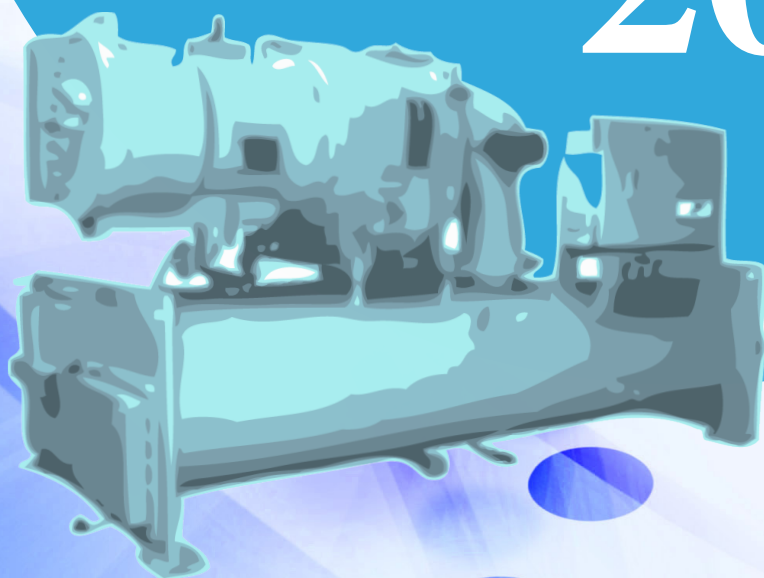


ターボ冷凍機 ハンドブック 2013



初版発行 2006年2月
改訂版 2013年4月

一般社団法人
JRAIA 日本冷凍空調工業会
The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association
ターボ冷凍機技術専門委員会 編集

まえがき

ターボ冷凍機は、大型ビルのセントラル空調装置や半導体製造工場の恒温・恒湿空調装置等の心臓部である熱源機として、古くから採用されてきました。昨今は環境にやさしいクリーンエネルギー設備として市場のニーズも増加しています。

このような市場ニーズの増加に伴い、ターボ冷凍機をより深く理解しようとされる技術者も増加しているのではないかと考え、これらの方々へ少しでもお応えできる資料として、ターボ冷凍機の基礎的技術情報を中心に、最新動向もまじえた「ハンドブック」として本書を編集したものです。

ターボ冷凍機の歴史的あるいは学術的なところは、その道の専門書によって頂くものとし、本書ではターボ冷凍機を導入される場合に留意すべき点やターボ冷凍機の特長をより効果的に活用して頂くための技術情報に主眼をおいて編集しています。

2006年度の初版発行より6年を経過したため、今般の環境問題に対応するとともにJIS改訂に伴う原案との整合性を図るとともに、新規情報に更新した。

ターボ冷凍機は、それ自体がプラント的性格を持ち、関連する技術も多岐に渡るため理解しにくい製品ではありますが、本書を「ハンドブック」として手軽に利用して頂くことにより、めざす課題の解決糸口になれば幸甚と考えています。

2013年4月

一般社団法人 日本冷凍空調工業会
ターボ冷凍機技術専門委員会

「ターボ冷凍機ハンドブック」改訂委員

荏原冷熱システム株式会社	徳丸 徹
ダイキン工業株式会社	高田 康孝
東芝キャリア株式会社	野田 浩人
トレイン・ジャパン株式会社	北島 進
日立アプライアンス株式会社	中村 康志
三菱重工工業株式会社	上田 憲治

ターボ冷凍機 ハンドブック

目次

1 章	ターボ冷凍機の基礎	1
1.1	機器構成と能力表示	1
1.2	冷凍サイクル	5
1.3	分類	5
1.4	冷媒	6
2 章	設備設計	11
2.1	ターボ冷凍機の特長	11
2.2	機器選定	11
2.3	冷凍能力制御方式	13
2.4	システム制御	15
2.5	冷凍能力制御特性	16
2.6	冷水（熱源水）、冷却水（温水）ポンプの制御方法	18
2.7	冷水・冷却水温度（冷凍専用形）の使用限界	19
2.8	最小保有水量	20
2.9	水側の使用圧力限界	20
2.10	使用電圧	20
2.11	瞬時電圧降下について	21
2.12	始動方式	21
2.13	インバータ制御システム	22
2.14	振動、騒音	23
2.15	防振設計	24
2.16	メンテナンススペースの計画	25
3 章	施工計画	27
3.1	設置における法規上の注意点	27
3.2	漏洩した冷媒ガスの滞留防止策	28
3.3	設備側からもらうインターロック	29
3.4	運転に必要なユーティリティー	29
3.5	電気工事	29
4 章	運転保守編	31
4.1	日常の保守点検	31
4.2	保守点検上の法的規制	31
4.3	定期点検保守	32
4.4	水質管理基準	34

5 章 関係法規.....	37
5.1 適用を受ける法規及びその内容.....	37
5.2 指定設備.....	37
6 章 参考資料.....	39

1章 ターボ冷凍機の基礎

1.1 機器構成と能力表示

(1) 機器構成

ターボ冷凍機の主な機器構成事例は、次のとおりです。

1) 圧縮機

内部には冷媒ガスを圧縮するためのインペラ（羽根車）及びその駆動装置（増速機、強制給油装置）、冷凍能力制御装置を内蔵

2) 電動機

特殊カゴ型誘導電動機、冷媒による冷却機構、コイル保護温度スイッチ等内蔵

3) 蒸発器

横型のシェル（円筒胴）・チューブ（伝熱管）、液分離機構を内蔵し、シェル両端には水室を備え、冷水やブラインを冷却

4) 凝縮器

横型のシェル（円筒胴）・チューブ（伝熱管）、吐出ガス分流板を内蔵、シェル両端には水室を備え、冷却水により圧縮ガスを液化。

5) 膨張機構

凝縮器で液化された高圧部の冷媒をオリフィスや制御弁等により低圧部の蒸発器へ膨張させる装置

6) 操作盤

起動・停止、冷水温度制御、補機類（油ポンプ、オイルヒータ、抽気装置等）の運転・停止、故障・運転表示を電氣的に制御

7) その他

油回収装置、抽気装置（低圧冷媒機の場合）、保護・安全装置、防振装置等

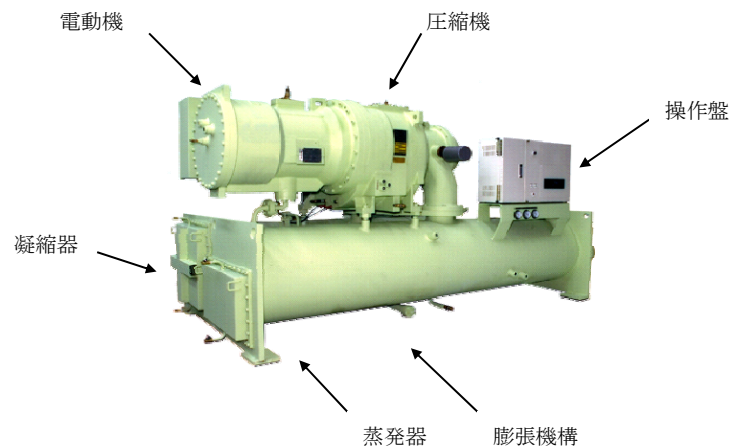


図 1-1 ターボ冷凍機 外観例（R134a 機）

(2) 能力（容量）表示

「冷凍」の定義は、「物体を常温（大気温度）以下に連続して冷却する技術」を言います。この「冷凍」を機械的手段により行う装置を「冷凍機」と呼びます。

冷凍と加熱を備えた装置も「冷凍機」と言いますが、この場合一般的には「ヒートポンプ」と呼び、本来機能である「冷凍」機能を持った冷凍機応用装置のひとつとして扱われます。

冷凍機の圧縮機にターボ形（別名遠心形）圧縮機を使用したものをターボ冷凍機と呼んでいます。

冷凍機の規模を表す単位として JIS B 8621「遠心冷凍機」では、「冷凍能力」を使用しています。米国においては、Refrigerating Capacity：「冷凍容量」が使用されていることから、日本においても「冷凍容量」と表示されることもありますが、本書においては「冷凍能力」を使用します。

冷凍能力の単位として次の2種類のもが使用されています。SI単位では「kW」に統一されます。冷凍トンの表現が長年に渡り使用されていたため、新旧混用されているのが現状です。

- 1) 米国冷凍トン（Refrigerating Tons：略して RT 又は USRT と表示）は次の様に定義されま

す。
「0°Cの水1トン（2000ポンド=907kg）が24時間で0°Cの氷に変化するために必要な熱量」0°Cの氷の融解熱 144 BTU/Lb (=80 kcal/kg)として、

$$1 \text{ USRT} = (2,000 \times 144) / 24 (= 12,000 \text{ BTU/h}) \\ = (907 \times 80) / 24 = 3,024 \text{ kcal/h} (3,024 / 860 = 3.516 \text{ kW})$$

- 2) 日本冷凍トン（Japan Refrigerating Tons：略して JRT）

製氷設備等においては、日本冷凍トン（JRT）が用いられ、次の様に定義されます。

「0°Cの水1トン（1,000kg）が24時間で0°Cの氷に変化するために必要な熱量」0°Cの氷の融解熱を 79.6 kcal / kg として、

$$1 \text{ JRT} = (1,000 \times 79.6) / 24 \\ = 3,320 \text{ kcal / h} (3,320 / 860 = 3.86 \text{ kW})$$

(3) 冷凍・加熱能力の求め方

- 1) 冷凍能力

ターボ冷凍機の一般的用途である冷水製造設備における冷凍能力は、次の様に算出されます。

$$\text{冷凍能力 (Q)} = \text{冷水流量 (W)} \times \text{冷水温度差 (\Delta t)} \times \text{冷水比重 (\gamma)} \times \text{冷水比熱 (c)}$$

表 1-1 冷凍能力の算出

項目	ケース A	ケース B
冷水流量 (W _{ch})	lit/sec	m ³ /h
冷水温度差 (Δ _{tch})	°C	°C
冷水比重 (γ)	1 kg/lit	1000 kg/m ³
比熱 (c)	0.0011628 kW / (kg · °C)	0.0011628 kW / (kg · °C)
時間係数	3600 sec/h	—
冷凍能力 (Q kW)	Q=W × Δt × 0.0011628 × 3600 = W × Δt × 4.186	Q=W × Δt × 1000 × 0.0011628 = W × Δt × 1.1628 = W × Δt / 0.86

*冷水の比重比熱は、温度条件により実際には若干の違いがあります。

2) 排熱量

$$\text{排熱量 (H)} = \text{冷却水流量 (W)} \times \text{冷却水温度差 } (\Delta t) \times \text{冷却水比重 } (\gamma) \times \text{冷却水比熱 } (c)$$

3) ヒートポンプ加熱能力

ヒートポンプ加熱能力は、ヒートポンプ容量、暖房容量等と呼ばれる場合もあります。

いずれもターボ冷凍機の排熱能力であり、次の計算式により算出できます。

$$\text{ヒートポンプ加熱能力 (H)} = \text{温水流量 (W)} \times \text{温度差 } (\Delta t) \times \text{温水比重 } (\gamma) \times \text{温水比熱} (c)$$

表 1-2 排熱量（加熱能力）の算出

項目	ケース A	ケース B
冷却水（温水）流量（Wc）	lit/sec	m ³ /h
冷却水（温水）温度差（Δtc）	℃	℃
冷却水（温水）比重（γ）	1 kg/lit	1000 kg/m ³
冷却水（温水）比熱（c）	0.0011628 kW/（kg・℃）	0.0011628 kW（kg・℃）
時間係数	3600 sec/h	—
排熱量（H）又は （ヒートポンプ加熱能力（H））	$H = W \times \Delta t \times 0.0011628 \times 3600$ $= W \times \Delta t \times 4.186$	$H = W \times \Delta t \times 1000 \times 0.0011628$ $= W \times \Delta t \times 1.1628$ $= W \times \Delta t / 0.86$

*冷却水の比重比熱は、温度条件により実際には若干の違いがあります。

(4) ヒートバランス

ターボ冷凍機のヒートバランスは、図 1-2 の様になります。

$$\text{排熱量 (H kW)} = \text{冷凍能力 (Q kW)} + \text{総入力動力 (L kW)}$$

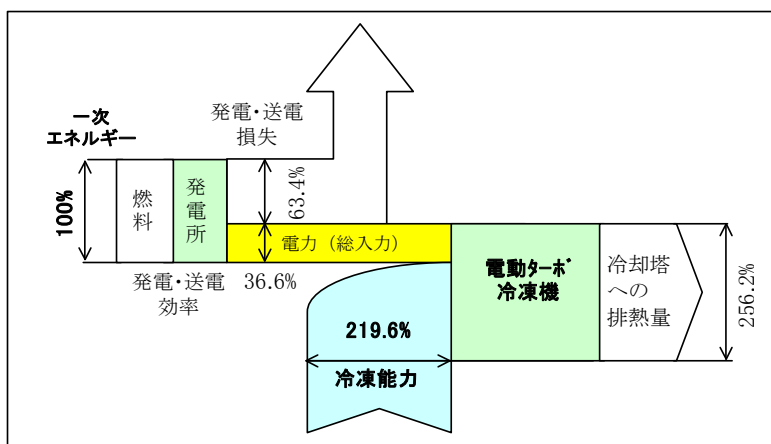


図 1-2 電動機駆動冷凍専用ターボ冷凍機のヒートバランス例（数値は COP=6 の場合）

（発・送電効率 = $3600 \times 100 / 9830 = 36.6\%$ ）2000 年度電力 10 社会計データ

(5) 性能（成績係数：COP）

冷凍機の性能は冷凍能力(kW)と総入力動力(kW)の比率により、成績係数:COP(Coefficient of Performance)で表します。

成績係数 COP = 冷凍能力 (kW) / 総入力動力 (kW)

➤ 図1-2の場合のターボ冷凍機 COP は、次のようになります。

- ・ターボ冷凍機 COP = 219.6/36.6 = 6.0
- ・一次エネルギー換算 COP = 219.6/100 = 2.196

(6) ヒートポンプ加熱における性能

ヒートポンプ加熱における性能は、ヒートポンプ加熱能力(kW)と総入力動力の比として、成績係数 COP で表します。

成績係数 COP = ヒートポンプ加熱能力 (kW) / 総入力動力 (kW)
= {(熱回収冷凍能力 (kW) + 総入力動力 (kW))} / 総入力動力 (kW)

これをヒートバランス図で示すと図1-3の様になります。

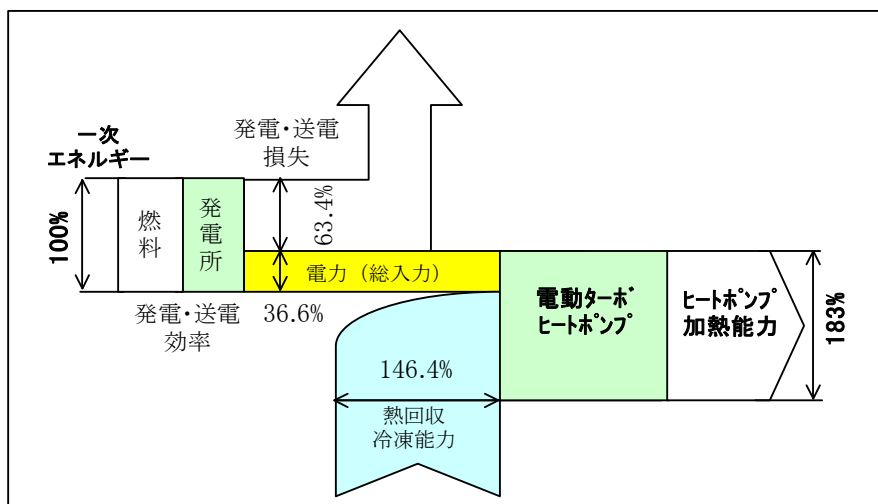


図1-3 冷凍・ヒートポンプ兼用形、同時形、加熱専用機のヒートバランス例

$$\text{ヒートポンプ COP} = 183 / 36.6 = 5.0$$

$$\text{一次エネルギー換算のヒートポンプ COP} = 183 / 100 = 1.83$$

1.2 冷凍サイクル

ターボ冷凍機の冷凍サイクルの事例として、膨張段数や圧縮段数により、次の様なものが挙げられます。凝縮冷媒液を冷却水により凝縮温度以下に低下させる、過冷却サイクルを取り入れたものも実用化されています。

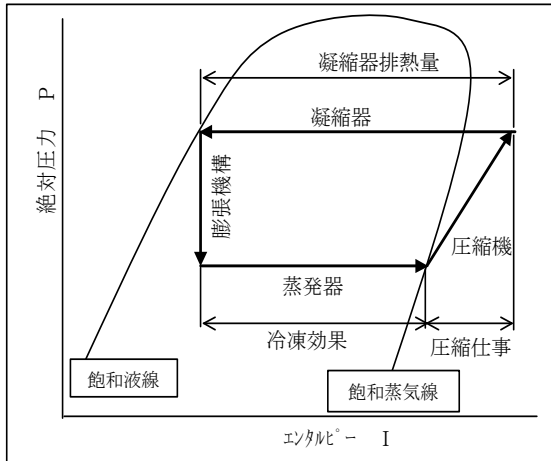


図 1-4 ターボ冷凍機の単段冷凍
サイクル図

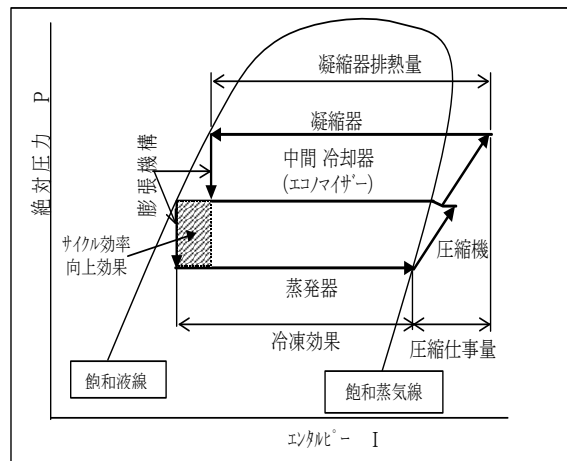


図 1-5 ターボ冷凍機の2段冷凍
サイクル図

1.3 分類

JIS「遠心冷凍機」規格では、表 1-3 の分類体系になっています。

表 1-3 ターボ冷凍機の分類 (JIS)

分類区分	名称	備考
1. 機能による種類	a. 冷凍専用形	
	b. 冷凍・加熱兼用形	冷却・加熱切替え形
	c. 熱回収形	冷却・加熱同時形
	d. 加熱専用形	
2. 凝縮器熱交換方式	a. 水冷式	
	b. 空冷式	
3. 機器配置	a. 一体形	
	b. 分離形	
4. 圧縮機駆動装置用電動機 の速度制御方式	a. 定速形	
	b. 可変速形	インバータ駆動、タービン駆動
4. 圧縮機構造	a. 密閉形	
	b. 開放形	

JISにはありませんが、表 1-4 に示す分類例があります。

表 1-4 その他の分類

分類区分	名称	備考
1. 設置場所	a. 屋内形	
	b. 屋外形	
	c. 非防爆形	
	d. 防爆形	
2. 使用冷媒	a. 低圧冷媒形	R11, R123, R245fa
	b. 高圧冷媒形	R12, R22 R134a
3. 冷凍保安規則上の分類 (フルオロカーボン使用機)	a. 通常型	下記 b, c 以外
	b. ユニット型	
	c. 指定設備	50 トン以上
4. 使用供給熱媒体	a. 清水形	
	b. プライン形	

1.4 冷媒

(1) ターボ冷凍機用冷媒に望まれる性質

ターボ冷凍機用冷媒に望ましい性質として次の点が上げられます。

1) 物理的性質

- (a) 運転・停止中における冷媒圧力が適切（非高真空、非超高压）であること。
- (b) 臨界圧力が常温より高く、凝固点が低いこと。
- (c) 蒸発潜熱（冷凍効果）が大きいこと。

2) 化学的性質

- (a) 性状が安定していて、使用する材料等への腐食性が無いこと。
- (b) 環境破壊に対し影響が少ないこと。
- (c) 潤滑油との相性が良いこと。
- (d) 人間に対し有害性が無く、悪臭、爆発性、可燃性が無いこと。

3) その他

- (a) 市場性があり、入手が容易で、安価であること。
- (b) 取扱いが容易であること。

(2) 冷媒種別と関係法規

ターボ冷凍機に利用できる冷媒には、表 1-5 に示す様なものが有ります。
冷媒の種類により関係する法規が異なります。

表 1-5 ターボ冷凍機に使用される主な冷媒と関連法規

項目		特定物質		指定物質		代替物質	
冷媒記号	R 呼称	R11	R12	R22	R123	R134a	R245fa
	成分分子呼称	CFC-11	CFC-12	HCFC-22	HCFC-123	HFC-134a	HFC-245fa
分子式		CCl ₃ F	CCl ₂ F ₂	CHClF ₂	CHCl ₂ CF ₃	CH ₂ F ₂	CF ₃ CH ₂ CF ₂
分子量		137.3	120.9	86.48	152.93	102.03	134.0
沸点 (大気圧)	°C	23.8	-29.8	-40.8	27.9	-26.2	15.3
蒸発圧力*1	MPa	0.049	0.362	0.583	0.0408	0.348	0.067
凝縮圧力*1	MPa	0.173	0.959	1.532	0.1546	1.012	0.252
可燃・毒性ランク*2		A1	A1	A1	B1	A1	B1
ODP(CFC-11=1.0)*3		1	1	0.055	0.02	0	0
GWP (CO ₂ =1.0,100 年値) *4		4750	10900	1810	77	1430	1030
機器製作 設置	高压ガス保安法*6	—	○	○	—	○	—
	消防法 (危険物保安距離)	—	○	○	—	○	—
冷媒製造	オゾン層保護法 : 生産停止*3	○	○	○	○	—	—
冷凍機 運用	オゾン層保護法 : 排出抑制	○	○	○	○	—	—
	地球温暖化防止法 : 排出抑制	○	○	○	○	○	○
	省エネ法 : 計画的省エネ	○	○	○	○	○	○
	高压ガス保安法	—	○	○	—	○	—
	運 転 資 格	ユニット型*7	—	不要	不要	—	不要
非ユニット型		—	要	要	—	要	—
冷凍機 廃棄	PRTR 法*5	○	○	○	○	—	—
	フロン等回収破壊法	○	○	○	○	○	○

*1. 蒸発温度 5°C、凝縮温度 40°Cの飽和絶対圧力。

*2. ISO/FDIS817 (冷媒-番号及び安全等級) の分類。

表 1-6 安全性区分(Safety Group)

高可燃性	A3	B3
低可燃性	A2	B2
微燃性	A2L	B2L
不燃性	A1	B1
毒性	低毒性	高毒性

B1 の高毒性区分である、R123 (R245fa も同様) は、日本冷凍空調工業会の「遠心冷凍機の施設ガイドライン」(JRA GL-01-2005) に沿って適切に設置することで安全に運転できます。

*3 ODP:Ozon Depletion Potential 出典：経済産業省ホームページより

*4 GWP:Global Warming Potential 出典：IPCC 4 次レポート (2007 年)

*5 PRTR:Pollutant Release and Transfer Register 特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律('99 公布)

*6 高压ガス保安法では高压ガスは次のように定義されている。(第 2 条)

- (1) 圧縮ガス：常用の温度で 1 MPa 以上となるもので、現に 1 MPa 以上のもの。又は温度 35°C で 1 MPa 以上となるもの。
- (2) 液化ガス：常用の温度で 0.2 MPa 以上となるもので、現に 0.2 MPa 以上のもの。又は温度 35°C で 0.2 MPa 以上となるもの。

参考) R12、22、134a は、何れも 35°C 以下で 0.2 MPa 以上の圧力を有しており、高压ガスの中で液化ガスに該当する。

R11、123、245fa は、温度 35°C において圧力が 0.2 MPa 未満であり、高压ガス保安法の適用を受けない冷媒である。但し、ヒートポンプ仕様においては、高压ガス保安法適用を受ける場合があります。

*7. 冷凍保安規則第 36 条第 2 項の要件を満たす、いわゆるユニット型。(冷凍能力の制限は'04-12-17 省令改正にて削除された)

(3) オゾン層保護法による冷媒の段階的生産規制

オゾン層保護法（特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律：'88 公布）により、冷凍機や洗浄・発泡用に使われていた特定物質（特定フロンとも呼ばれ、R11, R12 他）の冷媒が、'95 年 12 月末をもって生産停止されています。これらの冷媒を使用継続することへの法的規制は有りませんが、昨今では補充用の冷媒入手が困難となっており、代替冷媒機への転換が急がれています。

また、過渡的に生産が認められている指定物質（R22, R123 等）も同法律により段階的生産削減が決定されており、その内容は下図のとおりです。

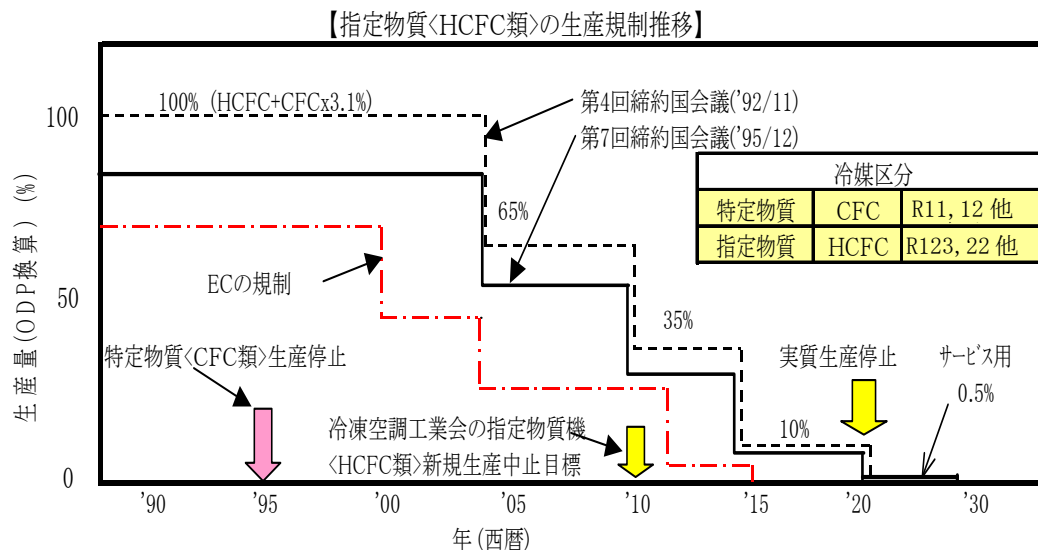


図 1-5 指定物質の生産規制

(4) 地球温暖化対策推進による冷媒への規制

1) 地球温暖化対策

地球温暖化対策推進法（'98 年公布）では、地球温暖化への影響度に応じ二酸化炭素 (CO₂) の大気中排出量を抑制することを決め、その目標を「京都議定書目標達成計画」の中で下

記としています。

表 1-7 日本政府「温室効果ガスの排出抑制・吸収の量の目標」の内訳

要因	削減目標
エネルギー使用に伴う CO ₂	+0.6
非エネルギー起源 CO ₂	-0.3%
メタン	-0.4%
一酸化二窒素	-0.5%
代替フロン等 3 ガス (HFC, PFC, SF ₆)	+0.1%
森林等吸収源	-3.9%
京都メカニズム	-1.6%
合計	-6%

HFC 冷媒は、オゾン層保護法により生産停止される特定物質、指定物質に替わる代替冷媒の位置付けにあり、その生産量は増加の見込みになっています。しかし、大気中への排出量を抑制するため、冷凍機の廃棄時、あるいは使用中の保守作業等においては、機内の冷媒を回収し、大気中への排出を抑制します。回収冷媒は適切に処理（再利用、破壊処理等）することが必要です。

2) 冷凍機における温暖化影響評価手法

冷媒を使用した冷凍空調機器の地球温暖化への影響度を評価する手法として、「TEWI」（テューイ）があります。

「TEWI」は、冷媒ガスの大気排出による直接的温暖化効果とエネルギー消費による間接的温暖化効果を CO₂ 排出量に換算して判断する指標で、次式にて算出されます。

$$TEWI_a = GWP \times \{ (\text{年間冷媒漏洩量} \times \text{運転年数}) + (\text{冷媒回収損耗量} \times \text{回収頻度}) \}$$

$$TEWI_b = \text{電力使用量 (kWh / 年)} \times \text{運転年数} \times \text{CO}_2 \text{ 換算係数 (kg / kWh)}$$

$$TEWI = TEWI_a + TEWI_b$$

TEWI : Total Equivalent Warming Impact

TEWI_a : 冷媒漏洩、損耗等による直接的温暖化効果

TEWI_b : エネルギー消費による 1 次エネルギー分の CO₂ 換算量
(発電所等の CO₂ 排出相当量)

表 1-8 ターボ冷凍機の「TEWI」計算事例

項目	計算条件及び計算結果
冷凍容量 (RT)	500
使用冷媒	R134a
GWP	1,430
定格消費電力 (kW)	290
冷凍機運転年数 (寿命) (年)	20
年間冷媒漏洩量 (kg)	0
回収時損耗量 (kg/回)	50
回収頻度	4

年間運転時間（全負荷換算）(h)	1,000
総電力使用量（kWh/運転年数）	5,800,000
電力の CO ₂ 換算量（kg/kWh）*1	0.351
TEWI _a （kg）	286,000（12.3%）
TEWI _b （kg）	2,035,800（87.7%）
TEWI（kg）	2,321,800（100%）

*1 電気事業連合会「環境行動計画」2009年実績

2章 設備設計

2.1 ターボ冷凍機の特長

ターボ冷凍機の主な特長について、同規模の冷水製造用途に使用される直焚吸収冷温水機と比較すると下表の様になり、ターボ冷凍機は各種熱源用途に最適です。

表 2-1 ターボ冷凍機の特長

No	項目	ターボ冷凍機		直焚吸収冷温水機	
1	使用冷媒	フルオロカーボン類	—	水-臭化リチウム水溶液	—
2	主な駆動源	電動機	—	都市ガス、灯油、重油	—
3	1次エネルギー換算 COP	2.0~2.2	○	1.0~1.3	△
4	冷却塔放熱量	冷凍容量の 1.2 倍	○	冷凍容量の約 1.9 倍	△
5	容量変化追従性	約 10%/分	○	約 10%/10 分	△
6	始動時間	約 5 分（自動再起動時）	○	約 20~30 分	△
7	停止所要時間	約 3 分	○	約 20~30 分（希釈運転）	△
8	騒音	約 80~90 dB（A）	△	約 75~85 dB（A）（燃焼音他）	○
9	冷却水入口温度下限	約 15~20℃	○	約 20~25℃	△
10	温水製造	一般空調の場合ボイラー併設	△	温水機能有り、ボイラー併設不要	○

2.2 機器選定

ターボ冷凍機は、冷水製造仕様の場合、おおよそ 100 RT から 10,000 RT クラスまでの能力範囲に適用されています。

機種選定に当たって検討すべき項目とその要点は次のとおりです。

(1) 空調負荷の規模

対象となる空調範囲、内部発生負荷、外部入熱負荷及び空調機器容量などの検討・算出を行い、蓄熱槽の有無や負荷変動の裕度を加味した上で、必要とされる冷凍能力の大きさを決めます。

(2) 台数選定

機械室のスペース、操作及び保守性、イニシアルコスト、想定最小負荷、負荷系統区分及び空調の重要性などを考慮し、台数・負荷分割と予備機設置の必要性について検討します。

(3) 蓄熱システム採用可否

蓄熱システムの目的は、夜間の割引料金を有効活用し、蓄熱槽に冷熱を蓄え、日中の高負荷時間帯に放熱することで電力使用の夜間シフトができます。また、日中ピーク時の冷凍能力を低減できるため、冷凍機の設備容量低減にもなります。

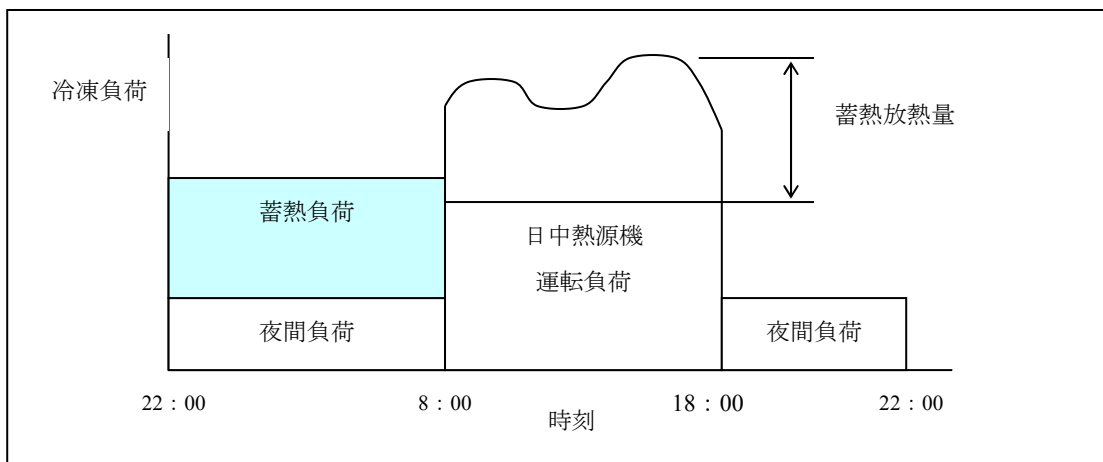


図 2-2 蓄熱システムの運用イメージ

水蓄熱システムにおける蓄熱槽の蓄熱効率事例を下表に示します。

表 2-1 蓄熱水槽効率の事例（出典：建築設備設計基準）

No.	蓄熱水槽方式	効率
1	温度成層方式	0.8~0.9
2	連通管方式（10 槽未満）	0.7
3	連通管方式（10~15 槽未満）	0.75
4	連通管方式（15 槽以上）	0.8

(4) 冷水温度条件の最適化

負荷側冷水戻り温度・送り温度と熱源機の冷水出入口温度の設定は、負荷側空調機の性能（許容露点温度、冷却温度）や蓄熱槽の有無を確認し、熱源機の冷水温度の設定を行います。

JIS B8621「遠心冷凍機」規格の標準条件では、冷水入口 12℃、出口 7℃を採用していますが、最近では冷水搬送動力の省エネを目的にした「大温度差システム」が実用化されています。

氷蓄熱用途においてはブラインを使用し、ブライン出口温度は-5℃ないし-6℃が採用されています。

(5) 冷却水温度の最適化

冷却水温度の設定は、冷却塔の能力、設置条件及び運用条件を確認し、熱源機の冷却水温度の設定を行います。

JIS B 8621「遠心冷凍機」規格の標準条件は、冷却水入口 32℃、出口 37℃です。

(6) 搬送動力の評価と温度条件の最適化

冷水及び冷却水循環ポンプの搬送動力には、流量が大きく影響します。一般的には、冷水及び冷却水の温度差 Δt を 5°C として流量を決めていますが、近年、搬送動力の軽減のため Δt を大きく取り、流量を減らした大温度差システム化の傾向にあります。冷却水流量を減らした場合、圧縮機の動力が増加しますので、搬送動力の低減と圧縮機動力の増加を比較して最適な運用が必要です。

(7) 電源設備の決定

ターボ冷凍機用電動機容量は、事業所全体の電気設備容量に占める割合が相対的に大きく、基本設計に当たっては電動機容量に十分見合う受電方式、受変電容量を考慮し、協調の取れた電源容量と熱源機の電圧を決めます。

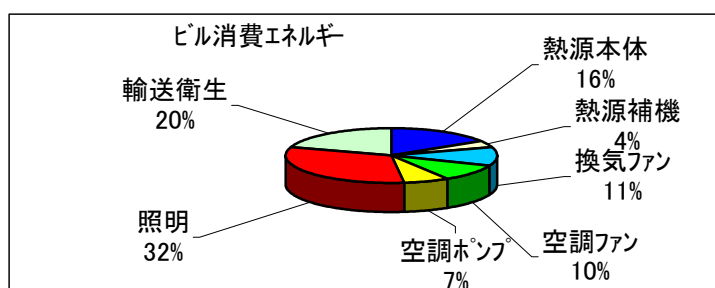


図 2-3 ビル消費エネルギー構成事例

(8) 配置計画

ターボ冷凍機を設置する場合は、どんな所に設置するか、操作性・保守性を考慮したスペースが確保されているか、機械室の換気は十分か、ボイラーなどの火気との離隔が十分かなどの確認を行います。

(9) 運転・運用上の法規規制

R134a のターボ冷凍機は、高圧ガス保安法の適用を受け冷凍保安責任者が必要となる場合があります。有資格者の要否、在否等を事前に確認します。

(10) 運用条件への最適化

ターボ冷凍機運用期間において負荷の変動を予測し、熱源機に要求する最小能力、制御範囲を決めます。ターボ冷凍機は、一般的に定格能力の約 20% 負荷まで能力制御が可能です。

2.3 冷凍能力制御方式

(1) サクションガイドベーン制御

サクションガイドベーン制御方式は、ターボ冷凍機の代表的能力制御方式で、圧縮機インペラの吸い込み側に、複数配置された扇形のベーンの回転角度を変化させ、冷媒ガスの量を制御することにより冷凍能力制御を行う方法です。

サクションガイドベーンは、インペラに流入する冷媒ガスの流れ方向を変える機能から、インレットガイドベーンと呼ばれることもあります。

ベーンの開閉は、外部からベーンモータ又は空気アクチュエータにより行なうものや、油圧により行なうものがあります。

いずれも、蒸発器の冷水出口温度が一定の設定温度になるように、ベーン開度を制御するのが標準仕様です。

なお、圧縮機電動機が定格電流を超えることを防止するためにベーンの開度制限する制御機能もあります。

ターボ冷凍機運転時の能力制御指標として、ベーン開度を表示する場合があります。

ベーン開度 (%) とは、ベーンの全開と全閉に要する回転角、約 90 度を 100% から 0% に等分したものです。ベーン開度は、冷凍能力の割合と必ずしも符合するものではなく運転状態の目安のひとつとして利用されます。運転電流 (電動機入力) は、冷凍能力の比率と比較的符合し、運転管理の指標として利用できます。

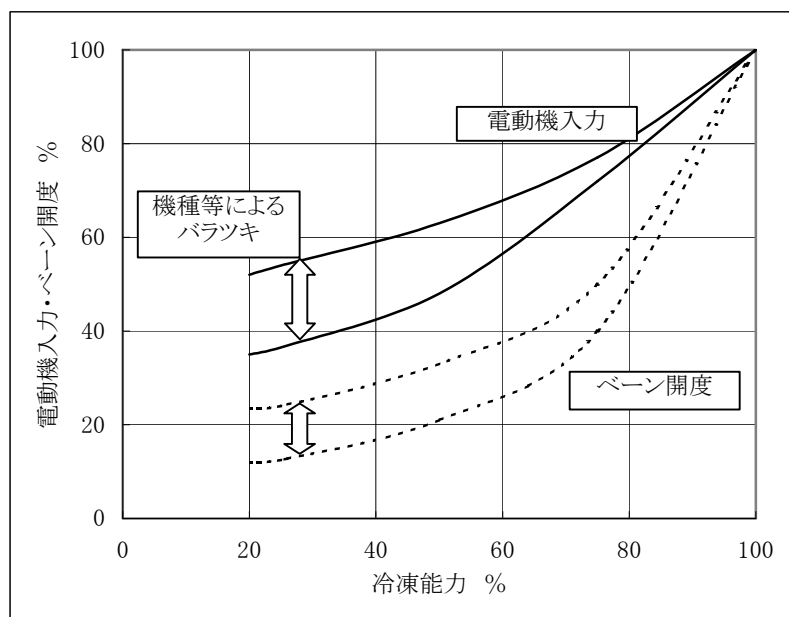


図 2-3 ターボ冷凍機的能力制御特性事例 (JIS 基準条件の場合)

(2) ホットガスバイパス弁制御

サクションガイドベーン制御下限以下における低負荷運転対応のための方法で、圧縮機吐出ガス (凝縮器内ガス) を液化させずに、圧縮機吸入側 (蒸発器上部) へ自動弁を經由して流入させるものです。密閉形ターボ冷凍機の場合、電動機冷却用冷媒液確保のため、吐出ガスの一部を必ず液化させることが必要です。そのため能力制御の下限は、ホットガスバイパス弁を設けた場合でも約 10~15% になります。

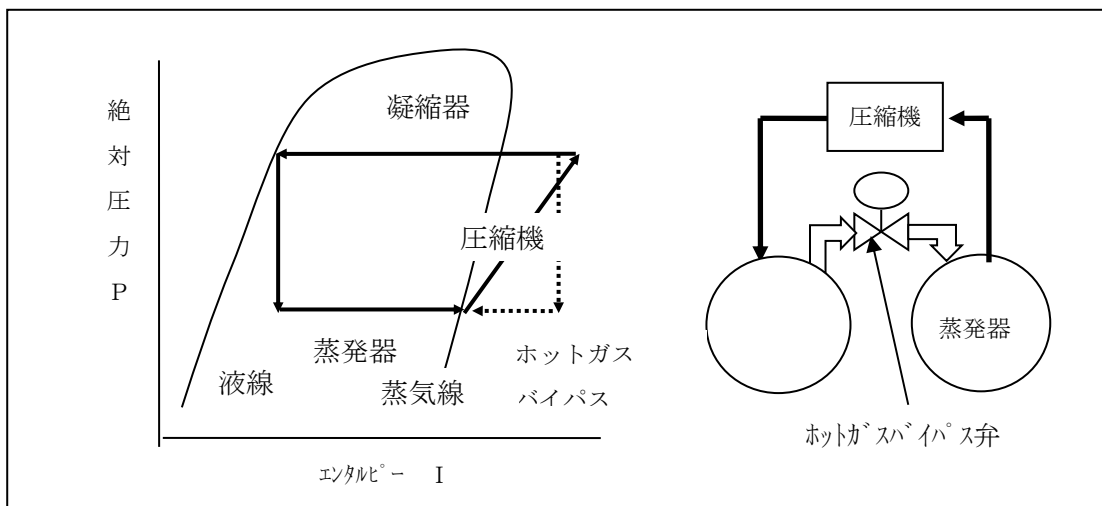


図 2-4 ホットガスバイパス弁システム例

2.4 システム制御

(1) 台数制御

ターボ冷凍機の台数制御事例を下図に示します。

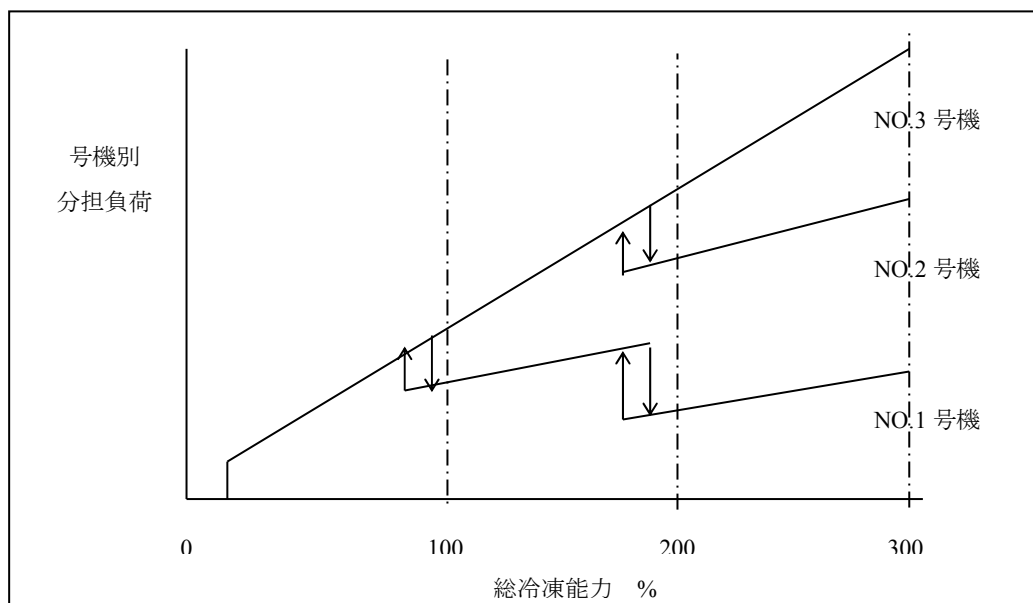


図 2-5 台数制御モデル事例

(2) 冷水流量制御

- 1) 冷水の変流量制御には、次のケースがあります。
 - (a) 冷水ポンプの台数切り替え
 - (b) 冷水ポンプモータのポールチェンジ
 - (c) 冷水ポンプモータのインバータ駆動
- 2) いずれの場合にも以下の様な注意が必要です。
 - (a) 流量の減少はできるだけ緩慢に行う。(サージング、断水スイッチの誤作動要因)
 - (b) 流量下限は、概ね 50%とする。(制御系の協調、凍結故障防止)
 - (c) 冷水の水頭損失に注意。(機械式保護装置の動作値による：差圧スイッチ等)
 - (d) 低流量運転時間が長い場合、水質によりスライム障害に注意。
 - (e) 運転継続中のポンプ台数切替は、冷凍機メーカーへ確認。(切替予告信号による冷凍機負荷制限運転等の検討)

(3) 冷却水変流量制御

- 1) 冷却水の変流量制御には、次のケースがあります。

冷却水ポンプの台数切り替え

 - (a) 冷却水ポンプモータのポールチェンジ
 - (b) 冷却水ポンプモータのインバータ駆動
- 2) いずれの場合にも以下の様な注意が必要です。
 - (a) 流量の減少はできるだけ緩慢に行う。(サージング、断水スイッチの誤作動要因)
 - (b) 流量下限は、概ね 50%とする。(制御系の協調、冷却塔との連係に注意)
 - (c) 冷水の水頭損失に注意。(機械式保護装置の動作値による：差圧スイッチ等)
 - (d) 低流量運転時間が長い場合、水質によりスライム障害に注意。
 - (e) 運転継続中のポンプ台数切替は、冷凍機メーカーへ確認。(切替予告信号による冷凍機負荷制限運転等の検討)

2.5 冷凍能力制御特性

(1) 規格上の標準条件

冷凍機の性能は、冷凍能力の変化及び冷却水温度の季節変動により変化します。

JIS B 8621「遠心冷凍機」及び JRA 4062「空調用熱源機の期間成績係数算出基準」では、年間を通して冷凍機を運転する場合の期間成績係数の求め方の基準を定めています。設計条件だけの性能評価のみでなく、年間を通して効率的な運転をするための目安となります。

表 2-2 JIS 規格による部分負荷効率算出条件

負荷率	100%	75%	50%	25%
冷却水入口温度	32	27.5	23.0	18.5
重み係数	0.01	0.47	0.37	0.15

期間成績係数の計算式

期間成績係数は次式による。

$$\text{IPLV} = (\text{負荷率 100\% 時の重み係数} \times \text{成績係数}) + (\text{負荷率 75\% 時の重み係数} \times \text{成績係数}) \\ + (\text{負荷率 50\% 時の重み係数} \times \text{成績係数}) + (\text{負荷率 25\% 時の重み係数} \times \text{成績係数})$$

(2) 使用条件の変化と冷凍機特性

当初の設計条件と大きく使用条件が変化した時の特性は、機械の種類により差異がある場合があり、製造メーカーへの確認が必要です。

参考として、図2-6、図2-7に、冷却水温度及び冷水温度変化の例を示します。

これらの特性は一般的にはシミュレーションにより算出しますが、部分負荷運転時程、計測上（負荷不安定、計測精度、計測位置等）の影響が大きくなるため、計算値と実機との誤差が大きくなるので注意が必要です。

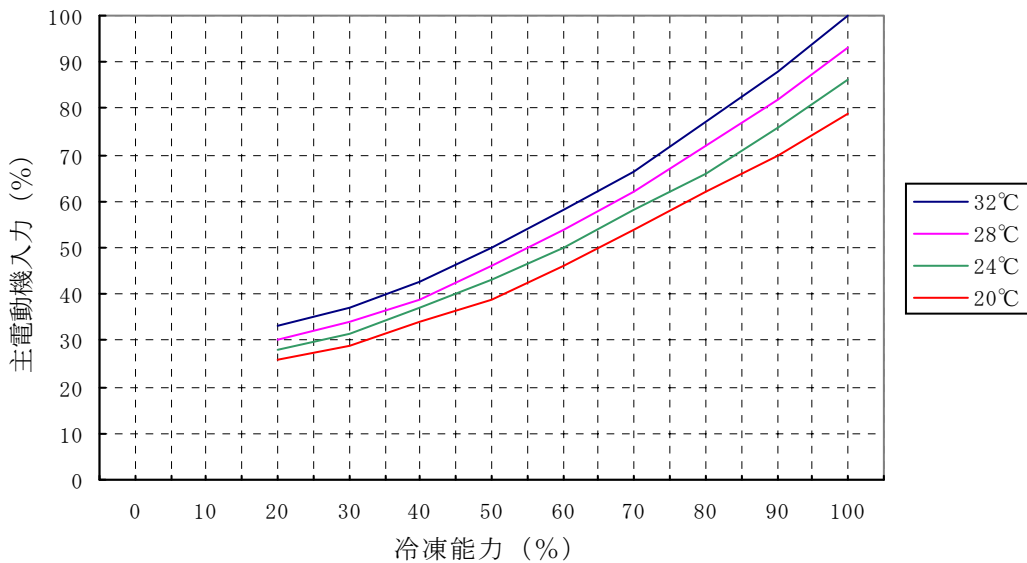


図2-6 ターボ冷凍機部分負荷特性例 (JIS規格準拠)

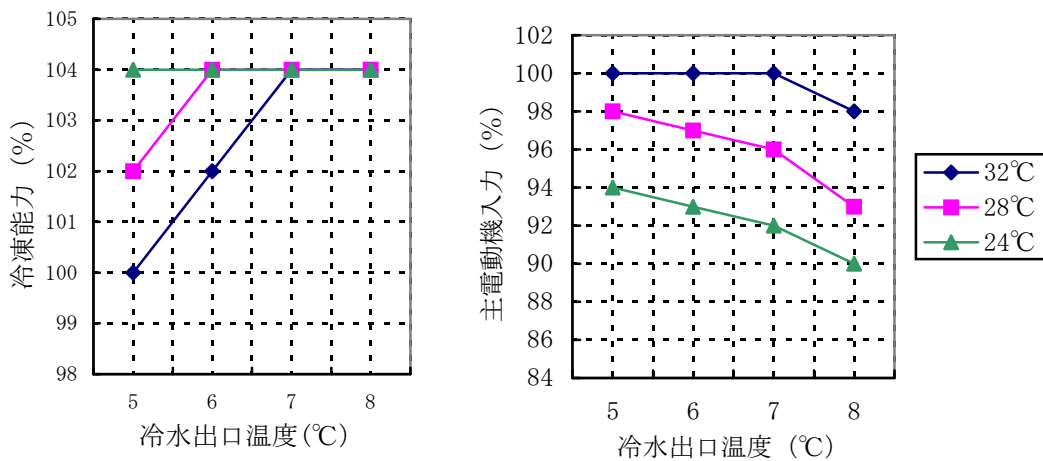


図2-7 冷水温度変化と特性例

2.6 冷水（熱源水）、冷却水（温水）ポンプの制御方法

冷凍専用形の標準的な制御フローを示します。

（冷凍専用形以外の場合の挙動については、メーカーにお問い合わせください。）

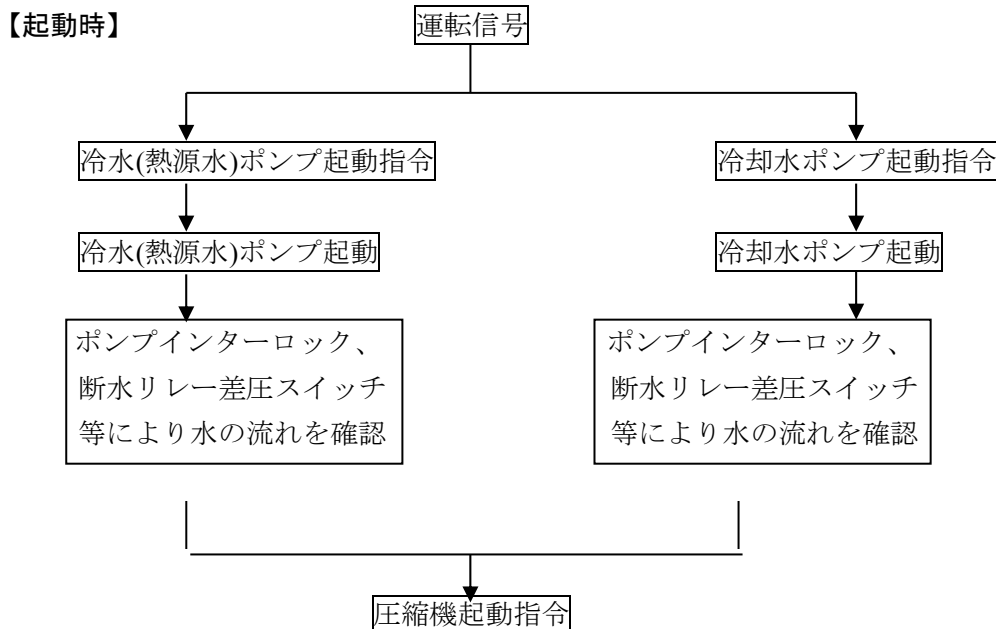


図 2-8 起動制御フロー（例）

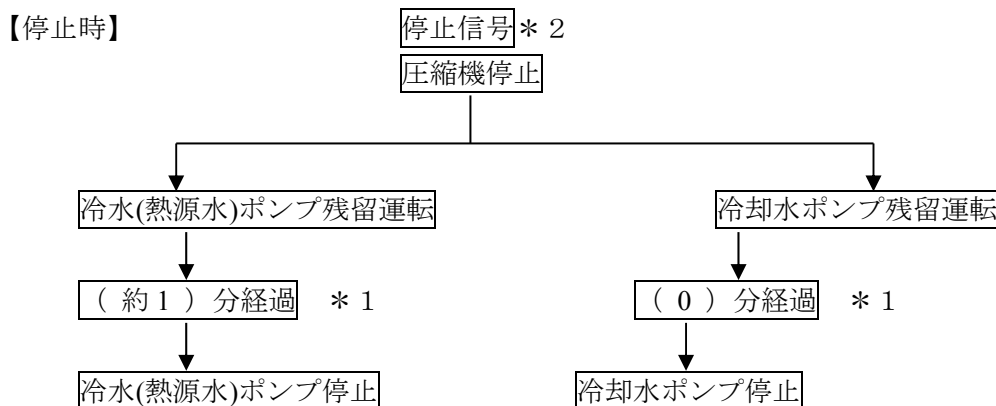


図 2-9 停止制御フロー（例）

*1) 残留運転時間はシステムにより異なりますので、メーカーにお問い合わせください。

通常、冷却水ポンプは圧縮機停止と同時に停止、冷水（熱源水）ポンプは約1分程度運転して停止します。

*2) 冷凍機が低負荷による自動停止した時は、冷却水ポンプのみ停止し、冷水（熱源水）ポンプは運転を継続します。

負荷の増減を冷凍機の冷水温度センサーで検知しているため、冷水温度が上昇すれば冷凍機は自動的に再起動します。

尚、ヒートポンプの場合のポンプの挙動については、メーカーにお問い合わせください。

2.7 冷水・冷却水温度（冷凍専用形）の使用限界

(1) 冷水温度

1) 冷凍機停止中の限界

一般的には、ターボ冷凍機低圧部（蒸発器、圧縮機）の設計圧力が、冷媒温度 35～38℃ 相当の飽和圧力であることから、冷水温度あるいは機械周囲温度上限は約 35℃ 以下になります。

寒冷地の場合、冬期凍結防止のための保温・加熱・ポンプ空転・落水処置・ブラインの採用等が必要です。

2) 冷凍機始動時の限界

ターボ冷凍機電動機始動トルクの限界より、冷水入口温度は、約 25℃ 以下が望ましく、電動機盤の仕様（減電圧始動型の場合）により異なります。

3) 冷凍機運転中

冷水入口温度は定格仕様入口温度以下、冷水出口温度は定格仕様出口温度以上。

冷凍機運転下限以下の低容量時は、冷水過冷却保護スイッチの設定（一般的には定格出口温度－2℃ 程度）温度以上でなければなりません。

4) 冷水出口設定温度の下限

設計仕様温度以上でなければなりません。

(2) 冷却水温度

1) 冷凍機停止中

一般的にはターボ冷凍機高圧部の設計圧力が、冷媒温度 43℃ 相当の飽和圧力であることから、冷却水温度は、この温度より十分低い温度でなければなりません。

寒冷地の場合、冬期凍結防止のための保温・加熱・ポンプ空転・落水処置・密閉形冷却塔の場合はブラインの採用等が必要です。

2) 冷凍機始動時

ターボ冷凍機始動時は、冷水温度も定格値以上である場合が多く、排熱量が定格よりも増加するため、凝縮器高圧スイッチが作動する場合があります、冷却水入口温度は、定格値（例：32℃）よりも 5℃ 程度低い（例：27℃ 以下）方が望ましいです。

春、秋、冬の低温時期には、室外配管、冷却塔が冷え、屋内冷水温度と逆転することがあり、冷凍機の自動始動が困難になるため避けることが必要です。この様な場合には、冷却水流量を一時的に調整し、冷凍機を手動で始動する方法などがあります。

3) 冷凍機運転中

冷却水（温水）入口・出口温度ともに上限は定格仕様温度です。

注 1. 冷凍専用形以外の場合は、メーカーに問合せください。

注 2. ヒートポンプでボイラー温水と直列通水される場合、バイパス配管を設け、停止中の温水通水を遮断できるシステム構成が必要です。

2.8 最小保有水量

ターボ冷凍機は、一般的に 100~20%程度まで比例制御できますが、それ以下の負荷ですと、起動・停止制御になります。頻繁な起動・停止制御による圧縮機の寿命低下等を防止するため、最小容量制御時でも 5~10 分間程度の運転継続ができる保有水量をシステム系内に確保できるクッションタンク等の設置が望ましいです。

2.9 水側の使用圧力限界

冷水、冷却水の標準使用圧力は、0.7 MPa です。それ以上の圧力にて使用される場合はあらかじめメーカーに問合せください。

2.10 使用電圧

ターボ冷凍機の電源は、主電源と制御電源に大別されます。

主電源とは、圧縮機電動機の電源のことを言い、標準的なものとして次の種類があります。

表 2-4 主電動機の電源仕様

項目	50 Hz	60 Hz
400 V 級	400、415、440	440
3000 V 級	3000、3300	3300
6000 V 級	6000、6600	6600

使用電源はメーカーのカタログ等にて確認して下さい。カタログ記載値以外の場合はメーカーに照会下さい。

制御電源とは、潤滑油ポンプ用電動機や潤滑油ヒータ及びターボ冷凍機本体制御盤の電源のことを言い、次の種類があります。

表 2-5 制御電源仕様

項目	50Hz	60Hz
200V 級	200、220	200、220
100V 級	100、115	100、115

主電源、制御電源は、夫々、ターボ冷凍機電動機盤・操作盤に供給されます。

主電源は、始動回路を経由してターボ圧縮機の電動機へ接続されます。

制御電源は、ターボ冷凍機操作盤内で、油ポンプ用電動機やオイルヒータ及びターボ冷凍機本体操作盤用の電源に分配されます。

主電源回路の起動盤から制御電源を分岐した場合、長時間停電時の潤滑油ヒータ電源の停電を生じない様、非常用電源等によるバックアップが必要です。

電源電圧、周波数の変動はターボ冷凍機の性能、主電動機の寿命への影響が大きいため、安定供給を図れる様、電源側の設計検討を十分行ってください。

また、落雷等による瞬時電圧降下対応については、電源回復後自動的に再起動させる方式が確実です。冷凍機メーカーへ御相談ください。

2.11 瞬時電圧降下について

瞬時電圧降下対策は冷凍機の保護のため、冷凍機は一旦停止しますが、電源供給を含む全ての状態（油温、サクシヨンガイドベーン開閉度、冷水・冷却水ポンプ、電圧等）が正常に戻ると再起動ができる状態が用意されます。なお自動再起動回路及び瞬低（停）検出範囲は製造メーカーへの確認が必要です。

2.12 始動方式

使用する電源電圧や電源容量により幾つかの始動方式があります。

(1) 直入始動

全電圧始動とも言われ、電動機の巻線に 100%の電圧を最初から印加する方式です。電動機本来の大きな加速トルクが得られ始動時間が短く、電動機盤が安価という特長があります。反面、始動電流が大きく他設備への電圧降下影響が問題となることがあり、系統協調が重要です。

(2) スターデルタ始動

始動時は固定子巻線をスター回路に接続し始動完了後デルタ回路に切替えます。始動電流・始動トルク共に直入始動の 1/3 になります。主に低圧電動機に適用されます。始動電流による電圧降下を軽減でき、減電圧始動の中で安価という特長があります。

スターからデルタへの切替え時に一次側から開放されるので電氣的・機械的衝撃が発生します。この衝撃を防止するため、スターからデルタへの切替えの際、抵抗を挿入して電源開放しないクロズドスターデルタ方式を採用する場合があります。

(3) リアクトル始動

電動機の一次側にリアクトルを入れ始動時電動機の印加電圧を下げて始動します。タップを切替えることによる始動電流・始動トルクを調整可能で滑らかな始動が可能です。始動電流の割に始動トルクが小さいため、タップ選定が重要です。

(4) コンドルファー始動

始動用変圧器を用いて始動し、次に中性点を開放してリアクトルとし、最後に 100%の電圧を印加します。減電圧始動の中では始動トルク、始動電流特性に優れています。設備費が高価な欠点があります。

(5) インバータ始動（ソフトスタート）

電動機の電源回路に可変周波数変換装置（インバータ）を組み込み、圧縮機の回転数を可変制御します。始動時の圧縮機の回転をゼロから所定の回転数まで滑らかに立ち上げ、始動電流を定格電流前後に抑えられます。

突入電流があるので、上位保護装置との協調が必要です。

電動機盤を設備側にて用意される場合はメーカーに問合せください。

2.13 インバータ制御システム

ターボ冷凍機のインバータ制御は、冷却塔循環水の季節的な温度変化を有効に活用し、ターボ冷凍機の圧縮機回転数を可変制御することにより、冷凍機の部分負荷運転効率を高めることを目的に行うシステムです。

圧縮機回転数制御は、従来スチームタービン駆動、エンジン駆動方式等において採用されているが、最近低圧に加え高圧電動機用インバータが汎用化され、電動ターボ冷凍機にも多く採用されています。

インバータ制御による運転効率向上の決め手は、年間運転設備で、特に冬季から端境期にかけて冷却水低温期における運転時間が長く、比較的負荷の小さいことが重要です。日本の場合秋から春先まで約6ヶ月間もの間冷却水温度の低温期があり、インバータ採用効果が得られやすい環境と言えます。

(1) インバータ制御システムのスケルトン事例

商用電源起動との切替無しの場合を下図に示します。インバータ制御システムは、インバータ、トランス等の電気損失が3%前後あり、高速回転時には商用電源（リアクトル起動等）運転より動力増加になる場合があります。そのため、真夏には商用、それ以外の時期にはインバータ制御へ切替て運用する場合があります。設備費、故障時のバックアップ等との見合いにより選定することが重要です。

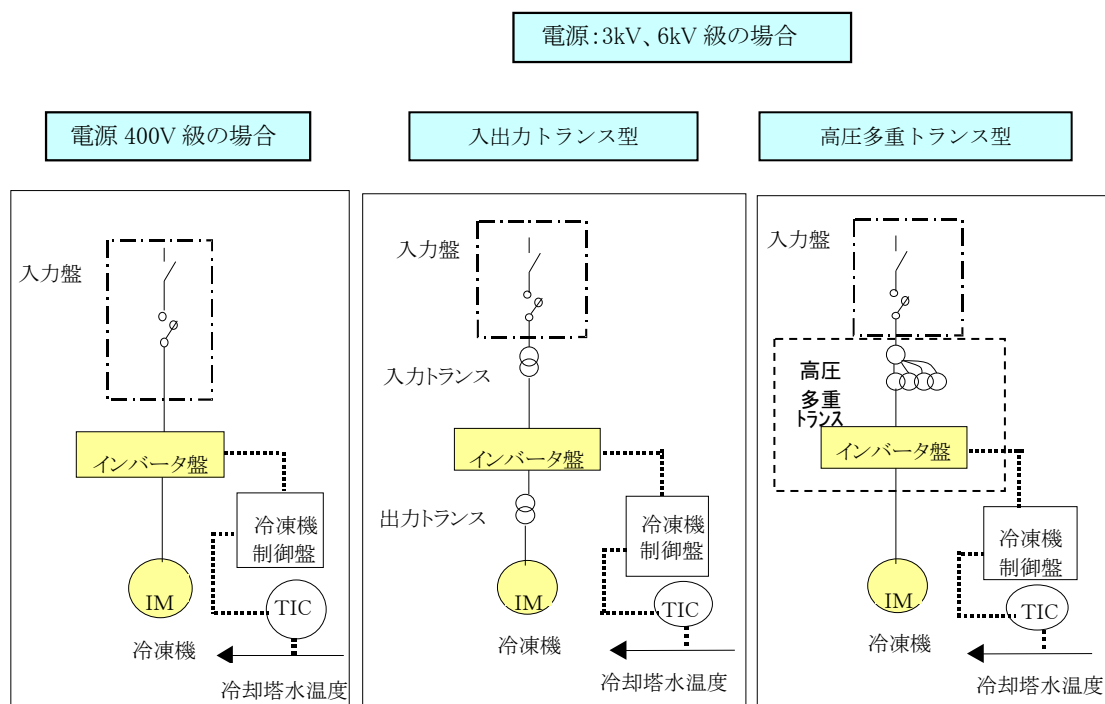


図 2-10 ターボ冷凍機インバータ制御システムのスケルトン例

(2) インバータ制御システム COP 事例

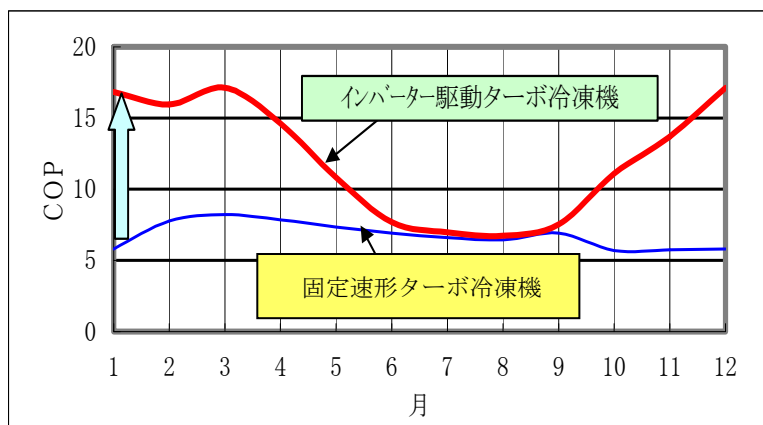


図 2-11 インバータ制御システムの年間冷房 COP のイメージ

(3) インバータ制御システム導入時の主な留意点

1) 電源設備全体としての高調波影響検討

高調波抑制対策ガイドラインに従い、受電系統毎にターボ冷凍機のインバータ盤だけでなく冷水ポンプ、冷却水ポンプ、冷却塔ファン等の熱源設備機器のインバータ盤を含めた高調波発生機器の等価容量を算出し、必要に応じ高調波流出電流を上限値以下とすることが必要です。

2) インバータ冷却用換気量の確保

インバータは、内部発熱するため空気で冷却し内部温度の上昇を抑制する必要があります。冷却空気が室内に滞留しないよう十分な換気が必要です。

3) 接地線工事

インバータは、自身から発生するノイズを他設備へ影響させないため、及び周囲機器からのノイズを遮断するため、接地線は独立した設置線を設けることが重要です。

接地線を接地極まで専用布設し、他の接地線に対し 30 cm 以上の離隔を取って配線することが望ましいです。

4) インバータ制御ターボ冷凍機専用冷却塔設置

他機器（吸収式冷凍機等）と兼用の冷却塔を使用した場合、他機器の冷却水温度制御により低温冷却水効果を利用できないこともあり、ターボ冷凍機自身の都合に応じた冷却水温度が得られる様、専用冷却塔を設置することが重要です。

2.14 振動、騒音

振動・騒音値は製造メーカーの計測環境での実測値に基づいて表示されています。

機器据付場所の環境条件（基礎、壁、周辺の反射物、防熱、防振方法、水配管接続方法等）によって、このメーカーの数値は異なってきます。

ターボ冷凍機の運転により発生する騒音は、流体的要因によるものと、機械的的要因によるものがあり、相乗された騒音となっています。

(1) 流体的要因

- 1) インペラに起因するもの
騒音周波数は、(羽枚枚数×回転数) 及びその整数倍。
- 2) サージングに起因するもの
次の理由により、圧縮比が特性上の限界を超えた時発生。
 - ・ 冷却水流量の減少、冷却水温度の異常上昇、凝縮器伝熱管の汚れ、不凝縮ガスの機内浸入〔低圧冷媒の場合〕等による凝縮圧力の上昇。
 - ・ 冷水の過冷却、冷水流量の減少、冷媒量の不足、膨張弁の故障、蒸発器伝熱管の汚れ、冷媒中への潤滑油混入量増加等による蒸発圧力の低下。
- 3) 冷媒の流れに起因するもの
 - ・ サクションガイドベーンの動作による。
 - ・ ホットガスバイパスの動作による。

(2) 機械的要因

振動が原因で騒音が発生する場合があります。

- 1) 圧縮機回転軸の不釣合による振動
この時発生する騒音・振動周波数は、軸の回転周波数に一致。
- 2) 歯車による振動、騒音
圧縮機および電動機の周波数の整数倍や、分数倍に発生。
- 3) ミスアライメントによる振動
ターボ圧縮機と駆動装置の結合部のミスアライメントにより結合部から発生。
- 4) 接触による振動
インペラ、回転部品等とケーシングの接触により発生。
- 5) 軸受による振動
軸受けの経年劣化、組立不具合や、潤滑油の劣化、異物混入、油圧不適正等による軸振れ。

振動、騒音値は、製造メーカー、機種および容量によって異なります。

各製造メーカーの資料（カタログ、技術資料等）を参照ください。

2.15 防振設計

熱交換器脚部の下に、防振材としてゴムパッド、スプリングパッドなどを使用します。

標準的な防振材として、90%程度の振動を吸収できるよう厚み 10 mm 程度のゴムパッドが使用されています。95%以上の防振効果を期待する場合は、ゴム材の中にスプリングを埋め込んだスプリングパッドがよく使用されています。

防振効果が高い防振材程、機器重量の変化による厚みの変位が大きく、冷水・冷却水配管にはフレキシブル継手を使用する必要があります。乾燥重量（設置工事時やオーバホール）と運転時では機器重量は大きく異なります。

なお、冷凍機の圧縮機・電動機の振動伝達防止以外に、設置上の配慮として配管から伝達される流体振動があります。20 Hz 以下の振動周波数が特徴のためこの低周波振動が発生している場合は配管からの振動伝達の可能性があります。配管経由の振動伝播を遮断できるよ

うにフレキシブル継手を入れるなどの対策が必要です。

2.16 メンテナンススペースの計画

(1) 一般的計画条件

考え方を下図に示します。

- 1) チューブ保守空間（据付延長線上の空間、左右何れか）
- 2) 操作盤前面保守空間 1200mm
- 3) 水室開放作業空間
- 4) 機器分解作業、吊り作業用空間
- 5) 周囲点検、保守部品運搬空間 500 mm 以上～1000 mm 程度

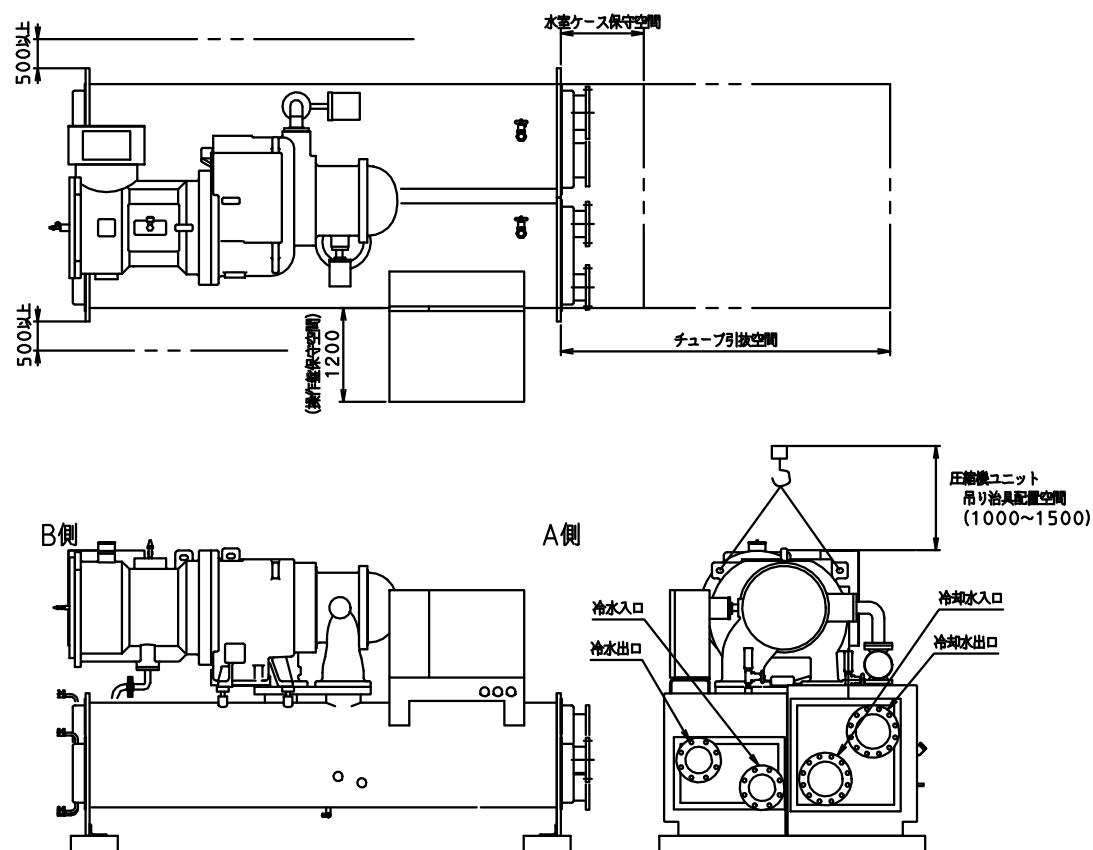


図 2-12 ターボ冷凍機廻りの保守空間

上記以外の保守空間として下記等が必要です。

- 1) 圧縮機ユニット、電動機盤、冷媒等の保守時搬出・入通路
- 2) 保守工具（チューブ洗浄装置、冷媒移充填工具等）の搬出・入、仮置き場所
- 3) 保守部品等の運搬、搬出・入通路
- 4) チューブ洗浄時の排水溝
- 5) 電動機盤、インバータ盤の保守空間

(1) 冷凍保安規則による火気設備との離隔距離

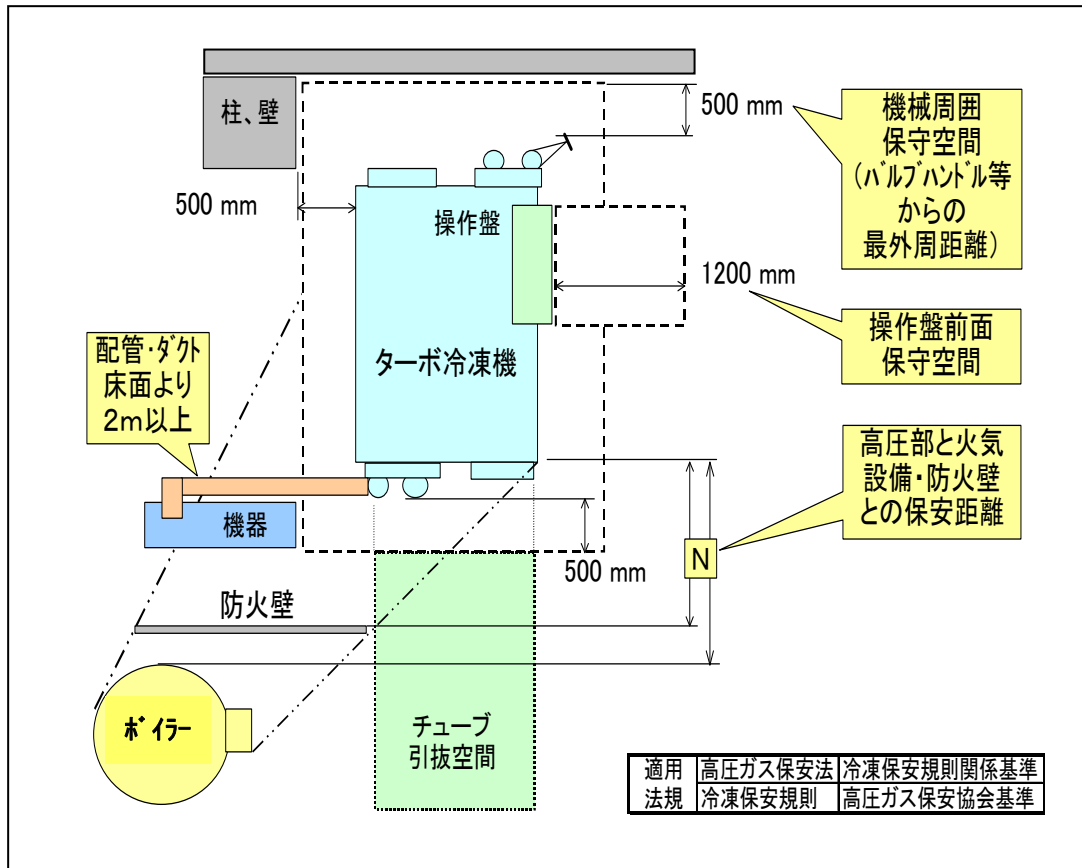


図 2-13 ターボ冷凍機と火気設備等への離隔距離

表 2-6 火気設備との距離（冷凍保安規則関係例示基準）

火気設備区分	防火壁有無	製造者区分と保安距離 (N)	
		第1種製造者 (非ユニット型及びユニット型)	第2種製造者 (指定設備)
大型 (14m ² 超え)	無し	5 m	1.5 m
	有り	2 m	0.8 m
中型 (8m ² 超え 14m ² 以下)	無し	2 m	1 m
	有り	1 m	0.5 m
小型 (8m ² 以下)	—	1 m	制限無し*1

*1 熱影響で許容圧力を超えないこと。

3章 施工計画

3.1 設置における法規上の注意点

R134a等の高圧冷媒を使用するターボ冷凍機の設置に関しては、高圧ガス保安法の適用を受けませんが、ユニット型や認定指定設備は、運転に関する有資格者が不要です。下表は主要点を示し、詳細は法規原文を参照すると共に、各都道府県の担当窓口への事前相談が重要です。

表 3-1 R134a ターボ冷凍機の設置等に関する法規制の要点

摘要段階	項目	ユニット型の場合	非ユニット型の場合	指定設備適用の場合	
設置	法定冷凍能力	*1	法定冷凍能力 50トン (モータ出力60kW) 以上	法定冷凍能力 50トン (モータ出力60 kW) 以上	
	有資格者の有無	不要	第一種冷凍機械責任者 が必要	不要	
	搬入形態	分割搬入可 (但し、溶接再組立は不可)		一体組立搬入 (保冷含む)	
	設置許可、届出	設置許可申請が必要 第1種製造者		設置届出が必要 第2種製造者	
	危害予防規定届	届出必要		届出不要	
完成時	官庁検査	据付後の官庁立会 完成検査実施		メーカー工場で認定検査 実施、現地官庁完成検査不 要	
	冷凍機械室の施設基準	換気、安全弁放出管、火気設備との保安距離 等必要		同左	
運用	運転 管理	保安検査	3年ごとに官庁検査		不要
		自主検査	*2	毎年	毎年
廃棄時	製造中止	届出必要		同左	
	冷媒回収	有資格の専門業者による		同左	
	破壊処理	有資格の専門業者による		同左	

*1 冷凍保安規則第36条第2項の要件を満たす、いわゆるユニット型。(冷凍能力の制限は'04-12-17省令改正にて削除された)

*2 毎年の自主点検記録を作成し保管が必要です。安全装置(安全弁の検査等)は毎年の検査が必要です。

また、R123等の低圧冷媒を使用するターボ冷凍機の設置に関しては、日本冷凍空調工業会の「遠心冷凍機の施設ガイドライン」(JRA GL-01-2005)を参照してください。

その他の冷媒を使用するターボ冷凍機の設置に関しては、メーカーにお問い合わせください。

3.2 漏洩した冷媒ガスの滞留防止策

- (1) 換気が第1です。詳しくは各都道府県の高圧ガス冷凍手続きの要領書及び高圧ガス保安協会発行の「冷凍空調装置の施設基準〔フルオロカーボン及び二酸化炭素の施設編〕KHKS 0302-1(2011)」を参照してください。
- (2) 冷凍装置を設置する区画（機械室）における漏洩した冷媒ガスの滞留防止策は開口部と機械換気装置を設けることによります。

(3) 開口部の面積及び位置

- 1) 開口部は、直接外気に面した常時開放の開口窓又は扉とします。開口部が常時開放されていない場合には、冷媒ガス漏えい検知警報設備と連動した機械換気装置が必要になります。開口部の面積は下記の最小面積 A (m²) 以上でなければなりません。

$$\text{呼び冷凍能力 80 トン以下} \quad A=0.03\text{m}^2 \times \text{冷凍能力 (トン)}$$

$$\text{呼び冷凍能力 80 トン超え} \quad A=0.14\sqrt{[\text{冷凍能力 (トン)} \times 3.674]}$$

- 2) 開口面積が呼び冷凍能力に対して不足する場合は、機械換気装置の設置が必要です。（但し地下における開口面積は認められず、全て機械換気装置が必要です。）
- 3) 開口部の面積は、扉、窓の枠の内法寸法、あるいは開口部の有効面積とします。グリルあるいは打ち抜き加工板はその有効面積とします。
- 4) 冷媒の比重は空気より大きいため、漏洩した冷媒ガスは機械室床面に滞留するので、床面近くの低い位置で排気に有効な気流が生じ易い位置に通気口を設けることが重要です。
- 5) ターボ冷凍機に付属する安全弁やラプチャーディスクには機械室から屋外へ冷媒を排出するための配管を接続してください。

(4) 機械換気装置

- 1) 呼び冷凍能力に対応する十分な開口部が確保できない場合には、下記に示した換気風量 F (m³/min)以上の換気能力有する機械換気装置を設けなければなりません。

$$\text{呼び冷凍能力 80 トン以下} \quad F=0.4 \times \text{冷凍能力 (トン)}$$

$$\text{呼び冷凍能力 80 トン超え} \quad F=2 \times [\text{冷凍能力 (トン)}]^{0.65}$$

- 2) 原則として、外気押し込み方式の換気装置とし、外気が室の上部から押し込まれ、室内空気と漏えい冷媒ガスの混合気体が室の下部開口部から排気できる方式のものであって、強制的に所定量の換気能力を有する必要があります。
- 3) 排気ダクトの吸い込み口は漏洩した冷媒ガスの滞留する床面近くまで下げておくことが必要です。
- 4) 機械換気装置は外部から発停できる様にし、発停装置は機械室への出入り口付近で見やすく、容易に操作ができる場所に設置が必要です。
- (5) 機械換気装置が必要な場合は常時運転としてください。

- (6) 機械室内の冷媒ガスの検知のために、ガスリークデテクタ等を機械室入口に備えてください。
- (7) 換気量に関するその他の基準
建築設備設計基準に採用されている熱源設備の機械室換気量基準を下表に示します。

表 3-2 熱源機械室の換気要因、換気量

対象機械	換気要因		換気回数 (機械室容積当り)
	熱	酸欠	
圧縮式冷凍機	○	○	5 回/h 又は計算

3.3 設備側からもらうインターロック

ターボ冷凍機の圧縮機が起動する前には、必ず冷水ポンプ、冷却水ポンプや冷却塔の補機が運転されていることを確認する必要があります。万一これらが運転していない状態でターボ冷凍機が冷却を開始すると、伝熱管内の冷水の凍結や圧縮機の故障など大きなトラブルになります。従って、必ずこれら補機とのインターロックを設け、確認して運転する必要があります。

一般的には、ターボ冷凍機操作盤に、冷水ポンプ、冷却水ポンプのインターロック接点を接続します。

なお、ポンプインターロックの他、流量計や流量を直接検知する保護装置の接点などをインターロックとしています。

3.4 運転に必要なユーティリティー

(1) 補機・制御用電源

冷凍機内部補機（油ポンプ、オイルヒータ等）用及び制御用電源として三相 200 V の電源が必要です。電源容量は機種により異なりますが、5～15 kVA 程度になります。制御回路については単相 100 V 仕様のももあります。

(2) 計装用空気

制御・計装用として空気式を採用する場合には、計装用として空気源が必要となります。供給空気圧力は 0.4～0.6 MPa が一般的です。消費量についてはシステムにより異なりますので、メーカーに問合せください。

3.5 電気工事

(1) 計画

電気工事は関連する電気技術基準に従って計画します。配線ケーブルは、配線布設方式、配線引回し距離、負荷容量、許容電圧降下等に応じ適切なものを選定しなければなりません。

ターボ冷凍機の電源区分によるケーブルの許容電流事例として建築設備設計基準からの抜粋を下表に示します。

表 3-3 ケーブルの許容電流事例

導体 断面積 (mm ²)	ケーブルラック式				電線管配線			
	600V EM-CET		6000V EM-CET		600V EM-CET		6000V EM-CET	
	許容電流 A	電動機 相当 kW (約)	許容電流 A	電動機 相当 kW (約)	許容電流 A	電動機 相当 kW (約)	許容電流 A	電動機 相当 kW (約)
14	86	45	40	300	63	30	40	300
22	110	55	120	900	82	40	95	700
38	155	80	170	1300	110	55	130	1000
60	210	105			150	75		
100	290	150			215	110		
150	380	190			275	140		
200	465	235			340	170		
250	536	270			395	205		
325	635	320			475	245		

注) 接地線：電子回路制御部品が多く使用されるため、ノイズ対応として、冷凍機周りの接地線は、他の接地線と離隔し、専用接地線によることが望ましい。

(2) 耐電圧

ターボ冷凍機用電動機および電動機盤は、製作工場において耐電圧試験を実施済みです。やむを得ず現地でも実施する場合は、機内圧力を大気圧以上としてください。

試験に際しては、主回路から分岐配線されている低圧制御回路の分離のため、配線取り外しが必要です。状況により冷凍機メーカーや電動機盤メーカー等への確認が必要です。インバータ盤の場合はインバータを除外して試験する必要があります。

4 章 運転保守編

4.1 日常の保守点検

日常の点検を正しく行うことにより、冷凍機の所定の機能と性能を維持し、省エネルギーな運転を確保し、冷凍機を長く使用することができます。

一般的な保守管理の考え方には、「事後保全」と「予防保全」がありますが、予防保全上の見地から、メーカーあるいは専門サービス会社との保守契約を結ばれることが望まれます。

(1) 点検時期

- 1) 冷凍機の日常点検には、下記があります。
 - (a) 毎日の点検
 - (b) 毎年の点検（1シーズン使用后、使用前）
- 2) 長期停止中の点検も重要な要素となります。
- 3) 定期点検（オーバーホール）は、冷凍機の寿命上重要な要素です。
- 4) 冷媒漏洩点検

JRA-GL14に基づく冷媒の漏れ点検を行ってください。

(2) 点検項目

- 1) 電圧、電流（冷凍機、冷水・冷却水・温水ポンプ等の補機類）
- 2) 温度（外気、冷水出入口、冷却水出入口、温水出入口、冷媒温度、油温度 等）
- 3) 圧力（凝縮器圧、蒸発器圧、油圧、冷水出入口圧、冷却水出入口圧、温水出入口圧 等）
- 4) 運転音、異常振動の有無
- 5) 冷凍機のベーン開度
- 6) 起動回数、積算運転時間
- 7) 抽気回数、抽気装置のサイトグラスの水分量（低圧冷媒の場合）
- 8) ドライヤー状況（低圧冷媒の場合、モイスターインジケータの色相）
- 9) 尚、点検項目の詳細については、メーカーの取扱説明書に従ってください。これらの日常点検の記録は、冷凍機の状態変化の傾向把握や、冷凍機の定期点検時に参考となりますので、大切に保管することが重要です。

4.2 保守点検上の法的規制

メンテナンス時にはフロン回収破壊法、オゾン層保護法などにより、冷媒の大气放出が厳しく規制されていることを念頭におき、みだりに漏洩させない様、注意深く取り扱うことが必要です。

保守点検への高圧ガス保安法上の規制は、使用する冷媒により異なります。（P7 ※6 項目を参照下さい）

(1) 低圧冷媒使用機

高圧ガス保安法の規制はありません。

(2) 高圧冷媒使用機

- 1) 定期自主検査……1年に1回（高圧ガス保安協会検査）
安全装置やインターロックの作動確認などの検査を行い、検査記録を作成します。
検査項目としては、状況により下記等が対象となります。

- ・ 高圧圧力開閉器の作動確認 油圧開閉器の作動確認
- ・ 断水開閉器の作動確認 圧力計器・安全弁の校正記録確認
- ・ 冷凍機機械室、関連施設の環境状況確認、運転管理状況の確認

2) 保安検査……3年以内毎に1回（都道府県検査）

前記の定期自主点検と同様の検査項目について、都道府県の検査を受ける必要があります。

3) 年1回の圧力計・安全弁の校正

尚、詳細は冷凍機メーカー発行のメンテナンスインターバル一覧表、部品交換表などを参照し計画してください。

事業所として高圧ガス保安協会の会員になることで、高圧ガス保安協会の検査・指導を受けられます。

定期自主点検、保安検査とも第一種高圧ガス製造者に定められた義務です。

4.3 定期点検保守

(1) 定期分解点検の目的

機械内部の劣化現象を点検し、健全な形に復旧させる事を目的に定期分解整備を行うものです。

ターボ冷凍機の劣化現象と主な要因は、次表の様な項目が上げられます。

表 4-1 劣化現象と劣化要因

劣化現象		劣化主要因							
部位	主要因 劣化現象	冷媒劣化 汚れ	空気侵入 洩れ	発停 頻度 大	サー ジ運 転	浸水 故障 水質・ 保冷劣化 凍結・ 腐食	油汚れ	電動機 過負荷	据付 配線 環境 経年
全体	パッキン・ガスケット劣化				○				○
	保冷損傷					○			○
圧縮機	インペラ腐食・損傷	○	○	○	○				○
	歯車損傷			○	○	○	○	○	○
	軸異常			○	○	○	○	○	○
	軸受損傷			○	○	○	○	○	○
	ベーン制御機構損傷	○	○	○	○	○		○	○
電動機	絶縁劣化・コイル損傷	○		○	○	○		○	○
	短絡損傷	○				○			○
	コイル損傷	○						○	○
給油装置	オイルクーラ損傷	○	○	○		○	○		○
	油ポンプ損傷			○		○	○		○
	オイルストレーナ詰まり	○	○			○	○		○
	潤滑油劣化		○			○	○		○

蒸発器	チューブ損傷	○	○			○			○
	水室内面腐食		○			○			○
	管板腐食		○			○			○
凝縮器	チューブ損傷	○	○			○			○
	水室内面腐食		○			○			○
	管板腐食		○			○			○
配管系	冷媒フィルタ詰まり	○	○			○			○
	継手部損傷、緩み			○	○	○			○
電気計装	接点劣化			○					○
	配線劣化								○
その他	冷媒損耗		○			○			○
	騒音増加		○		○				○
	振動増加		○		○				○

(2) 熱交換器チューブの保守

- チューブの汚れは冷凍機の性能に大きく影響します。

凝縮器は毎年ブラシによる洗浄を行い、状況によっては化学薬品洗浄が必要です。

また、定期的に過流探傷試験に実施を推奨します。

(3) 定期分解整備の所要日数

定期分解整備作業時の主な作業と概略所要日数を次表に示します。圧縮機ユニットを冷凍機製作工場へ返送して実施することも有りますが、ここでは現場施工事例を示します。所要日数は、据付場所、作業環境等の条件により左右されます。

表 4-3 定期分解整備の工程事例

作業項目	日数			
	7	14	21	28
冷媒・潤滑油抽出	■			
分解作業段取	■			
圧縮機ユニット分解整備		■		
給油装置分解整備		■		
容量制御装置整備		■		
付属装置整備			■	
再組立			■	
気密試験				■
潤滑油・冷媒封入				■
試運転試験				■
保冷塗装補修・後片付け				■

備考 定期分解整備は各メーカーにお問い合わせをお願いします。

4.4 水質管理基準

水質の良否は、熱交換器の腐食・スケール障害に影響します。下記の表を参照し、定期的な水質検査を実施し、万一、水質が基準を外れている場合は、水処理メーカーと相談し、適切な処置を実施してください。

表 4-4 冷却水・冷水・補給水の水質基準値 (注5)

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

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

(注2) 欄内の○印は、腐食又はスケール生成傾向に関係する因子であることを示します。

(注3) 温度が高い場合 (40℃以上) には、一般に腐食が著しく、特に鉄鋼材料が何の保護皮膜もなしに

水と直接触れる場合は、防食薬剤の添加、脱気処理などの有効な防食対策を施すことが望まれます。

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

(注5) 供給・補給される原水は、水道水（上水）、工業用水及び地下水とし、純水、中水、軟化処理水などは除きます。

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

(出典：「冷凍空調機器用水質ガイドライン JRA-GL-02-1994」 日本冷凍空調工業会)

参考までに表 4-4 の各項目の腐食に対する影響を次表に示します。

表 4-5 腐食要因とその影響

No.	項目	腐食に対する影響
1	PH	PH 高はスケール生成傾向、PH 低は腐食傾向。
2	電気伝導率	腐食電流が流れやすく、腐食速度を促進。
3	塩化物イオン	水の腐食性に影響。
4	硫酸イオン	水の腐食性に影響。
5	酸消費量	スケール生成傾向。
6	全硬度	スケール生成傾向。
7	カルシウム硬度	スケール生成傾向。
8	イオン状シリカ	スケール生成傾向。
9	鉄分	赤水、鉄スケール生成傾向。
10	銅	亜鉛メッキ鋼管、鉄管、アルミ製品などの腐食促進因子。
11	硫化物イオン	激しい腐食傾向。
12	アンモニウムイオン	銅の腐食。
13	残留塩素	腐食速度を促進。
14	遊離炭素	鉄、銅、亜鉛等の腐食促進、コンクリート溶解。
15	安定度指数	水の腐食性、スケール生成傾向。

5章 関係法規

5.1 適用を受ける法規及びその内容

(1) 高圧ガスに関する法規

ターボ冷凍機は、使用する冷媒ガスの種類により、冷媒ガスが高圧ガスに相当する場合、下記の様な法規体系に区分されます。

表 5-1 ターボ冷凍機の高圧ガスに関する体系

法律	冷凍用途		適用規則		冷凍設備区分	技術基準 (機器製造)	関連規格
			機器製造	設置			
高圧ガス 保安法	専用冷凍		冷凍保安規則	冷凍保安規則	非ユニット型	冷凍保安規則 関係例示基準	KHK 自主基準
					ユニット型		
					指定設備		
附属 冷凍	間接式 冷却	冷凍保安規則	一般高圧ガス保安 規則	通常型	冷凍保安規則 関係例示基準		
	直接 冷却	一般高圧ガス保安 規則 特定設備検査規則	一般高圧ガス保安 規則	高圧ガス 製造装置	一般高圧ガス 保安規則関係 例示基準		

(2) 消防法

危険物設備（取扱い所、貯蔵所）と高圧ガス設備（高圧冷媒使用のターボ冷凍機等）の保安距離（20m）の規定があり、設置場所の状況に応じ、所割消防署への確認が必要です。

駆動機（ディーゼルエンジン、ガスエンジン）の種類によって、燃料設備、冷凍機設置場所等に対し消防法が適用される場合があります。

(3) フロン回収破壊法

（特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保に関する法律）

オゾン層の保護及び地球温暖化防止のため、機器に使用されているフロン類（CFC, HCFC, HFC）の大気への排出を抑制することが必要となります。このため、業務用エアコン・冷凍空調機器（第一種特定製品）およびカーエアコン（第二種特定製品）を対象に、機器が廃棄される際のフロンの回収等を義務付けた法律です。

ターボ冷凍機の廃棄の際は、都道府県の登録を受けた「第一種フロン類回収業者」に引渡さなければなりません。

5.2 指定設備

「指定設備」に関しては、高圧ガス保安法第56条の7、政令第15条第2号を受け、高圧ガス保安法施行令関係告示第139号第6条第2項で次の様に規定されています。

「政令第15条第2号の経済産業大臣が定めるものは、次の各号のいずれにも該当する設備とする。」すなわち、冷凍に係る指定設備は次の要件を満たすものとなります。

- (1) 当該設備は、定置式製造設備であること。
- (2) 当該設備の冷媒ガスがフルオロカーボン（不活性のものに限る。）であること。
- (3) 当該設備の冷媒ガスの充てん量が三千キログラム未満であること。

- (4) 冷凍保安規則第 5 条の規定により算出した当該設備の一日の冷凍能力が 50 トン以上であること。

また、高圧ガス保安法第 56 条の 7 第 2 項を受け、冷凍保安規則 57 条で「指定設備に係る技術上の基準」が定められており、その 5 号で次の様になっています。

「指定設備の冷媒設備は、事業所において試運転を行い、使用場所に分割されずに搬入されるものであること。」

これらのことから、冷媒にフルオロカーボン（可燃性のものを除く）を使用していれば最大能力に制限なく適用できるようになりますが、分割されずに搬入されるためには、輸送、搬入寸法の制限により、自ずと最大能力が決まってしまう。

6章 参考資料

表 6-1 用語の定義

出典	用語	定義
JIS B 8621-2011	定格	あらかじめ定めた製作基準で作動させたときの特性であって、標準定格と応用定格とがある。受渡図書、機器銘板などに表示するのに使用する。
	定格冷凍能力	冷凍機を定格で運転した時、蒸発器を通過する冷水から除去する熱量。
	排熱量	凝縮器を通過する冷却水へ排熱する熱量。単位は、kW で表す。
	定格ヒートポンプ加熱能力	冷凍機を定格のヒートポンプ加熱条件で運転したとき、凝縮器を通過する温水を加熱する熱量。単位は kW で表す。
	最小能力	容量制御機能によって制御できる最小の冷凍能力又はヒートポンプ加熱能力。単位は、kW 又は定格能力比%で表す。
	駆動装置 定格出力	圧縮機駆動装置の定格出力。単位は、kW で表す。
	冷水	蒸発器を通過し、冷凍機で冷却される水。
	温水	ヒートポンプ加熱運転時に凝縮器を通過して冷凍機で加熱される水。
	冷却水	凝縮器を通過する水。
	開放形	圧縮機又は増速機の可動部分がカップリング又は軸封装置を介して外部の電動機と接続されている構造。
	密閉形	圧縮機、電動機、増速機などが同一の冷媒雰囲気内で運転できるよう密閉した構造。
	抽気装置	不凝縮ガス、水蒸気などを冷凍機内から除去する装置であって、運転中の機内圧差が大気圧以下となる冷凍機へ附属する装置。
	汚れ係数	伝熱面の汚れ(水あか、スケール付着などによる)によって生じる熱抵抗。単位は、 $m^2 K/W$ で表す。
	定格水圧損失	定格流量の水が蒸発器又は凝縮器を通過するとき、入口と出口との間で生じる圧力差。単位はkPaで表す。
KHK S 0302-1 (2011)	呼び冷凍能力	冷凍保安規則に基いて算定された冷凍装置の呼び能力。 ターボ冷凍機(遠心式圧縮機を使用)は、原動機の定格出力 1.2 kW を 1 日の冷凍能力 1 トンとする。
	製造施設	冷媒ガスを圧縮し高圧ガスを製造するための施設。 冷凍機、電源設備、ポンプ設備、機械室等を含む、製造に関する装置全体。
	冷凍装置	冷凍のための圧縮機、凝縮器、蒸発器、冷媒ポンプ及び配管などにより冷凍サイクルを構成するシステムであって、圧縮機、冷媒ポンプ及びそれらを駆動する電動機、冷媒(二次冷媒を含む。)を直接的に制御する自動制御機器並びに冷媒を含む冷凍のための装置一式をいい、ヒートポンプ装置を含む。
	冷媒設備	冷凍装置のうち、冷媒ガス又は吸収溶液が通る部分で、冷媒ガスの圧力を受ける部分。なお、冷媒ガスの圧力を受ける潤滑油系統を含む。
	冷媒ガス	冷凍装置の冷媒設備内を循環する冷凍サイクルの作動流体。
	限界濃度	冷媒ガスが室内に漏れいしたとき、支障なく設備からの漏れい防止対策などの緊急処置がとれる限界の濃度。
	移動式冷凍装置	地盤面に対して移動する冷凍装置であって、次に掲げるもの又はこ

		<p>れと類似のもの。</p> <p>a) 車載冷凍装置 車両に固定され、当該車両の移動中又は駐車中に稼動するもの</p> <p>b) その他の移動式冷凍装置 1) 移動区間が限定された装置等に固定され、当該装置の移動中又は停止中に稼動するもの 2) 台車、そり等に固定されたスポットクーラ等の冷凍装置</p> <p>c) 移設式冷凍装置 稼動期間を限定して使用され、当該期間終了後には他の場所へ移設して使用されるもの</p>
	定置式冷凍装置	移動式冷凍装置以外のもの。
	機械室	圧縮機、凝縮器、受液器、油分離器など、もっぱら冷媒設備の高圧部を含む機械設備を設置するための区画であって他から独立した室をいい、当該区画に設置される冷凍施設に関わりのない第三者がみだりに立ち入ることがないように隔離した室。
	火気	<p>火気とはボイラー、燃焼装置又は電熱(高周波加熱を含む。)装置付きの加熱炉、油だき又はガスだき温風暖房機等の火気設備及びストーブ、こんろ、その他の発熱体の燃焼・発熱器具をいい、火気設備と燃焼・発熱器具に区分する。</p> <p>なお、次に掲げるものは、火気とみなさない。</p> <p>a) 内燃機関</p> <p>b) 通常の使用状態における表面温度が400℃未満の発熱体</p>
高圧ガス保安法 (冷凍関連)	冷媒設備の高圧部、低圧部	<p>高圧部とは、圧縮機又は発生器の作用による吐出し圧力及び凝縮圧力を受ける部分をいい、低圧部とは、その他の部分をいう。</p> <p>なお、この場合、次に掲げる部分は低圧部とする。</p> <p>a) 高圧部を内蔵した密閉圧縮機であって、低圧部の圧力を受ける部分</p> <p>b) 自動膨張弁。ただし、膨張弁の二次側に一次側圧力がかかるものは高圧部とする</p> <p>c) ブースターの吐出し圧力を受ける部分 1) 多元冷凍装置で圧縮機又は発生器の作用による吐出し圧力及び凝縮圧力を受ける部分であって、凝縮温度が通常の運転状態において-15℃以下の部分</p>
	製造許可設備	設置に際し都道府県知事の許可(完成検査)の対象となる高圧ガス製造設備(許可を受けた者は第1種製造者) 非ユニット型冷凍設備、ユニット型冷凍設備
	製造届出設備	設置に際し都道府県知事への届出対象となる高圧ガス製造設備(届出した者は第2種製造者) 指定設備、
	製造許可設備	設置に際し都道府県知事の許可(完成検査)の対象となる高圧ガス製造設備(許可を受けた者は第1種製造者) 通常型冷凍設備、ユニット型冷凍設備
	製造届出設備	設置に際し都道府県知事への届出対象となる高圧ガス製造設備(届出した者は第2種製造者) 指定設備、
	保安検査	3年以内に1回以上行う都道府県による検査。
	定期自主検査	1年に1回以上行う高圧ガス保安協会による検査。

	付属冷凍	一般高圧ガス保安規則の適用を受ける高圧ガス製造設備を冷却するための冷凍設備で、一般高圧ガス保安規則に従って機器製造、設置、検査、運用しなければならない。 但し、間接冷却(水、ブライン等を介在した冷却)に限り冷凍設備の製作は、冷凍保安規則によることができる。
--	------	---



一般社団法人
JRAIA 日本冷凍空調工業会
The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association
ターボ冷凍機技術専門委員会 編集