボディ
② Piston Disc	② ピストンディスク
⑥ Wolverine Gasket	⑥ Wolverine社製ガスケット
②, ④ Hex Cap Screw (4 Required)	②, ④ 六角平頭ねじ (4箇所)
Normally Open	通常開放
Normally Closed	通常閉鎖

付録E - 圧力／温度(PT)チャート

ソルスティスN40 (R-448A)

圧力 (kPa)	温度(°C)		
	中点	沸点	露点
100	-43.30	-46.4	-40.2
150	-34.64	-37.7	-31.6
200	-28.02	-31.0	-25.0
250	-22.58	-25.6	-19.6
300	-17.93	-20.9	-15.0
350	-13.83	-16.8	-10.9
400	-10.17	-13.1	-7.3
450	-6.84	-9.7	-4.0
500	-3.78	-6.6	-0.9
550	-0.94	-3.8	1.9
600	1.71	-1.1	4.5
650	4.20	1.4	7.0
700	6.54	3.8	9.3
750	8.76	6.0	11.5
800	10.88	8.1	13.6
850	12.89	10.2	15.6
900	14.82	12.1	17.5
950	16.67	14.0	19.4
1000	18.45	15.8	21.1
1050	20.16	17.5	22.8
1100	21.82	19.2	24.4
1150	23.41	20.8	26.0
1200	24.96	22.4	27.6
1250	26.46	23.9	29.0
1300	27.91	25.4	30.5
1350	29.33	26.8	31.9
1400	30.70	28.2	33.2
1450	32.04	29.6	34.5
1500	33.35	30.9	35.8
1550	34.62	32.2	37.1
1600	35.86	33.4	38.3
1650	37.07	34.7	39.5
1700	38.26	35.9	40.7
1750	39.42	37.0	41.8
1800	40.55	38.2	42.9
1850	41.66	39.3	44.0
1900	42.75	40.4	45.1
1950	43.82	41.5	46.1
2000	44.87	42.6	47.1
2050	45.89	43.6	48.1

圧力 (kPa)	温度(°C)		
	中点	沸点	露点
2100	46.90	44.7	49.1
2200	48.87	46.7	51.1
2300	50.77	48.6	52.9
2400	52.61	50.5	54.7
2500	54.38	52.3	56.4
2600	56.11	54.1	58.1
2700	57.78	55.8	59.7
2800	59.41	57.5	61.3
2900	60.99	59.1	62.9

お問い合わせ

United States

Honeywell International
115 Tabor Road
Morris Plains, NJ 07950
Phone: 800-631-8138

Latin America/Caribbean

Honeywell Advanced Materials
Av. Santa Fe 94 Torre A Piso 1
ZEDEC Santa Fe
Alvaro Obregón
Ciudad de México
C.P.: 01210
México
Phone: 52-55-5549-0313

Canada

Honeywell Asca. Inc.
3333 Unity Drive
Mississauga, Ontario
L5L 3S6
Phone: 905-608-6325
Fax: 905-608-6327

Asia-Pacific

Honeywell (China) Co., Ltd.
No 430, Li Bing Road
Zhang Jiang Hi-Tech Park
Pudong New Area, Shanghai 201203
China
Phone: 86-21-2894-2000
Fax: 86-21-5855-2719

ハネウェルジャパン株式会社

フッ素化学品事業部

〒105-0022 東京都港区海岸 1-16-1
ニューピア竹芝サウスタワー 20階
Tel: 03-6730-7106
Fax: 03-6730-7221

Honeywell Chemicals, Korea
6F Janghakjaedan, B/D 44-1
Bangpo-Dong, Seocho-Ku
Seoul 137040, Korea
Phone: 8-22-595-0204
Fax: 8-22-595-4964

Honeywell Specialty Chemicals
(Singapore) Pte. Ltd.
17 Changi Business Park Central 1
Honeywell Building
Singapore 486073
Phone: 65-6355-2828
Fax: 65-6783-2947

Honeywell International
71 Queens Road,
Ground Floor
Melbourne, Victoria 3004
Australia
Phone: 61-3-9529-1411
Fax: 61-3-9510-9837

Northern and Central Europe

Honeywell Belgium NV
Haasrode Research Park
Grauwmeer 1
3001 Heverlee
Belgium
Phone: 32-16-391-212
Fax: 32-16-391-371

Southern Europe, Middle East and Africa

Honeywell Fluorine Products Italia Srl
V. Le Milanofiori El
20090 Assago - MI - Italia
Phone: 0039-02-89259601
Fax: 0039-02-57500815

Customer Service

To place an order from
anywhere in the Continental United
States, Hawaii
and the Caribbean:
Phone: 800-522-8001
Fax: 800-458-9073

Canada:
Phone: 800-553-9749
Fax: 800-553-9750

Northern and Central Europe
Phone: +32-16-391-209
Phone: +32-16-391-216
Fax: +32-16-391-235

Southern Europe,
Middle East and Africa
Phone: +39-02-9379-6777
ext. 24 / 25 and 26
Fax: +39-02-9379-6761

Outside these areas:
Phone: 1-973-455-6300
Fax: 1-973-455-2763

詳しくは、日本語ウェブサイトをご覧ください。
www.honeywell-refrigerants.com/japan



Honeywell International Inc.は、本書に記載されている情報が正確で信頼性のあるものと確信していますが、明示的または黙示的にかかわらずこれら情報の提供はいかなる保証または責任も伴わず、またHoneywell International Inc.が表明、保証するものではありません。すべての製品の性能は、他の原材料、用途、配合、環境的要素や製造条件などのユーザー条件における使用下で影響を受ける場合があるため、製品の製造や使用にあたってはユーザーがこれら全てを考慮する必要があります。ユーザーは、本書に当該製品の正確な評価データが掲載されていると仮定すべきではありません。本書に記載された情報は、ユーザー自身による独自の試験や実験責任を回避するものではなく、製品および/または本書に記載された情報の使用に際してユーザーはあらゆるリスクおよび責任（結果、特許侵害、法規制準拠、労働安全衛生・環境に対するリスクを含むが、それに限定されない）を想定するものとします。

SolsticeはHoneywell International Inc.の登録商標です



569_v11 | 07/2017 | TGD/SolsticeN40retro/18/JP
©2018 Honeywell International Inc.

ハネウェルジャパン株式会社

フッ素化学品事業部

〒105-0022 東京都港区海岸 1-16-1
ニューピア竹芝サウスタワー 20階
Tel 03-6730-7106 / Fax 03-6730-7221

Honeywell