

ULVAC

冷凍機ユニット 取扱説明書

R シリーズ

RM10T / RM20T / RM50T / RM80T / RM120ET

RS シリーズ

RMS10T / RMS50T / RMS80T / RMS150T

輸出する際の注意事項

冷凍機ユニットが組み込まれた光検出器用の冷却器は、輸出貿易管理令別表 1 の 10 項の (2) のリスト規制品に該当します。

本製品を国外に持ち出す際は、外国為替および外国貿易法などの輸出関連法規を遵守のうえ、必要な手続きをお取り下さるようお願い申し上げます。

はじめに

この度は、弊社製品をお買い上げ頂き、誠にありがとうございます。本書は、弊社製品の取扱方法、操作手順、注意事項などを説明したものです。

正しく安全にお使い頂くために、弊社製品をご使用になる前に、本書をよくお読みください。また、いつでもご利用いただけるよう大切に保管してください。他の製品を合わせて購入されたお客様は、各々の取扱説明書も合わせてよくお読みいただき、正しい取扱方法をご理解願います。

1. 弊社製品を実際に取り扱われるお客様について

弊社製品を取り扱うには、ご使用になる国で公的に有効とされている一般的な安全教育を受講する必要があります。また、電気、機械、荷役、真空などに関する専門知識および技能、資格が必要です。特に、クライオポンプを正しく安全にお使い頂くためには、クライオポンプに関する正しい取扱方法を習得していることが必要です。初めてご使用されるお客様には、クライオポンプの使い方講習会（有料）を随時実施致しておりますので、こちらをご利用ください。講習会への参加を希望される方は、弊社サービス技術部までご連絡ください。

2. 保証について

2. 1 無償保証期間と保証範囲について

【無償保証期間】

貴社または貴社顧客殿に据付後1年未満、または弊社工場出荷後18ヶ月（出荷日より起算）以内のうちいずれか短い方と致します。

【保証範囲】

（1）故障診断

一次故障診断は、原則として貴社にて実施をお願い致します。

但し、貴社要請により弊社または弊社サービス網がこの業務を有償にて代行することができます。尚、故障原因が弊社側にあると認められた場合は、無償で対応致します。

（2）輸送による損傷

納入時に、輸送上の不具合による損傷が認められた場合には、売買契約に謳われる保証範囲内で製品を無償で修理いたします。

(3) 故障修理

故障や損傷の発生あるいは性能低下に際しての修理、代品交換、現地出張は、保証期間内であっても、次の①②③④⑤⑥⑦の場合は有償とさせていただきます。

- ① 貴社及び貴社顧客殿など貴社側における不適切な保管や取扱い、不注意過失および貴社側のソフトウェアまたはハードウェア設計内容などの事由による場合。
- ② 貴社側にて弊社の了解無く弊社製品に改造などの手を加えたことに起因する場合。
- ③ 弊社純正部品以外のものの使用、あるいは、弊社製品の仕様範囲外で使用したことに起因する場合。
- ④ 貴社及び貴社顧客殿での使用中の汚染、腐食による場合。
- ⑤ 火災、地震、水害、落雷、その他天災地変及び公害、塩害、ガス害、異常電圧、指定外の電源使用などに起因する場合。
- ⑥ その他弊社責任外と認められる場合。
- ⑦ 消耗品及びその交換。

上記サービスは原則として国内における対応とし、国外における故障診断などをご容赦願う場合がございます。海外でのアフターサービスをご希望の場合は、事前に弊社までご照会ください。

2. 2 機会損失などの保証責務の除外

無償保証期間内外を問わず、弊社製品の故障に起因する貴社あるいは貴社顧客など貴社側での機会損失ならびに弊社製品以外への損傷、その他業務に対する補償は弊社の保証外とさせていただきます。

2. 3 生産中止後の修理期間

生産を中止した機種（製品）の修理につきましては、生産を中止した年月より起算して7年間の範囲で実施いたします。

3. 故障連絡時に必要な項目

製品をお受け取りになりましたら、下記の枠内をご記入ください。故障時は弊社サービス技術部、または最寄りのCSセンター（サービスネットワーク参照）までご連絡ください。

クライオポンプ・スーパートラップ型式名	:	_____
クライオポンプ・スーパートラップS/N	:	_____
冷凍機 型式名	:	_____
冷凍機 S/N	:	_____
コンプレッサユニット型式名	:	_____
コンプレッサユニットS/N	:	_____
温調器・表示計 型式名	:	_____
温調器・表示計 S/N	:	_____
オプション型式名	:	_____
オプションS/N	:	_____

4. 修理・メンテナンス依頼時の注意事項

修理・メンテナンスのご依頼の際、有害物質の有無や汚染物質の情報をお知らせ頂けない場合は、修理等をお断りさせていただきます。また、弊社または最寄りのCSセンターへの輸送中に発生した汚染物質による事故につきましては、お客様の責となりますので梱包には充分ご注意ください。

5. 故障、事故発生時の現場保存のお願い

製品の故障や事故において、原因追及のための現場保存や製品の回収などが必要となることがあります。また、詳しい経過や使用条件の報告をお願いすることがあります。原因不明な不具合が起きた場合は、弊社サービス技術部、または最寄りのCSセンター（サービスネットワーク参照）にご連絡をお願い致します。上記のご協力をお願い致します。

6. 注意事項

- (1) 本書の一部、または全部をアルバック・クライオ株式会社の許可なく複製、複製または転載すること、第三者に開示したり譲渡したりすることを禁じます。
- (2) 本書の記述内容は、製品の仕様変更や、改良などのためお断りなしに変更する、あるいは改訂する場合があります。
- (3) 本書の記述内容は万全を期して作成していますが、ご意見・ご質問等がありましたら、弊社までご連絡ください。

安全のための警告マーク

弊社製品は、適切な方法で使用すれば安全に運転ができるように設計されています。本書では、弊社製品を正しく運転するための注意点を次のようなマークで表しています。



警告

本警告文を無視した場合、使用者が死亡または重傷を負う可能性があります。



注意

本注意文を無視した場合、使用者が傷害を負う可能性および物的損害の発生する可能性があります。



有毒ガスについての注意を示します。



腐食性ガスおよび液体についての注意を示します。



可燃性ガスについての注意を示します。



爆発性ガス、高圧ガスについての注意を示します。



感電についての注意を示します。



高温度についての注意を示します。

目次

正しく安全にお使い頂くために	S-1
冷凍機の廃棄方法について	IW-1
第1章 冷凍機ユニット概要	
1.1 概要	1-1
1.2 仕様	1-3
第2章 製品を受けとったら	
2.1 梱包仕様	2-1
2.2 冷凍機ユニットの点検	2-1
第3章 冷凍機ユニットの取付け	
3.1 冷凍機ユニットを取付けるために必要な付属機器	3-1
3.2 冷凍機ユニットの真空容器への取付け	3-2
3.3 粗引き配管の接続	3-3
3.4 冷凍機ユニットとコンプレッサユニットの接続 (フレキホースの接続)	3-3
3.5 電気ケーブルの接続	3-5
第4章 冷凍機ユニットの運転	
4.1 運転の前に	4-1
4.2 被冷却物 (ロード) の取付け	4-1
4.3 粗引き	4-1
4.4 運転開始と冷却降下	4-2
4.5 通常運転	4-2
4.6 運転停止	4-3
4.7 フレキホースの取り外し	4-4
4.8 冷凍機ユニットの保管	4-5
4.9 危険な物質の取扱い	4-5

第5章 メンテナンス

- 5.1 定期メンテナンスと不定期メンテナンス..... 5-1
- 5.2 ヘリウムガスの補充..... 5-3
- 5.3 冷凍機ユニットのヘリウムガス置換..... 5-5

付録

- A トラブルシューティング..... A-1
- B フレキホース..... B-1
- C 冷凍機システムの動作原理..... C-1
- D 冷凍能力曲線例..... D-1
- E 冷却降下特性例..... E-1
- F 外径寸法図..... F-1

図

図 1-1	基本的な冷凍機システム	1-2
3-1	冷凍機ユニットの保守空間	3-2
3-2	フレキホースの接続	3-4
4-1	フレキホースの取り外し	4-4
5-1	システムのヘリウムガス充てん	5-5
5-2	フレキホースの切り離し	5-6
5-3	置換治具の接続	5-7
5-4	冷凍機ユニットのヘリウムガス置換	5-8
5-5	冷凍機ユニットのヘリウムガス置換 (2)	5-9
5-6	フレキホースの接続	5-10
C-1	冷凍の原理	C-1
C-2	G-Mサイクルの動作原理	C-3
C-3	2段式冷凍機	C-3

表

表 1-1	冷凍機ユニットの標準仕様	1-3
5-1	推奨する保守間隔及び交換部品	5-2
A-1	故障診断表	A-2
A-2	運転データシート	A-3

This page intentionally left blank.

冷凍機ユニットを正しく安全にお使い頂くために

ここでは、特にお客様が冷凍機を取り扱う上で必要な安全に関する内容を記載しています。冷凍機を用いたクライオスタットや各種装置を設計される前に、また冷凍機をご使用になる前に本章を注意深く読み、よく理解したうえで冷凍機を正しく安全にお使いください。

1. クライオスタット等には必ず安全弁を取り付けてください。



クライオスタットなどの極低温機器は通常、冷却部の周囲を真空にして気体による伝熱を遮断します。この為、冷凍機の冷却部（シリンダ）を囲む真空槽をお客様でご用意いただく必要があります。

冷凍機の運転中に真空槽へ気体を導入すると冷凍機の低温部に気体が凝縮し蓄積されます。低温部に凝縮した気体は冷凍機の運転を停止した時に、冷凍機の温度上昇に伴い最終的に室温の気体に戻るため、真空槽内の圧力が上昇します。凝縮した気体の量によっては真空槽内が正圧（大気圧以上の圧力）になるかも知れません。真空槽内が正圧になると、真空槽に取り付けた真空計や観測用のガラス窓が破裂・飛散する可能性があります。危険です。

万一、真空槽内が正圧になった時でも速やかに圧力を開放できるよう、真空槽に適切な安全弁を取り付けてください（図1）。

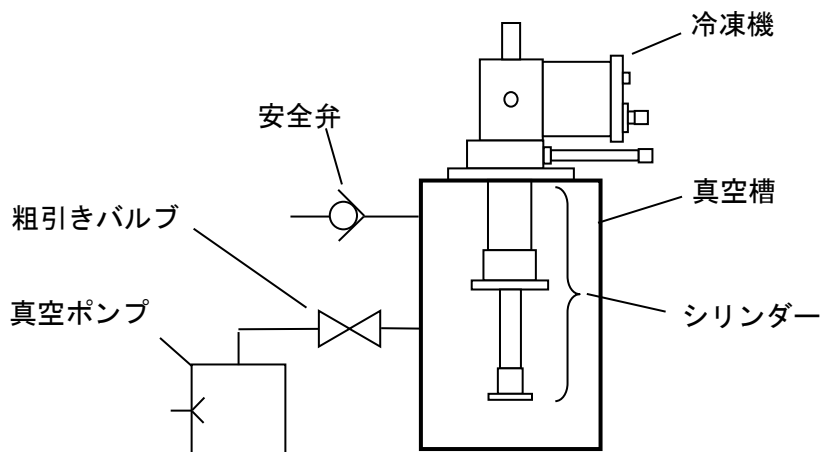


図1 真空槽への安全弁の設置

可燃性ガス・爆発性ガス・支燃性ガス・有毒ガス・腐食性ガスを排気する場合は、冷凍機の運転停止時に安全弁から室内にガスが漏れないよう、安全弁の排出側に専用ダクトを接続してください（「5.可燃性ガス、爆発性ガス、支燃性ガス等を排気した後の停止・昇温方法について」参照）。

2. プロセス中に二次的に生成されるガスにも着目し、その安全性を確認してください。



真空中のプロセスで二次的に生成されるガスの中には、支燃性ガスや可燃性ガス、あるいは爆発性ガス、有毒性ガスが含まれることがあります。

例えば、真空室内に外気や基板等で持ち込まれた水分はプラズマ中で水素や酸素に解離します。蒸発材やスパッタ材料などからも、それらのガスが多量に放出される場合があります。また、酸素（ O_2 ）や二酸化炭素（ CO_2 ）がプラズマ中で解離して O_3 （オゾン）が発生する場合があります。**酸素は支燃性ガスで、水素は可燃性、爆発性ガスです。**大気圧下において水素、酸素がそれぞれ4%以上、且つ5%以上あると、何らかの発火が原因（「3. 可燃性ガス、爆発性ガスを排気するとき」参照）で直ちに爆発します。一方、オゾンは気体として有毒であるばかりか、液体では非常に不安定で、高濃度になると有機物との反応や衝撃等で爆発する恐れがあることが知られています。

したがって、冷凍機で排気するガスの安全性については、プロセスガスとして真空室内に導入するガス種だけでなく、プロセス中に二次的に生成されるガスについても着目し、その使用方法の安全性を確保してください。

可燃性ガスや爆発性ガス等の取り扱いについては、次の「3. 可燃性ガス、爆発性ガスを排気するとき」、「4. 冷凍機で酸素を排気するとき」を参照の上、必要に応じた適切な安全措置、予防保全を必ず実施願います。

有毒性ガスの取り扱いについては、可燃性ガス、爆発性ガス等の取り扱いで求められる安全措置（不活性ガスによる真空槽へのパージや排気ダクトの希釈）だけでなく、ガス固有の安全策を追加しなければならない場合があります。冷凍機をご使用になる装置のハード及びプロセスに応じて、お客様ご自身で適切な安全策を講じ、冷凍機を安全に運用・管理してください。

表1 主要ガスの特性、燃焼範囲と爆ごう範囲 (空気との容量%)

ガス名		分子量	比重 0°C, 1atm 空気= 1	沸点 K	燃焼範囲 Vol. %	爆ごう範囲 Vol. %
水素	H ₂	2.016	0.070	20.3	4.0~75.0	18.3~ 59
一酸化炭素	CO	28.01	0.970	81.7	12.5~74.0	
硫化水素	H ₂ S	34.08	1.190	213.6	4.3~45.0	
シラン*	SiH ₄	32.14	1.107	161.2	0.8~98	
アルシン*	AsH ₃	77.94	2.692	210.7	0.8~98	
ホスフィン*	PH ₃	34.00	1.146	185.5	1.3~98	
ジボラン*	B ₂ H ₆	27.67	0.955	180.7	0.8~98	
アンモニア	NH ₃	17.03	0.590	239.8	15~28	
メタン	CH ₄	16.04	0.555	111.6	5.3~14	
エタン	C ₂ H ₆	30.07	1.040	184.6	3.0~12.5	
プロパン	C ₃ H ₈	44.10	1.550	231.1	2.2~9.5	
エチレン	C ₂ H ₄	28.05	0.978	169.5	3.1~32	
アセチレン	C ₂ H ₂	26.04	0.907	198.2	2.5~100	4.2~ 50

出典 (*印以外) 高圧ガス保安協会編 高圧ガス工業技術 (昭和 52 年) 共立出版
 (*印) 半導体ガス安全化総覧第 1 版 (1984 年) (株)サイエンスフォーラム

表2 酸素と可燃性ガス混合物の燃焼範囲および爆ごう範囲

ガス名	燃焼範囲 (Vol. %)	爆ごう範囲 (Vol. %)
水素	4 ~ 94	15 ~ 90
アセチレン	2.3 ~ 94.5	3.5 ~ 93
メタン	5.1 ~ 61	-
プロパン	2.3 ~ 55	3.7 ~ 37
一酸化炭素	15.5 ~ 94	38 ~ 90
アンモニア	15 ~ 79	25.4 ~ 75

出典 高圧ガス保安協会編 高圧ガス工業技術 (昭和 52 年) 共立出版

3. 可燃性ガス・爆発性ガスを排気するとき



可燃・爆発性ガスを排気する場合は、冷凍機の停止時にそれらのガスを真空槽から安全に排出しなければなりません。以下に挙げる安全措置を必ず講じてください。

- (1) ダクトに排出されるそれら危険ガスの濃度が許容値以下になるよう、プロセス条件、停止・昇温する周期と方法を管理する。
- (2) 真空槽内及び配管・ダクトから、一切の引火・発火因子を排除する。
- (3) 異常発生時も前記(1)、(2)項が確実に実行されるよう安全措置を講じる。

前記(2)項に記した真空槽での引火・発火因子には次のようなものが考えられます。

- ・真空計のフィラメントの点灯による点火
- ・素線が剥き出た加熱ヒータ類による引火
- ・静電気による引火
- ・液体オゾン等、強酸化性、自己反応性の物質による発火

ここで、静電気は、粗引き配管や排気ダクトが塩化ビニールなどのプラスチックで作られている場合に特に発生しやすくなります。

一方、オゾンは、酸素あるいはCO_x系ガスを使用するプラズマを利用したプロセスで生成されることがあります。真空槽内に排気され凝縮したオゾンは再生昇温過程で液化しますが、この液体オゾンは非常に不安定で、衝撃による爆発や有機物との反応による発火等が起きると言われています。

したがって、可燃性あるいは爆発性ガスを排気する場合は、「5. 可燃性ガス、爆発性ガス、支燃性ガス等を排気した後の停止・昇温方法について」を参照の上、適切な安全措置を必ず講じてください。

4. 酸素を排気するとき



酸素と可燃性ガスとの混合は危険です

酸素は支燃性のガスです。冷凍機で酸素と可燃性ガスを混合排気する場合は充分安全性を確認した上でお使いください。特に、水素との混合ガスは燃焼・爆ごう範囲が広く非常に危険です。すなわち、大気圧下では水素が4%以上で、且つ、酸素が5%以上あると、何らかの発火が原因(「3. 可燃性ガス、爆発性ガスを排気するとき」参照)で直ちに爆発します。

したがって、酸素を排気する場合は、「5. 可燃性ガス、爆発性ガス、支燃性ガス等を排気した後の停止・昇温方法について」を参照の上、適切な安全措置を必ず講じてください。

酸素はオゾンを生成することがあります

プラズマ生成プロセス(スパッタリング、エッチング、グロー放電、EB蒸着等プラズマを利用するプロセス)では、酸素からオゾンが知らず知らずに生成される場合があります。冷凍機の低温部に排気され凝縮したオゾンは、冷凍機の停止・昇温の過程で液化して、高濃度になると有機物との反応や衝撃等で爆発する恐れがあります。実際に多量のオゾンが発生し排気されると、昇温時に次のような事象が現れます。

- ① 冷凍機を停止し、昇温を開始したあと数分で、放電するようなパチパチ、ポンポンという音がする。
- ② 真空槽から排気されるガスにアーク溶接の時のような刺激臭がある。

多量のオゾンは、激しい爆発の原因になり非常に危険です。冷凍機でオゾンを多量に排気する場合、冷凍機の運用法として、次の点に配慮し安全を確保してください。

1. 停止・昇温の頻度を増やし、排気されるオゾン量を最小限におさえてください。停止・昇温の頻度は、酸素流量やプロセスにより異なります。
2. プロセスに影響がない限り、酸素の導入量を最小限に減らしてください。
3. プロセスの変更にあたってはオゾンの発生量を増加させる場合がありますので、変更時は安全を再度確認してください。

更に、プロセスガスに酸素をお使いになるときは、「5.可燃性ガス、爆発性ガス、支燃性ガス等を排気した後の停止・昇温方法について」を参照の上、適切な安全措置を必ず講じてください。

5. 可燃性ガス、爆発性ガス、支燃性ガス等を排気した後の停止・昇温方法について



冷凍機で可燃性ガス、爆発性ガス、あるいは支燃性ガス等を排気した場合は、一旦凝縮して溜め込まれたそれらのガスを安全に気化させ排出処理しなければなりません。冷凍機を安全にご使用頂くために、停止・昇温方法に関する安全上の対策を以下に述べます。安全を確保するために、ハード及びソフトの両面から適切な安全措置を実施ください。尚、前述の危険なガスは、プラズマ反応などにより真空槽内で生成される場合がありますので、この点も注意してください。

1. 通常の停止・昇温における安全対策

可燃性ガス、爆発性ガス、あるいは支燃性ガス等を排気した場合の停止・昇温において、お客様でご用意・実施して戴く安全対策は次の通りです。図2を参照の上、必要な措置を講じてください。尚、使用されるガス種やプロセス条件、あるいは使用

環境条件などによっては、下記事項に加えて、新たに別の安全措置を追加しなければならない場合もあります。実際の諸条件に照らして、必要かつ十分な安全措置を講じるようお願い致します。

- ①真空槽内に排気された可燃性ガス、爆発性ガスが、冷凍機の停止・昇温時に気化しても燃焼あるいは爆発しない濃度以下に抑えられるように、不活性ガスによる真空槽へのパージ及び排気ダクトの希釈が必要です。不活性ガスは、露点温度 -40°C 以下の窒素ガス、またはアルゴンを使用してください。（本取扱説明書内で「不活性ガス」または「乾燥窒素、アルゴン」と記載されている場合、どちらも「露点温度 -40°C 以下の窒素ガス、またはアルゴン」を意味します。）ご使用前にパージ流量や希釈流量、そして、停止・昇温の周期（可燃性ガスの排気容量）等を取り決め、それら必要な安全措置を必ず講じてください。

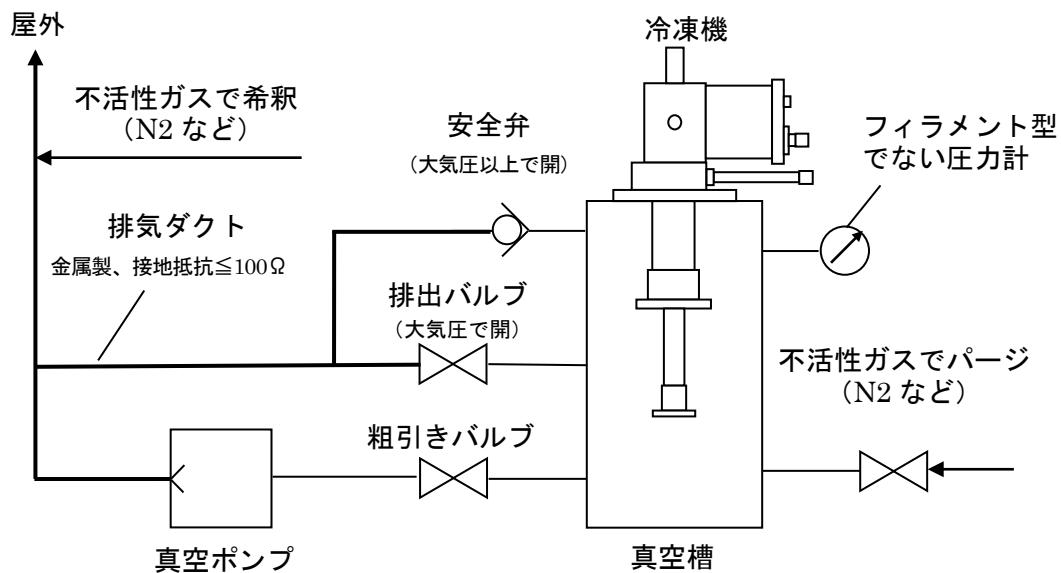


図2. 酸素／可燃性ガスの希釈方法

- ②発火・引火因子を排除あるいは消去してください。冷凍機の停止・昇温中、発火・引火する原因となるもの（「3. 可燃性ガス、爆発性ガスを排気するとき」参照）がないようにシステムを管理してください。
- ③静電気防止のため、粗引き配管、排気ダクト等はすべて金属製の配管で必ず施工してください。また、それらの配管、ダクトは必ず接地して接地抵抗を 100Ω 以下としてください。
- ④水素ガスなど希釈用ガスより軽いガスを排出する場合は、ダクト内にガス溜りができないよう、配管の引き回しに留意して施工ください。
- ⑤真空槽から排出されるガスが大気に放出される前に燃焼範囲以下の濃度になるよう

排気ダクトに不活性ガスを導入して希釈してください。

- ⑥排気ダクトへの希釈は冷凍機の停止・昇温の開始と同時に行ってください。
- ⑦真空槽の安全弁は排気ダクトに接続し、安全弁が働いた場合でも不活性ガスで希釈されるようにしてください。
- ⑧停電後、真空槽内をいきなり真空引きしないでください。停電時に真空槽内で気化したガスを安全に排出するために、真空引きする前に、真空槽及び排気ダクトを必ず不活性ガスで希釈してください。
- ⑨粗引きポンプとして油回転ポンプをご使用の場合は、潤滑油を酸素と反応しにくい無機物のフロン油と交換して使用するか、又はドライポンプを使用されるようお願いいたします。

2. 異常発生時の安全対策

停電、断水、圧空停止などの異常発生により冷凍機が停止した場合、冷凍機が昇温するにつれて、排気したガスが気化し真空槽内に充満します。高濃度の可燃性ガス・爆発性ガスあるいは支燃性ガスが充満した状態は、引火・発火因子（「3. 可燃性ガス・爆発性ガスを排気するとき」参照）によって、直ちに爆発や高温燃焼が生じる可能性があります。このような危険を回避するために、無停電電源を設置し、前述の1項に記した不活性ガスによる真空槽のパージと排気ダクトの希釈が異常発生時においても確実に行われるようにしてください。

無停電電源の設置

停電等により冷凍機が停止し、例えば真空槽内が高濃度の O_2 や H_2 で満たされ、更に O_3 等の着火源があると、水素爆発や高温燃焼が生じる可能性があります。このような危険を回避するために、停電時の対策として、無停電電源が必要です。

6. 有毒性ガス・腐食性ガスを排気するとき



有毒・腐食性ガスを排気する場合は、ダクトから屋外へ排出する前に、適切な無毒化・不活性化処理を行ってください。安全管理責任者に適切な指示を仰いでください。

7. 冷凍機ユニットの腐食によるシリンダの破裂



冷凍機ユニットのシリンダの材質はおもにステンレススチールおよび銅で構成されています。これらの材質を腐食するガス（プラズマ反応、スパッタなどにより真空槽内部で

腐食性ガスが生成される場合もあります)を排気する場合は、特に注意してください。
 冷凍機ユニットとしての機能上、ステンレスチールは特に薄肉構造となっています。
 運転中の冷凍機ユニット内のヘリウムガス圧力は約2～2.5 MPa (gage)であり、腐食が進行するとその弱い部分が破裂する可能性があります。
 ☆腐食性ガスの排気をする場合は定期的な検査をお薦めします。
 ☆弊社では大気圧下でシリンダ内に使用圧力の1.5倍のガス圧力をかけて圧力試験を行っています。

8. 冷凍機を分解・組立する際の注意



冷凍機には高圧且つ高純度のヘリウムガスが充てんされています。冷凍機を分解する際は、まず、アルバック・クライオ(株)のサービス技術部、または最寄りのアルバック・テクノ(株)CSセンターに連絡してください。

お客様の方でメンテナンス、分解を行うときには下記のことにご注意してください。

1. 冷凍機のヘリウムリターン、ヘリウムサプライ両方のセルフシールカップリングより、置換治具を使用してヘリウムガスを完全に抜いてください。
2. ガス圧が0 MPa (gage)になったことを確認してからボルトをゆるめてください。
 ヘリウムガスを抜かないで冷凍機の取付けボルト、プラグ(図1の矢印部)をゆるめることはしないでください。
 ヘリウムガスを完全に抜いてからゆるめないと圧力によりボルトが破損して事故につながります。

お客様の方で組立を行う場合は下記のご注意をお願いします。

1. 各部のボルトはゆるみがないように対角に締めてください。
2. シリンダボルト(M5×6本又はM6×6本)は最も圧力による荷重がかかるころなのでトルク6.9 N・m (70 kgf・cm)、RM80T・RMS80T・RMS150Tの場合は、トルク11.6 N・m (118 kgf・cm)でトルク管理をしてください。
3. 冷凍機にガス充てんする時は異常が無いことを確認しながらゆっくり行ってください。
4. 冷凍機内部を冷凍機ユニットのヘリウムガス置換(取扱説明書に記載)に沿ってヘリウムガス置換を行ってください。

ボルトにゆるみがあったり、規定トルクで締め付けられていない場合はボルトが破損して事故につながります。

RM型冷凍機

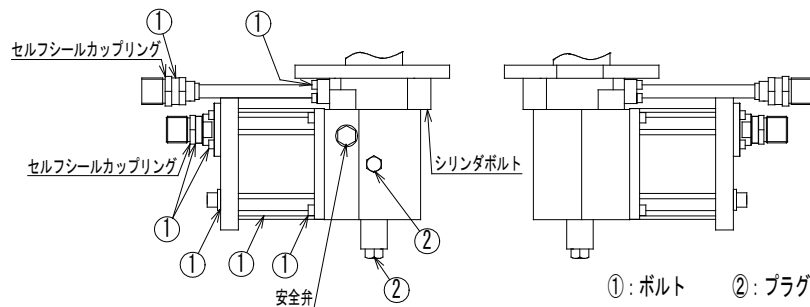


図3 冷凍機の取付けボルトの位置

9. ヘリウムガスを詰めすぎないでください



弊社の冷凍機システムは、高圧のヘリウムガスを循環し冷凍サイクルを行っています。

ヘリウムガスを規定値以上に充てんしても冷凍能力が格段に上がるものではありません。逆に、ヘリウムガスの圧力を規定値以上に上げると、冷凍機ユニットやコンプレッサユニットの安全弁よりヘリウムガスが吹き出し、ゴミが安全弁シート部にはさまるなどリークの原因となります。また、コンプレッサユニットによっては高圧スイッチが働き、クライオポンプシステムの運転ができなくなります。

規定値を超えるヘリウムガスの充てんは絶対にしないでください。

10. 冷凍機システムの電源



冷凍機システムは、コンプレッサユニット取扱説明書をご覧になり、規定の入力電源で使用してください。

①アースを忘れずにとってください。

アース（D種接地：接地抵抗 100Ω以下）

②コンプレッサユニットの供給電源には必ず漏電遮断器を設置してください。

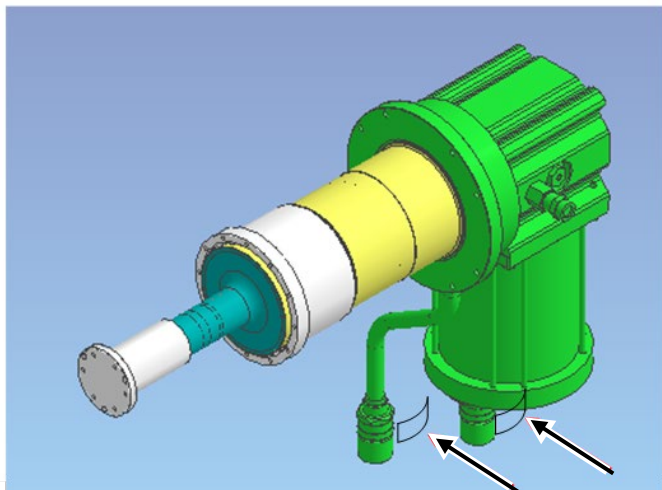
③漏電遮断機の二次側は冷凍機システム以外の機器の配線と併設しないでください。

11. セルフシールカップリングが緩んだ場合は 直ちにご連絡ください

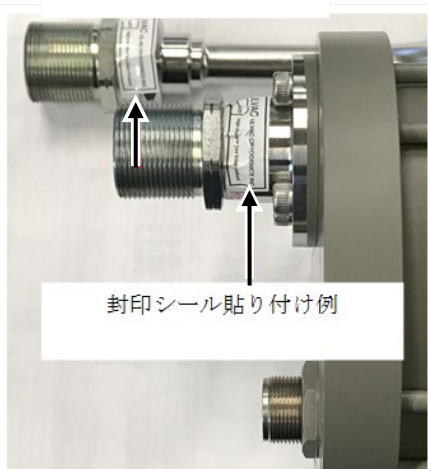


セルフシールカップリングの脱着作業時に、アダプタの接続部を緩めてしまう、又は、共回りで緩んでしまうことがあります。その場合、ヘリウムリークや大気混入により冷凍機に不具合が発生し、異音や冷凍機モータの故障など重大な故障につながる可能性があります。弊社では、出荷時に接続部が適切に締められていることを確認し、封印シールを貼付しています。対象は冷凍機、コンプレッサ、フレキホース、分岐管、ストレートパイプユニットです。

セルフシールカップリングを緩めたり取り外したりしたときは、当社までご連絡ください。封印シールが剥がれた状態で不具合が発生した場合は、保証対象外とさせていただきます。







封印シール



封印シール貼り付け例

廃棄方法について

産業廃棄物処理に関する法規・条例等は、廃棄する国や地域で定められています。
弊社製品を廃棄する際は、該当する法規・条例等に従って処理してください。

				警告
<p>クライオポンプや冷凍機が有毒な物質で汚染されている場合、廃棄する前に安全管理者へ 連絡してください。安全管理者の指示のもと、有毒物質を除去した後に廃棄してください。</p>				

弊社の製品に関する安全データシート(SDS)については、ご要望に応じて提供しておりますのでご用命ください。

This page intentionally left blank.

1. 冷凍機ユニット概要

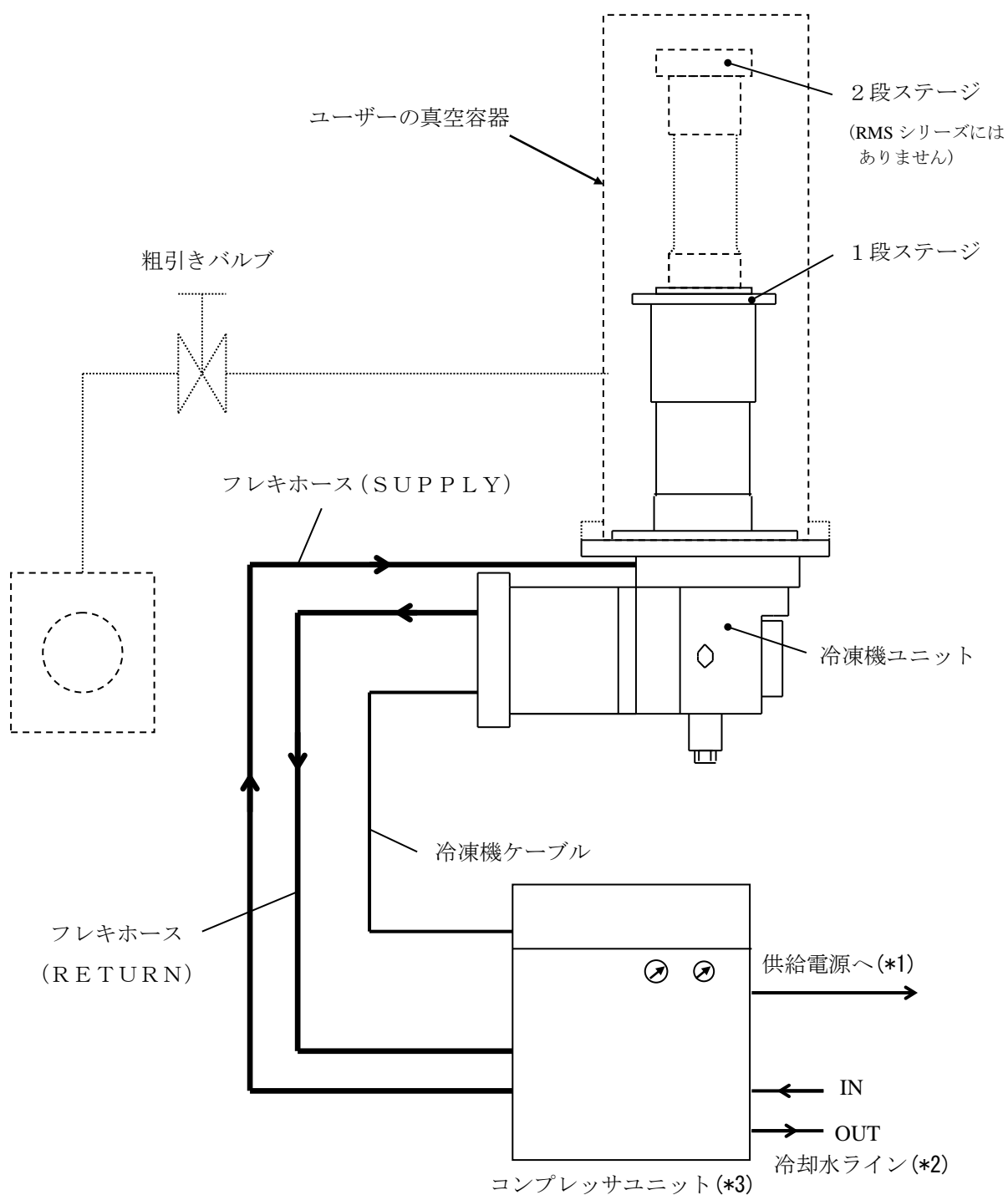
1.1 概要	1-1
1.2 仕様	1-3

1.1 概要

RMおよびRMSシリーズの冷凍機ユニットを使用した冷凍機システムは、極低温領域での冷却を長時間、連続的に安定して行うことができます。冷凍機システム（図1-1参照）は、冷凍機ユニット、コンプレッサユニット、フレキホースおよび各ケーブル類などで構成されます。

冷凍機システムは、ヘリウムガスを冷媒として使用しており、極低温を必要とする多くの装置で使用できるように設計されています。このシステムを極低温の冷却源として使用すれば、液体窒素を使用した装置では実現できないような装置設計上の制限が大幅に改善されます。特に、寒剤を使用していないため運転操作が非常に簡単になり、運転終了後の昇温も比較的早くなります。さらに、冷凍機ユニットはどの方向でも取付可能であるため、装置設計上の自由度が広がります。

冷凍機システムの応用例としては、高温超伝導や半導体、光学測定用の冷却用クライオ・スタットとして、また、ターボ分子や油拡散ポンプのトラップ、真空技術での応用などその応用範囲はますます広がっています。



(*1) 供給電源の仕様は、コンプレッサユニットの取扱説明書をお読みください。

(*2) 冷却水条件は、コンプレッサユニットの取扱説明書をお読みください。

空冷式のコンプレッサユニットに冷却水ラインはありません。

(*3) 冷凍機3相モータ仕様は、コンプレッサの3相モータ仕様と組合わせて
運転してください。

図 1-1 基本的な冷凍機システム

1.2 仕様

◆機種

RM シリーズ(2 段式冷凍機ユニット): RM10T/RM20T/RM50T/RM80T/RM120ET

RMS シリーズ(1 段式冷凍機ユニット): RMS10T/RMS50T/RMS80T/RMS150T

◆性能 (詳細は付録DおよびEをご覧ください。)

末尾の「T」は3相モータ仕様を表します。3相モータ仕様のコンプレッサと組合わせて運転してください。

表 1-1 冷凍機ユニットの標準仕様

RM シリーズ			RM10T	RM20T	RM50T	RM80T	RM120ET (*4)
冷凍能力(*1)	50Hz	1 段	10W/77K	30W/77K	55W/77K	80W/77K	110W/77K
		2 段	3W/20K	10W/20K	5W/20K	8W/20K	12W/20K
	60Hz	1 段	13W/77K	35W/77K	65W/77K	100W/77K	125W/77K
		2 段	3.5W/20K	12W/20K	7W/20K	8W/20K	14W/20K
1 段, 2 段同時に熱負荷をかけた時の温度			20K 以下/77K 以下				
到達温度 (2 段温度) (*2)			10 K (RM120ET) 12 K (RM10T, RM20T, RM50T, RM80T)				
20K までの冷却時間	50Hz		45 分	35 分	45 分	40 分	35 分
	60Hz		40 分	30 分	40 分	35 分	30 分
2 段階の温度安定性(*3)			±1.0 K				
RMS シリーズ			RMS10T	RMS50T	RMS80T	RMS150T	
冷凍能力(*1)	50Hz		29W/77K	67W/77K	120W/77K	150W/77K	
	60Hz		35W/77K	85W/77K	130W/77K	165W/77K	
到達温度(*2)			30 K		35 K	40 K	
77K までの冷却時間 (*2)	50Hz		35 分	25 分	20 分	15 分	
	60Hz		30 分	20 分	18 分	13 分	

(*1) 冷凍能力は次の場合の数値です。

冷凍機ユニットとコンプレッサユニットが1対1の組合せ。周囲温度24℃、無負荷時。

(*2) 到達温度、冷却時間は次の場合の数値です。

冷凍機ユニットとコンプレッサユニットが1対1の組合せ。無負荷時。

(*3) 温度安定性は負荷が一定の時の数値です。

(*4) RM120ET のフレキホースの標準仕様は20Aです。(詳細は付録Bをご覧ください)

表 1-1 冷凍機ユニットの標準仕様（続き）

冷凍サイクル	G-Mサイクル
運転時の周囲温度	5～38℃
ヘリウムガス継手 (SUPPLY・RETURN)	1/2Bセルフシールカップリング
取付方向	任意
外形寸法図	付録Fをご覧ください。

◆重量

RM10T	RM20T・ RM50T	RM80T・ RM120ET	RMS10T	RMS50T	RMS80T	RMS150T
11 kg	12kg	16 kg	10 kg	11 kg	15 kg	20 kg

◆コンプレッサユニットとの組み合わせ

冷凍機モータタイプ3相仕様

冷凍機 コンプレッサ ユニット(3相用)	RM10T	RM20T	RM50T	RM80T	RM120ET	RMS10T	RMS50T	RMS80T	RMS150T
C10T	1	—	—	—	—	1	—	—	—
C30VRT	1	1	1	—	—	1	1	—	—
C30MVRT	3	2	1	—	—	3	2	—	—
C30PVRT	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(*1) 1台のコンプレッサユニットが運転できる冷凍機ユニットの台数を示します。

(*2) 標準仕様の冷凍能力を確保する場合は付録Dの組み合わせをご確認ください。

2. 製品を受けとったら

2.1 梱包仕様	2-1
2.2 冷凍機ユニットの点検	2-1

2.1 梱包仕様

製品を受け取りましたら梱包を解き、中身を確認してください。

◇冷凍機ユニットをシステムでご購入された場合、通常、冷凍機ユニット、コンプレッサユニット、アクセサリ類の3梱包がお手元に届きます。

梱包の中身	数量	梱包の個数
冷凍機ユニット	1	1
コンプレッサユニット	1	1
アクセサリ類 (*1)	1式	1

(*1)アクセサリ類の梱包の中身は、コンプレッサユニットにより異なります。

コンプレッサユニットの取扱説明書を参照して、中身を確認してください。

◇冷凍機ユニットのみをご購入された場合、1梱包がお手元に届きます。

梱包の中身	数量	梱包の個数
冷凍機ユニット	1	1
冷凍機ユニット取扱説明書	1	

2.2 冷凍機ユニットの点検

冷凍機ユニットを箱から出し、外部に傷やへこみ、コネクタの変形やシリンダに打痕がないことを確認してください。

This page intentionally left blank.

3. 冷凍機ユニットの取付け

3.1. 冷凍機ユニットを取付けるために必要な付属機器.....	3-1
3.2. 冷凍機ユニットの真空容器への取付け.....	3-2
3.3. 粗引き配管の接続.....	3-3
3.4. 冷凍機ユニットとコンプレッサユニットの接続 (フレキホースの接続)	3-3
3.5. 電気ケーブルの接続.....	3-5

3.1. 冷凍機ユニットを取付けるために必要な付属機器

冷凍機ユニットを極低温領域で使用する場合、気体の熱伝導や凝縮による入熱を避けるため、冷凍機ユニットを真空容器に取付ける必要があります。(冷凍機ユニットを30K以下の温度領域で使用するためには0.1Pa以下の真空が必要です。)

冷凍機ユニットを運転するためには次のような機器が必要です。

◇真空容器 : ステンレス製(または鉄製でニッケルメッキ)で内面が鏡面に研磨されているリークのない真空容器を推奨します。

真空容器には内圧が大気圧を越えた場合に作動する安全弁をつけることを推奨します。

◇粗引きポンプ : 真空容器内を真空中に排気するために粗引きポンプが必要です。

粗引きポンプは小型でかまいません。しかし、80K以下に冷却する場合は真空容器内を1.3Pa以下まで排気できるものがが必要です。

◇粗引きバルブ : 粗引きポンプと真空容器の間を遮断するのに使用します。

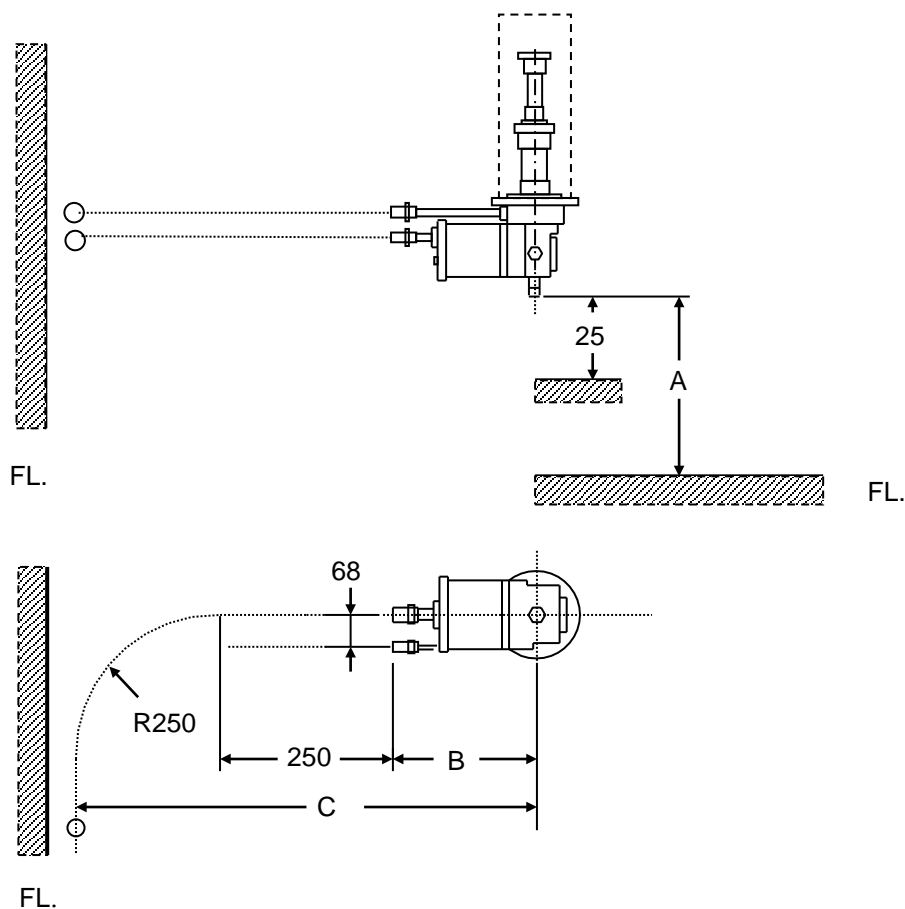
◇真空計(低真空用) : 大気圧から1~0.1Paまでの真空容器内の圧力測定に使用します。

◇真空計(高真空用) : 0.1Pa以下の圧力の測定に使用します。

電離真空計を推奨します。

3.2. 冷凍機ユニットの真空容器への取付け

- ◇冷凍機ユニットはどの方向でも取付可能です。ただし、使用途中に取付け方向を変更すると冷凍機ユニットの能力が低下することがあります。変更するときは弊社までご連絡ください。
- ◇冷凍機ユニットはメンテナンスを考慮し取付けてください。図3-1の(A)寸法を推奨します。



(単位：mm)

	RM10T	RM20T	RM50T	RM80T	RM120ET	RMS10T	RMS50T	RMS80T	RMS150T
A	360	360	360	360	360	210	210	210	250
B	224	272	272	282	282	224	272	282	317
C	724	772	772	782	782	724	772	782	817

図 3-1 冷凍機ユニットの保守空間

3.3. 粗引き配管の接続

粗引き配管を真空容器に接続してください。大きな径の配管を使うと早く粗引きすることができます。粗引きポンプは、油回転ポンプまたはドライポンプを使用してください。粗引きポンプに油回転ポンプを使用する場合で、油回転ポンプを40Pa以下に粗引きするときはフォアライントラップの使用を推奨します。フォアライントラップは時々再生を行ってください。

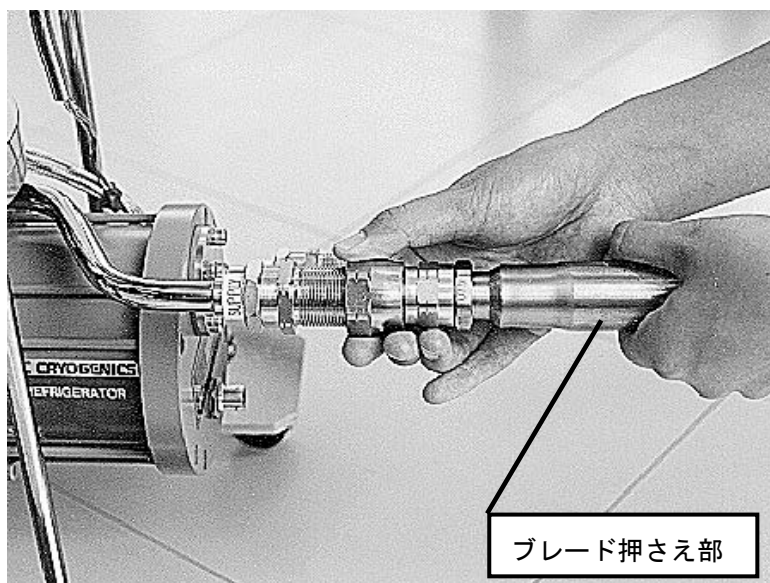
3.4. 冷凍機ユニットとコンプレッサユニットの接続（フレキホースの接続）



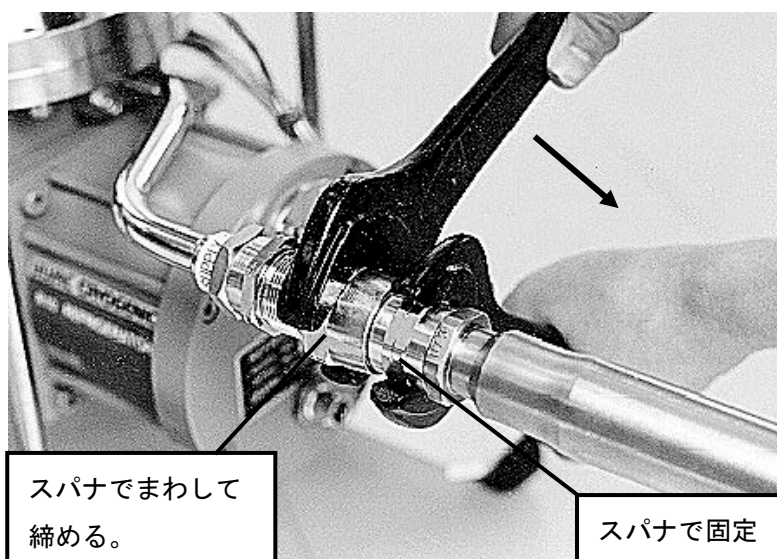
注意

- ・ フレキホースは、取扱い上の注意（付録B）を必ずお読みください。
- ・ フレキホースの接続は、必ず2本の片口スパナ（2面幅26, 30各1丁）を使用してください。
- ・ フレキホース接続時、ホースに無理なねじれ、曲がり加わると破損やヘリウムガスのもれの原因となります。
- ・ フレキホースの着脱を頻繁に行うとリークの原因となります。必要以上に行わないでください。リークの発生状況によっては新品との交換が必要になる場合があります。

1. 冷凍機、コンプレッサユニット、フレキホースの接続部のダストキャップ、プラグを外してください。開口部周辺を清浄にして管内に金属粉、ゴミ等が入らないようにしてください。
2. 冷凍機とコンプレッサユニットをフレキホースで接続します（図3-2参照）。
 - a. コンプレッサユニットの高圧ヘリウムガス接続口（SUPPLY）にサプライフレキホースを、低圧ヘリウムガス接続口（RETURN）にリターンフレキホースを接続してください。
 - b. 冷凍機の高圧ヘリウムガス継手（SUPPLY）にサプライフレキホースを、低圧ヘリウムガス継手（RETURN）にリターンフレキホースを接続してください。
3. コンプレッサユニットのヘリウムガス充てん圧力を確認してください。圧力が高い場合、コンプレッサユニットの充てん弁を**ゆっくり**開け、充てん口よりヘリウムガスを抜いてください。圧力が低い場合、5. 2章に従ってヘリウムガスを充てんしてください。





- ①接続部がずれないようにブレード押さえ部をまっすぐに持ち、
まず手締めにより締め付けられるところまで締め付けてください。



- ②接続部の六角部をスパナで固定してください。もう1本のスパナで
ユニオンナット部を回し、回らなくなるまで締め込んでください。
トルクレンチを使用する場合、推奨トルクは20 N・mです。

図 3-2 フレキホースの接続

3.5. 電気ケーブルの接続

	 警 告
<ul style="list-style-type: none">・ 電気ケーブルを接続する前にコンプレッサユニットの運転スイッチがOFFであることを確認してください。・ コンプレッサユニットの電源ケーブルの接続は一番最後に行ってください。	

1. 冷凍機ユニットとコンプレッサユニットを冷凍機ケーブルで接続してください。
2. コンプレッサユニットの電源ケーブルを接続してください。

This page intentionally left blank.

4. 冷凍機ユニットの運転

4.1. 運転の前に.....	4-1
4.2. 被冷却物（ロード）の取付け.....	4-1
4.3. 粗引き.....	4-1
4.4. 運転開始と冷却降下.....	4-2
4.5. 通常運転.....	4-2
4.6. 運転停止.....	4-3
4.7. フレキホースの取り外し.....	4-4
4.8. 冷凍機ユニットの保管.....	4-5
4.9. 危険な物質の取扱い.....	4-5

4.1. 運転の前に

製品受入れ時の点検、取付けは、大丈夫ですか？もう一度確認してください。

1. フレキホース、各ケーブル類は接続されていますか？
2. 各ポートに所定のゲージがついていますか？
3. 粗引きバルブは閉じていますか？
4. コンプレッサユニットの充てん圧力は適切ですか？

日常点検をおこない、運転日誌（付録A参照）をつけることを推奨します。異常を早く見つけることができ、トラブル発生の時にも役立ちます。

4.2. 被冷却物（ロード）の取付け

被冷却物（以下ロードと呼びます）は、冷凍機ユニットの1段あるいは2段ステージにインジウム箔を使って取付けてください。インジウム箔は1段とロードの熱接触をよくするために必要です。

4.3. 粗引き

1. 粗引きバルブを開け、真空容器を粗引きポンプで3 Pa 以下に粗引きしてください。
2. 粗引きが完了したら、粗引きバルブを閉めてください。
(真空容器内の残留ガスは、冷凍機ユニットが冷却するにつれ低温部に凝縮するため、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ Pa の真空断熱が達成されます。)

4.4. 運転開始と冷却降下

1. コンプレッサユニットの運転スイッチをONにしてください。
冷却中の運転データを10分間隔でとり、運転データシート（表A-2）に記録してください。
2. 冷凍機ユニットの2段ステージ(RSタイプは1段ステージ)が所定の温度になります。
冷凍機ユニットの冷却降下時間は表1-1を参照してください。



注意

真空度が悪い状態で冷却降下を行うと真空容器が結露します。真空容器の下に電気回路などがありますとショートするおそれがあります。

† 参考のために †

- ・ 冷却時間を最短にするため、冷却中はロードへのヒータなどによる負荷はかけないようにしてください。
- ・ 次のような場合、冷却時間が長くなったり、冷却不良になります。
 - ① ロードの量が多いとき
 - ② 輻射による入熱が大きいとき
 - ③ 真空容器内の圧力が高いとき

4.5. 通常運転

冷凍機システムはオペレータがいなくても通常運転ができます。定期的に通常運転中のデータを運転日誌に記録するようにしてください。

コンプレッサユニットの運転圧力はそれぞれの取扱説明書を参照してください。



4.6. 運転停止


1. コンプレッサユニットをOFFして、冷凍機ユニットを停止してください。
2. コンプレッサユニットが完全に停止したら、必要があれば冷却水を止めてください。
このとき、修理、交換、点検等を行ってください。
冷凍機ユニットはいつでも運転できる状態にしておいてください。

冷凍機ユニットへの熱負荷がない場合、冷凍機ユニットが室温に昇温するまで長い時間がかかります。

■昇温を早めたい場合は・・・

露点温度 -40°C 以下の窒素やアルゴンのような清浄で乾燥しているガスを大気圧まで導入してください。

	 警告
<p>この方法を行う場合、冷凍機ユニットが昇温するにつれ真空容器内の凝縮した気体が蒸発し大気圧以上になり危険な場合があります。真空容器内が大気圧に戻った場合、粗引きバルブ等を開け大気圧以上にならないようにしてください。</p>	

	注意
<p>冷凍機ユニットの使用可能な最高温度は70°Cです。ヒータを利用する場合は、冷凍機のステージ温度が70°Cを超えないようにヒータを制御してください。70°Cを超えて加熱すると、冷凍機内部が熱により損傷して冷凍機を交換しなければならない場合があります。尚、弊社製標準のバンドヒータは温度自己制御方式ですので、特別な温度調整機器の追加なしでご利用いただけます。しかし、他のヒータを利用される場合は、温度制御や過加熱警報の機能設置、あるいは、通電時間の運用管理により、70°Cを超えないようにお使いください。</p>	

4.7. フレキホースの取り外し



注意

フレキホースの取り外しは、必ず2本の片ロスパナ（2面幅26,30各1丁）を使用して行ってください。

1. コンプレッサユニットを停止してください。
2. クライオポンプが室温になってから、フレキホースを外してください。

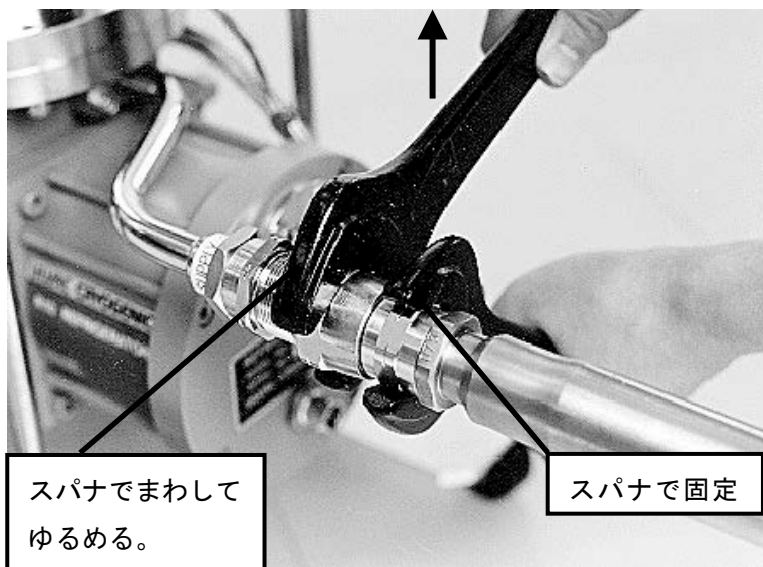


注意

冷凍機が冷えているうちにフレキホースを外すと、冷凍機ユニット内部が昇温するにつれて内圧が高まり、安全弁が作動してリークの原因になります。

ただし、冷凍機ユニットのヘリウムガス置換を行う場合は、運転停止後直ちに、フレキホース（コンプレッサ側）を外す必要があります。

冷凍機ユニットのヘリウムガス置換の詳細は5.3章を参照してください。



スパナでまわして
ゆるめる。

スパナで固定

スパナでユニオンナット部をゆるめ、手で回るようになりましたら、手で回して外してください。

図4-1 フレキホースの取り外し

4.8. 冷凍機ユニットの保管

◆真空容器に取付けたまま保管する場合

真空容器を真空封止状態（40～100Pa）にしておくか、または真空排気後乾燥窒素を封入（大気圧）して、大気に触れないようにしてください。

◆真空容器からはずして保管する場合

1. 冷凍機ユニットを室温に戻してからフレキホースをはずしてください。
2. 冷凍機ユニットを室温に戻してから真空容器よりはずしてください。
3. 冷凍機ユニットのヘリウムガス継手には、保護キャップを付けてください。
シリンダやシール面に損傷を与えないように十分に注意してください。
4. 直射日光、高温、多湿、振動、放射線、雨風、ほこりは避けて保管してください。

◆長期間にわたって保管する場合

半年に1回は冷凍機ケーブルをつないで約10分間運転してください。







冷凍機内部で使用しているベアリングのグリースの潤滑を行います。

1年以上の長期間にわたって放置されたクライオポンプは冷凍機内のHeガス置換をしてください。

◆輸送する場合

弊社出荷時の状態に戻し、過度の衝撃がかからないようにしてください。

4.9. 危険な物質の取扱い

     	<p>警告</p>
<p>◆有毒性、腐食性、可燃性、爆発性の気体を大量に排気しないでください。特に、これらの物質により真空槽内圧力が絶対に大気圧以上にならないようにしてください。これら危険ガスの取扱いについては、『冷凍機を正しく安全にお使い頂くために』を参照願います。</p> <p>◆有毒性、腐食性の気体を排気せざるを得ないときは、安全管理担当者に適切な指示を仰いでください。</p> <p>◆危険物質を排気した冷凍機を輸送するときは、梱包箱に危険物質の内容をはっきり記入してください。</p> <p>◆危険物質の取扱いは、法規定に準じてください。</p>	

This page intentionally left blank.

5. メンテナンス

5.1. 定期メンテナンスと不定期メンテナンス..... 5-1
 5.2. 冷凍機システムへのヘリウムガスの補充..... 5-3
 5.3. 冷凍機ユニットのヘリウムガス置換..... 5-5

5.1. 定期メンテナンスと不定期メンテナンス

冷凍機システムには次のようなメンテナンスがあります。

- ◇定期メンテナンス : 冷凍機ユニットの部品交換
 コンプレッサユニットのアドソーバ交換
- ◇不定期メンテナンス : 冷凍機のクリーニング
 ヘリウムガスの充てん
 ヘリウムガスの置換

ヘリウムガスの充てん及び置換には、次に示す治具及び補充用ヘリウムガスが必要です。

	品 名	数量	品名コード
1	ヘリウムガス置換治具セット (圧力調整器、チャージングホース、置換治具)	1 式	A700B5101000
2	<単品販売可能部品>		
	圧力調整器 (Heガス用)	1	A700A5101700
	チャージングホース 2.4 M	1	A700A5101800
	ヘリウムガス 置換治具	1	A700B5101100
3	ヘリウムガス (純度99.999%以上)	—	—

表 5-1 推奨する保守間隔及び交換部品

冷凍機ユニット		RM10T RMS10T RM20T	RM50T RMS50T	RM80T RM120ET	RMS80T	RMS150T
保守内容	交換部品	間隔 (h)				
◎ シールキット交換	シールキット					
◎ ドライバアセンブリ交換	ドライバアリング バルブアリング セットスクリュー	16,000	16,000	16,000	20,000	10,000
◎ モータアリング交換	モータアリング					
◎ シリンダホルト交換	シリンダホルト					
◎ ロッキングピン交換	ロッキングピン	—	—	16,000	—	—
◎ 圧縮スプリング交換	圧縮スプリング	—	—	—	20,000	—
◎ ディスプレーサ交換	1段・2段 ディスプレーサ	16,000	16,000	16,000	20,000	10,000
◎ バルブホディ	吸入・排出 バルブホディ	適時	16,000	16,000	適時	10,000
△ その他部品交換	その他部品					
コンプレッサユニット						
◎ アドソーバの交換	アドソーバ	コンプレッサユニットの取扱説明書を参照してください。				

※運用方法によっては保守間隔の変更があります。

※冷凍機ユニットの使用可能な最高温度は70℃です。ヒータを利用して再生する場合は、冷凍機のステージ温度が70℃を超えないようにヒータを制御してください。また、冷凍機温度を50℃以上に繰返し加熱再生される場合は、ディスプレーサの劣化が早まりますので、標準的な保守間隔よりも短い間隔でメンテナンスすることを推奨いたします。

5.2. 冷凍機システムへのヘリウムガスの補充

ヘリウムガス補充に使用する機器（圧力調整器、チャージングホース）は、2.0MPaG 以上で使用できるもの準備してください。



注意

冷凍機システムのヘリウムガス圧力が完全に 0MPaG になった場合、システムに空気や空気中の水分が入り汚染される危険があります。

この場合、弊社サービス技術部、または最寄りのCSセンターまでご連絡ください。

ヘリウムガス圧力が低下したら、ヘリウムガスを補充してください。補充する前に圧力低下の原因を見つけ、リークのときはリークを止めてから補充を行ってください。リークの原因には、セルフシールカップリングの接続不良などがあります。

◇圧力調整器は低压側の圧力計が 4~6MPaG のものを推奨します。

◇ヘリウムガス充てん口は 1/4B オスのフレア口になっています。

◇ヘリウムガスは、純度 99.999% 以上のものを使用してください。

ヘリウムガスの補充作業は以下の通りです。

1. 圧力調整器を新しいヘリウムガスボンベに取付けた時は、次のようにヘリウムガス容器弁（以降「容器弁」）と圧力調整器の間の空気をヘリウムガスで置換してください。
 - a. 圧力調整器を少し開けてください。圧力調整器は通常、ハンドルを時計回りにすると開きます。
 - b. 容器弁を数秒開けて、ヘリウムガスをブローしてください。
 - c. 圧力調整器を閉めてください。



注意

1の操作を行わず圧力調整器を取付け後すぐに容器弁を開けると、圧力調整器と容器弁の間の空気がボンベ内に拡散するので、ヘリウムガスを空気で汚染してしまいます。

2. コンプレッサユニットの前面パネルを外してください。
3. チャージングホースを接続します。
 - a. 圧力調整器にチャージングホースを接続してください。

- b. コンプレッサユニットのヘリウム充てん口とチャージングホースをゆるめに接続してください。
 - c. 圧力調整器の低圧側圧力が 0.1~0.2MPaG になるように開け、ヘリウムガスをチャージングホースのフレア口より吹き出させてください。これを 30 秒程度行ってください。この間にコンプレッサユニットの充てん弁を少し開けて、充てん弁と充てん口の間の空気を追い出してください。
 - d. 次にフレアナットを締めつけ、コンプレッサユニットの充てん弁を閉めてください。これで、圧力調整器からチャージングホースを経て充てん弁につながる充てん配管のヘリウムガス置換は終了です。
4. 圧力調整器を調整して、低圧側圧力を 1.8MPaG にしてください。
 5. コンプレッサユニットの充てん弁をゆっくり開け、コンプレッサの状態に応じて次のように充てんして下さい。
 - a. コンプレッサが正常に運転している場合は、コンプレッサユニットの取扱説明書に記載されている運転時充てん圧力までヘリウムガスを補充してください。
 - b. コンプレッサが停止している場合は、停止時充てん圧力までヘリウムガスを補充してください。



注意

コンプレッサ停止後にヘリウムガスを充てんする場合は、冷凍機の温度が室温に戻っていることを確認してから充てん作業を行って下さい。



注意

所定の充てん圧力を超えて 1.9MPaG 以上充てんした場合は、冷凍機の安全弁が作動する場合がありますので、安全弁から吹き出ないようにゆっくりヘリウムガスを充てんしてください。なお、コンプレッサ内の安全弁は 2.5MPaG に設定されています。

6. ヘリウムガスを充てんしたら、充てん弁を閉じてください。
7. 圧力調整器を閉じ、チャージングホースをコンプレッサユニットの充てん口から外してください。これで、コンプレッサユニットのヘリウムガス補充は終了です。

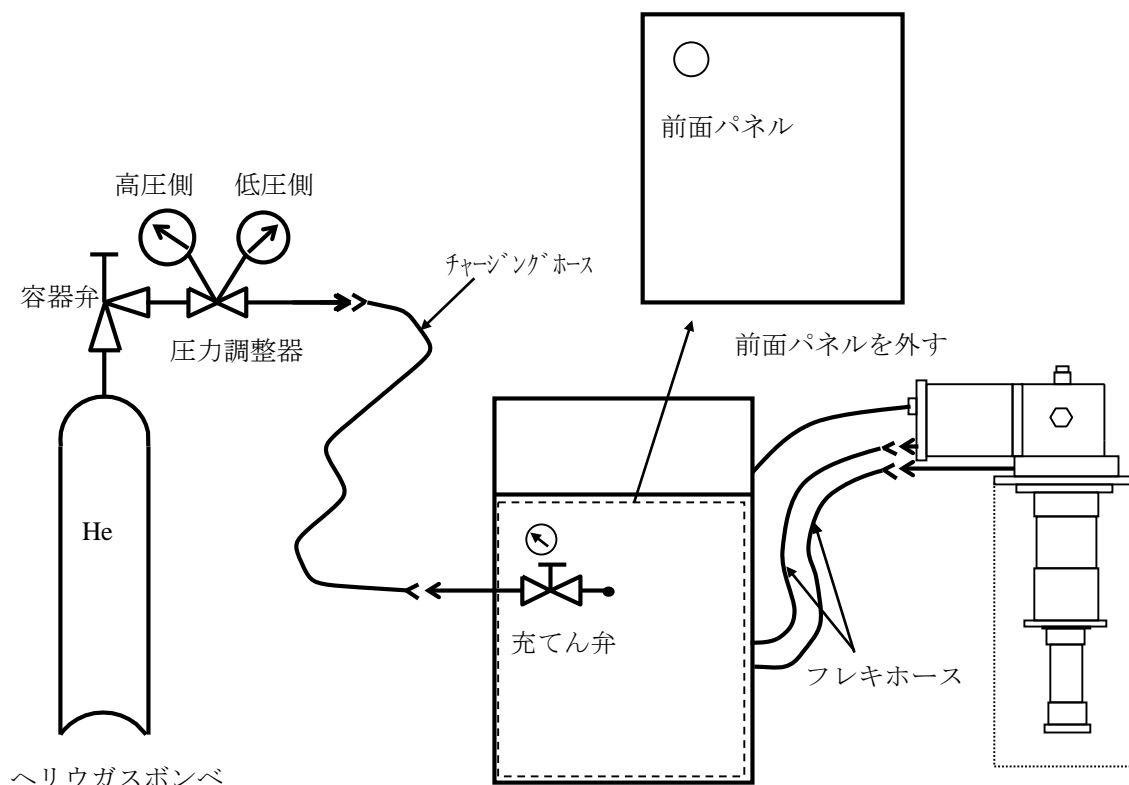


図 5-1 システムのヘリウムガス充てん

5.3. 冷凍機ユニットのヘリウムガス置換

ヘリウムガス置換に使用する機器（圧力調整器、チャージングホース、置換治具）は、2.0MPaG以上で使用できるものを準備してください。

冷凍機システム内のヘリウムガスが汚染されたと考えられる場合には、システム内のヘリウムガスを高純度のヘリウムガスと置換してください（「付録A トラブルシューティング」参照）。

冷凍機システム内のヘリウムガス汚染は、冷凍機ユニットメンテナンス時のヘリウムガス置換不足により発生します。ヘリウムガス中の不純物は冷凍機ユニット内に凝縮固化して蓄積され、性能の低下や異常振動（脱調[※]）の原因になります。ヘリウムガス置換は、次の方法で行ってください。

※ 脱調：冷凍機モータが不規則な、または間歇的な動きをすること。

1. 冷凍機ユニットを起動し、3～4時間運転を行ってください。

(注) 冷凍機ユニット運転中にヘリウムガス中の全ての不純物は、冷凍機ユニット内に凝縮固化されますので、ヘリウムガス置換の前には一定の冷却時間が必要です。

なお、冷却中に冷凍機ユニットが不規則な異常音、或いは大きな振動が発生した場合は、直ちに次の2項の作業に移ってください。
2. 冷凍機ユニットを停止します。
 - a. 真空システムの主バルブを閉じてください。
 - b. コンプレッサユニットを停止してください。

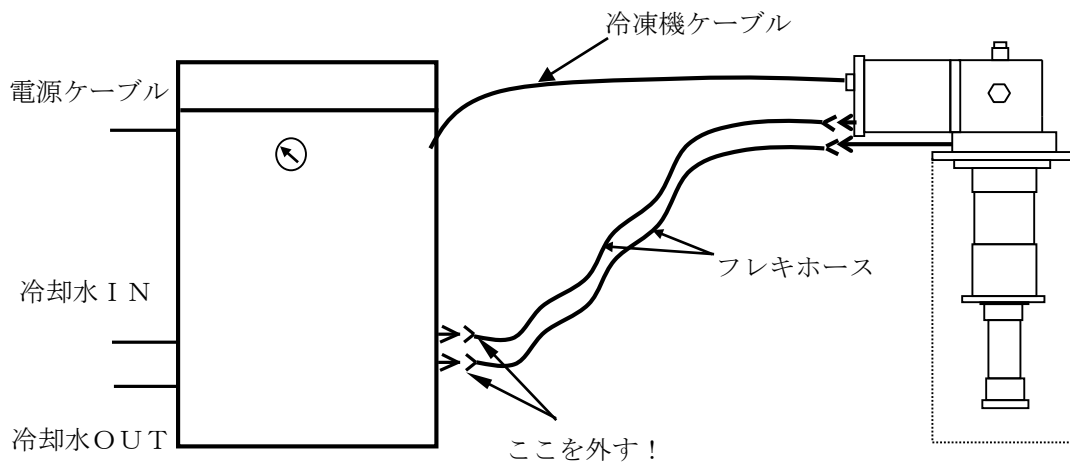


図 5-2 フレキシホースの切り離し

3. 停止したらすぐに、コンプレッサユニット側 SUPPLY、RETURN のフレキシホースを外してください (図 5-2)。

(注) 停止と同時にフレキシホースをはずす理由は、冷凍機ユニット内に凝縮固化された不純物が蒸発拡散し、コンプレッサユニット内のヘリウムガスの純度が低下するのを防ぐためです。
4. SUPPLY、RETURN のフレキシホースを置換治具に接続してください (図 5-3)。
5. 置換治具の V 1 を開けて、冷凍機ユニットとフレキシホース内の圧力を 0.3MPaG に減圧してください。

(注) 冷却動作により冷凍機ユニット内のヘリウムは温度が低下し、結果として密度は高くなっています。冷凍機停止後はヘリウムの温度が低温から室温へ戻りますので、その過程で内圧は徐々に上昇します。冷凍機ユニットには安全弁が設けられており、内圧が 1.9MPaG になると安全弁が開きます。この安全弁は一旦動作すると、周囲の環境 (塵埃など) によってはリークが発生し易くなります。したがって、冷凍機の安全弁が動作するのを極力防止するため、冷凍機停止後は直ちに内圧を下げる処置を行ってください。

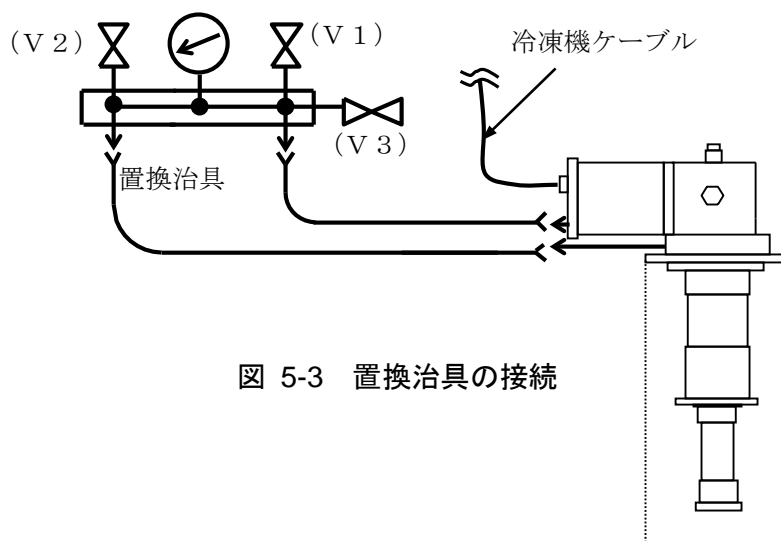


図 5-3 置換治具の接続

6. 冷凍機ユニットを昇温してください。
2 段階が室温になるまで昇温して、さらに冷凍機内部の温度が室温になるまで放置しておいてください。
通常 2 段階が室温に達してから数時間かかります（推奨 8 時間以上）。



注意

冷凍機ユニットの昇温中に大気に開放すると、シリンダ表面に多量の水蒸気が吸着されて、粗引き時間が延びてしまいますのでご注意ください。

† 参考のために †

昇温を早めたい場合は、清浄で乾燥した露点温度 -40°C 以下の窒素ガスを大気圧まで導入すると昇温時間を短縮することができます。

- 次のステップ 7 からの作業は、必ず 2 段階が室温に戻ったことを確認してから行ってください。
7. ヘリウムガスポンベと圧力調整器を接続してください。「5. 2 冷凍機システムへのヘリウムガスの補充」を参照して、ヘリウムガスポンベの容器弁と圧力調整器の間の空気をヘリウムガスで置換してください。
ヘリウムガスは、純度 99.999% 以上のものを使用してください。
 8. 次の手順でヘリウムガスの置換をしてください。
ヘリウムガス置換を行う前に図 5-4 に示す粗引きポンプ（推奨 20L/min 以上、到達 10Pa）と粗引き配管を準備してください。
粗引きポンプは油逆流のないドライポンプを推奨致します。

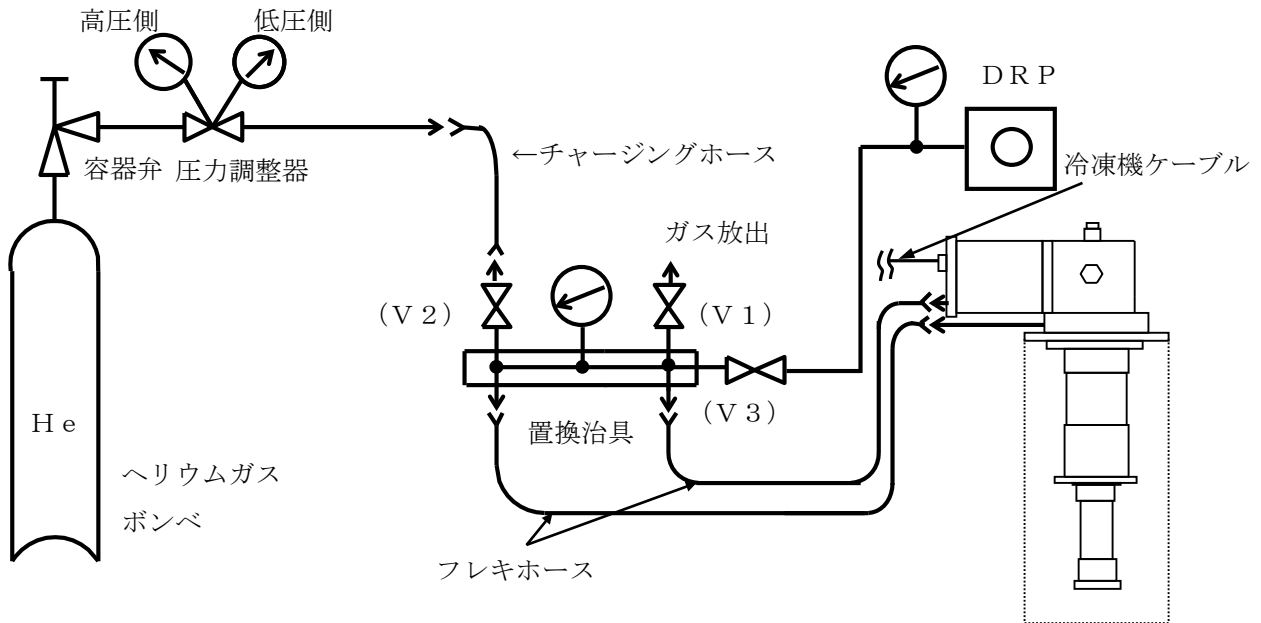


図 5-4 冷凍機ユニットのヘリウムガス置換 (1)

- a. 置換治具の充てん弁 (V 2) とチャージングホースをゆるめに接続してください。
- b. 圧力調整器の低圧側を 0.1~0.2MPaG に調整して、ヘリウムガスをチャージングホースのフレア口より吹き出させてください。これを 30 秒程度行ってください。この間に置換治具の充てん弁 (V 2) を少し開けて、充てん弁に溜まっている空気を追い出してください。
- c. フレアナットを確実に締め付けて、置換治具の V 2 を閉めてください。
- d. 粗引きポンプを起動し、V 3 をゆっくり開けて粗引きポンプの最大許容圧力以下で冷凍機ユニット内部のヘリウムガスを粗引きしてください。圧力が大気圧以下になったら、V 3 を全開にします。なお、アルバックのドライポンプの最大許容圧力は 0.01MPaG です。確認できる圧力計を準備してください。



注意

大気圧以上のガスを粗引きポンプで排気するので、必ずバルブをゆっくり開けてください。勢いよくバルブを全開にすると、粗引きポンプが故障します。

- e. 粗引きを 30 分以上行ったら、V 3 を閉めてください。
粗引きポンプを停止して、粗引きポンプを大気開放してください。
- f. 圧力調整器の低圧側圧力を 1.8MPaG に調整後、置換治具の V 2 を開けます。置換治具の圧力計で 1.5MPaG までヘリウムガスを充てんし、V 2 を閉めてください。

- g. コンプレッサユニットを起動して冷凍機ユニットを運転して下さい。
 冷凍機ユニットを運転することで、冷凍機とフレキホースの内部のヘリウムガスを攪拌することができます (図 5-5)。

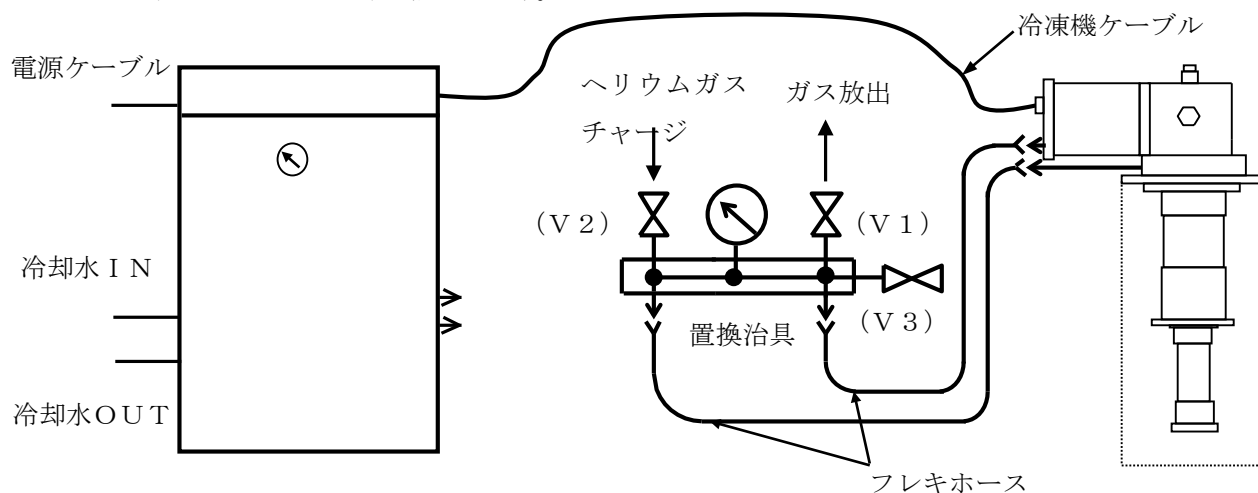


図 5-5 冷凍機ユニットのヘリウムガス置換 (2)



注意

冷凍機ユニット内が負圧の時に冷凍機を運転すると、冷凍機のモータ内で真空放電が起きて故障します。必ずヘリウムガス充てん後に、運転してください。

- h. 冷凍機ユニットを運転したまま、置換治具の V 1 を開けてガスを放出し、0.4MPaG まで減圧したら、V 1 を閉めてください。
- i. 冷凍機ユニットを運転したまま、次の作業をゆっくりと 25 回繰り返します。
- 1) 置換治具の V 2 を開けて 1.5MPaG まで充てんして V 2 を閉める。
 - 2) V 1 を開けて 0.4MPaG までガスを放出して V 1 を閉める。
 ヘリウムガスを 25 回出し入れすることにより、冷凍機ユニットとフレキホース内部のヘリウム純度が向上します。
9. 冷凍機を停止して、冷凍機ユニットとフレキホースにコンプレッサユニットのヘリウムガス充てん圧力までヘリウムガスを充てんしてください。
10. 置換治具から SUPPLY、RETURN のフレキホースを外してください。
11. SUPPLY、RETURN のフレキホースを再びコンプレッサユニットに接続してください (図 8-6)。接続前にセルフシールカップリングの平ゴムガスケットがきちんと入っていることを確認してください。



注意

コンプレッサユニット側SUPPLY、RETURNの接続口とフレキホースのSUPPLY、RETURNを正しく接続しなかった場合、冷凍機の安全弁が働きます。冷凍機の安全弁が作動した場合は、メンテナンスが必要となりますので正しく接続されていることを確認してください。

- 1 2. フレキホース接続後にコンプレッサユニットの圧力計を見て、規定圧力になっていることを確認してください。規定圧力になっていない場合は、コンプレッサユニットの充てん弁にヘリウムガスを充てんするか、ヘリウムガスを放出し調整してください。
- 1 3. 冷凍機ユニットを再起動してください。

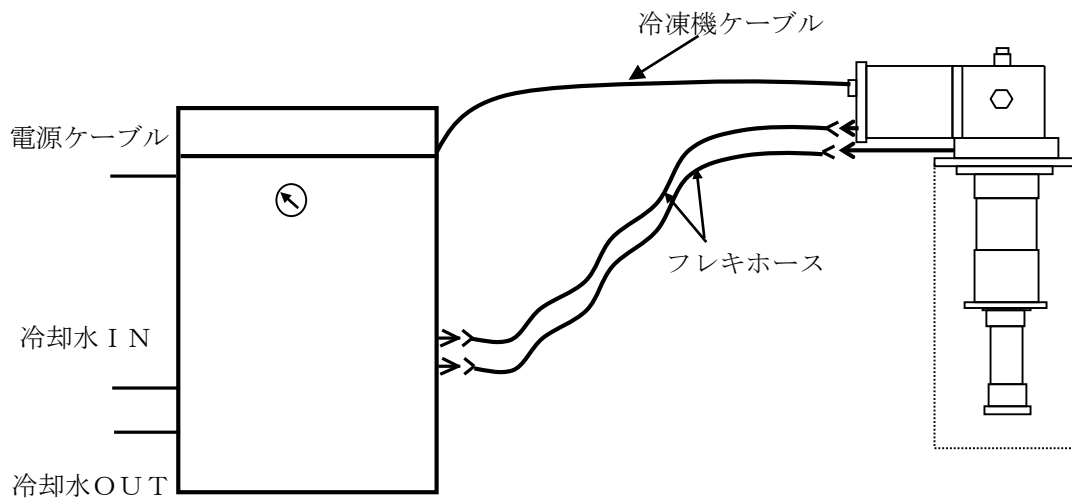


図 5-6 フレキホースの接続

付録 A

トラブルシューティング

表A-1は考えられる故障の原因と対策です。故障の原因がつかめない場合は、弊社までご連絡ください。

※弊社の拠点、およびカスタマーサポートセンターの連絡先は、本書の最後にある「サービスネットワーク」に記載されています。

		警告
トラブルシューティングを行う前に電源を切ってください。		

表 A-1 故障診断表


故障症状	原因	対策
I. 冷却に時間がかかる。 または十分に冷却しない。	1) コンプレッサユニットの充てん圧力が低い。	ヘリウムガスを充てんする。 第5.2章を参照してください。
	2) 熱負荷が大きい。	過大な熱負荷を除去する。
	3) ヘリウムガスが汚染されている。	ヘリウムガスの置換を行う。 第5.3章を参照してください。
	4) 冷凍機ユニットが故障している。	弊社までご連絡ください。
	5) コンプレッサユニットが故障している。	コンプレッサユニット取扱説明書をお読みください。
II. コンプレッサユニットは動いているが冷凍機ユニットが起動しない。	1) 冷凍機ユニットへの冷凍機ケーブルが接続されていない。	コンプレッサユニット電源スイッチをOFFにしてから冷凍機ケーブルを冷凍機ユニットに接続する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 注意</div> コンプレッサ電源スイッチをONの状態 で冷凍機ケーブルを冷凍機ユニット に接続しないこと。接続すると冷凍機モ ーターが損傷することがあります。
	2) ヘリウムガスがひどく汚染されている。	純度 99.999%以上のヘリウムガスを行う。(第5.3章参照)
	3) 冷凍機ユニット内部の機械的故障	弊社までご連絡ください。
III. 冷凍機ユニットに異常音や異常振動がある。	1) ヘリウムガスが汚染されている。	ヘリウムガスの置換を行う。 第5.3章を参照してください。
	2) 冷凍機ユニット内部の機械的故障	弊社までご連絡ください。
	3) 冷凍機入力電源が違う。	冷凍機のモータタイプと入力電源を確認してください。

表 A-2 運転データシート

冷凍機ユニット S/N			冷凍機システム 運転データ					日付 年 月 日			
コンプレッサ S/N								測定者			
								室温 °C			
								電源 V × φ			
時間			コンプレッサユニット			クライオポンプ				備考	
						温度		圧力			
日付	時刻	積算時間	高圧 MPa (gage)	電 流	冷却水量 L/min	K (mV)	H ₂ VP MPa(gage)	K	MPa		

This page intentionally left blank.

付録 B

フレキホース

1. 16Aフレキホースの仕様

- ・使用ガス : ヘリウムガス (純度: 99.999%以上)
- ・使用圧力 : Max. 2.45MPaG
- ・使用温度 : 0~70°C
- ・材質 : SUS304
- ・長さ : 3000mm (標準)
- ・最小曲げ半径 : 250mm
- ・接続時推奨トルク : 20N・m

※セルフシールカップリングが回らなくなるまで締めこむ。

- ・接続部 : 1 / 2 Bセルフシールカップリング

2. 20Aフレキホースの仕様

- ・使用ガス : ヘリウムガス (純度: 99.999%以上)
- ・使用圧力 : Max. 2.45MPaG
- ・使用温度 : 0~70°C
- ・材質 : SUS304
- ・長さ : 5000mm (標準)
- ・最小曲げ半径 : 250mm
- ・接続時推奨トルク : 20N・m

※セルフシールカップリングが回らなくなるまで締めこむ。

- ・接続部 : 1 / 2 Bセルフシールカップリング

3. 取扱い上の注意



注意

- ・ 運搬時は、破損防止のためブレード押さえ部付近を持ってください。フレキ部分を鋭角に強く曲げると損傷する恐れがあります。
- ・ フレキホースはねじらないでください。連続的な曲げ配管では特に注意してください。
- ・ 保管は、腐食防止のため、できるだけ水分、塩分が付着しないようにしてください。また、フレキホースの変形およびつぶれを防止するため、重いものをのせたりしないでください。

This page intentionally left blank.

付録 C

冷凍機システムの動作原理

弊社冷凍機システムでは、冷凍機の冷凍サイクルの熱媒体ガスとして、ヘリウムガスが10Kでも液化しないため使用されます。

はじめに、ヘリウムガスはコンプレッサユニット内で高圧に圧縮され、続いて水冷または空冷により室温まで冷却されたあと、バルブAが開くと蓄冷器に導入されます。

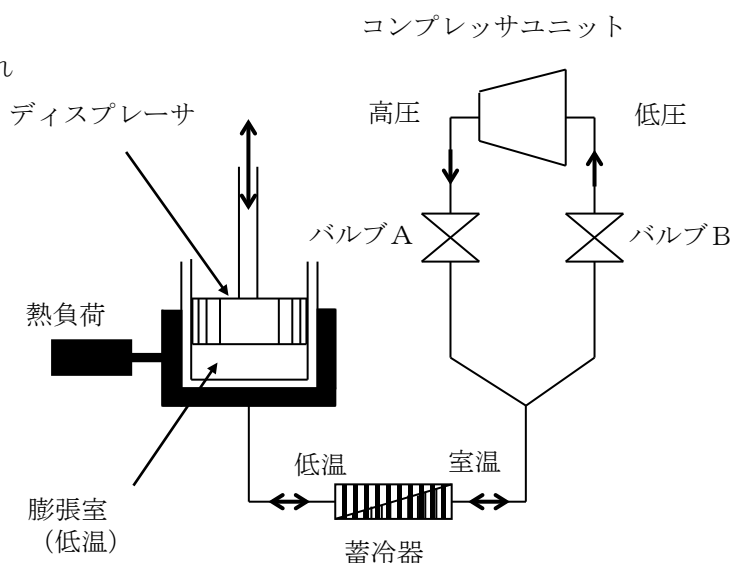
蓄冷器に入ったヘリウムガスは、蓄冷器と熱交換し冷却され、ディスプレイサの上昇に伴い膨張室に導かれます。

次にバルブAが閉じると同時にバルブBが開き、膨張室内の高圧ヘリウムガスは、

低圧部との差圧によってコンプレッサユニットの低圧部に向かって吐出されます。この過程で膨張室内のヘリウムガスの圧力が下がり、温度も下がります（サイモン膨張）。

温度が下がった低圧のヘリウムガスは、ディスプレイサの下降によって膨張室から完全に排出されます。このガスは、再び蓄冷器を通過してほぼ室温まで温められ、コンプレッサユニットに戻りますが、このとき、蓄冷器は逆に冷却されます。このようにして、冷凍サイクルは最初の状態に戻ります。この冷凍サイクルを繰り返すことにより、極低温が得られます。

G-Mサイクルは1950年代の終わりにGiffordらにより開発された冷凍サイクルで、ディスプレイサの駆動方法には、機械的に駆動する方法と、作業ガスの圧力差を利用して駆動する方法とがあります。G-Mサイクルは効率が良いため駆動速度が遅くでき、また、内部に使用しているシールにかかる負荷も軽いため、高性能で信頼性の高い冷凍サイクルです。ここでは、アルバック・クライオが使用している機械的にディスプレイサを駆動する冷凍サイクルについて説明します。



図C-1 冷凍の原理

図C-2はG-Mサイクルの作動原理とP-V線図（膨張室の圧力Pと容積Vの関係を示したグラフ）を示したものです。

- A はじめディスプレイサはシリンダの最下部にあるものとします。この時低圧バルブが閉じ
 ↓ 高圧バルブが開きます。
 a シリンダの室温部と低温部（膨張室）に高圧ガスが充てんされます。
 ↓
 B シリンダ内は高圧となります。
 ↓
 b ディスプレーサが引き上げられ、室温のヘリウムガスは蓄冷器で冷却されながら低温部
 ↓ （膨張室）に充てんされます。
 C 低温部（膨張室）は最大容積となります。この時高圧バルブが閉じ、低圧バルブが開き
 ↓ ます。
 c 低温部（膨張室）の高圧ガスが蓄冷器を通して吐出されます。この時サイモン膨張により
 ↓ 膨張室内のガスの温度が下がり、寒冷が発生します。
 D 低温部（膨張室）は最低圧力となります。
 ↓
 d ディスプレーサが押し下げられ、低温のヘリウムガスは蓄冷器を冷却しながら圧縮機に
 ↓ 移送されます。このとき、ヘリウムガスは蓄冷器との熱交換によってほぼ室温に戻ります。
 A もとに戻り1サイクルが完了します。このように、理想的なG-MサイクルではP-V線
 図は四角形となり、1サイクルの周期をt秒とすると、理想的冷凍能力 Q_{ideal} は
 $Q_{ideal} = W / t$ で与えられます。

実際の冷凍機では15K以下の極低温を得るために2段式の構造をとっています（図C-3）。また、構造を簡略化するために蓄冷器をディスプレイサの内部に組み込み、一体化しています。更に1段、2段シールには差圧がかからず、シールへの負担が軽い構造を採用しています。したがって、長寿命で高い信頼性が得られます。

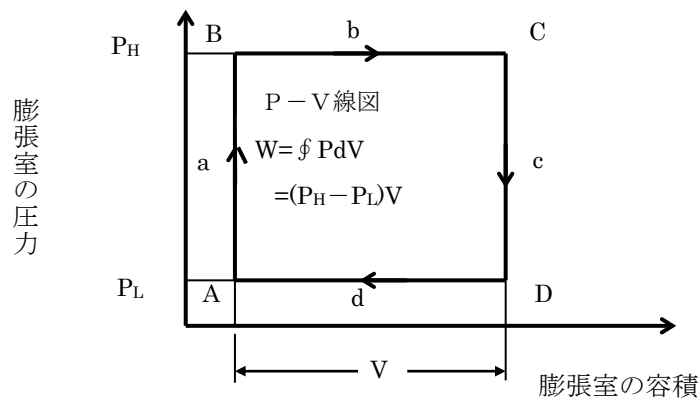
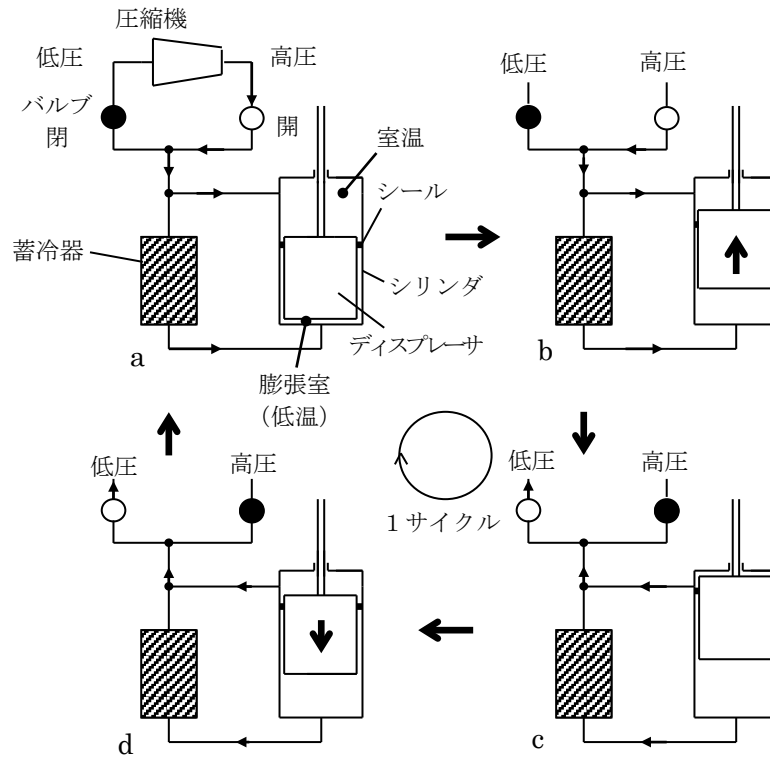


図 C-2 G-Mサイクルの動作原理

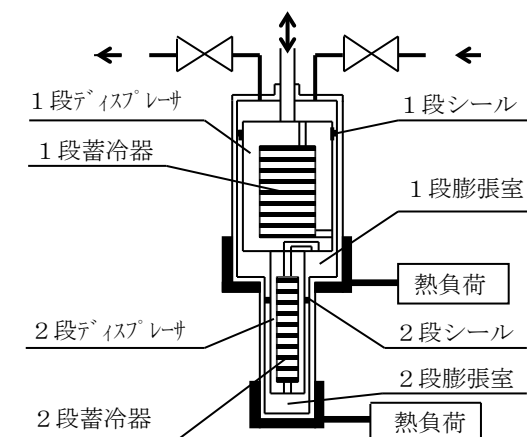


図 C-3 2 段式冷凍機

This page intentionally left blank.

付録 D

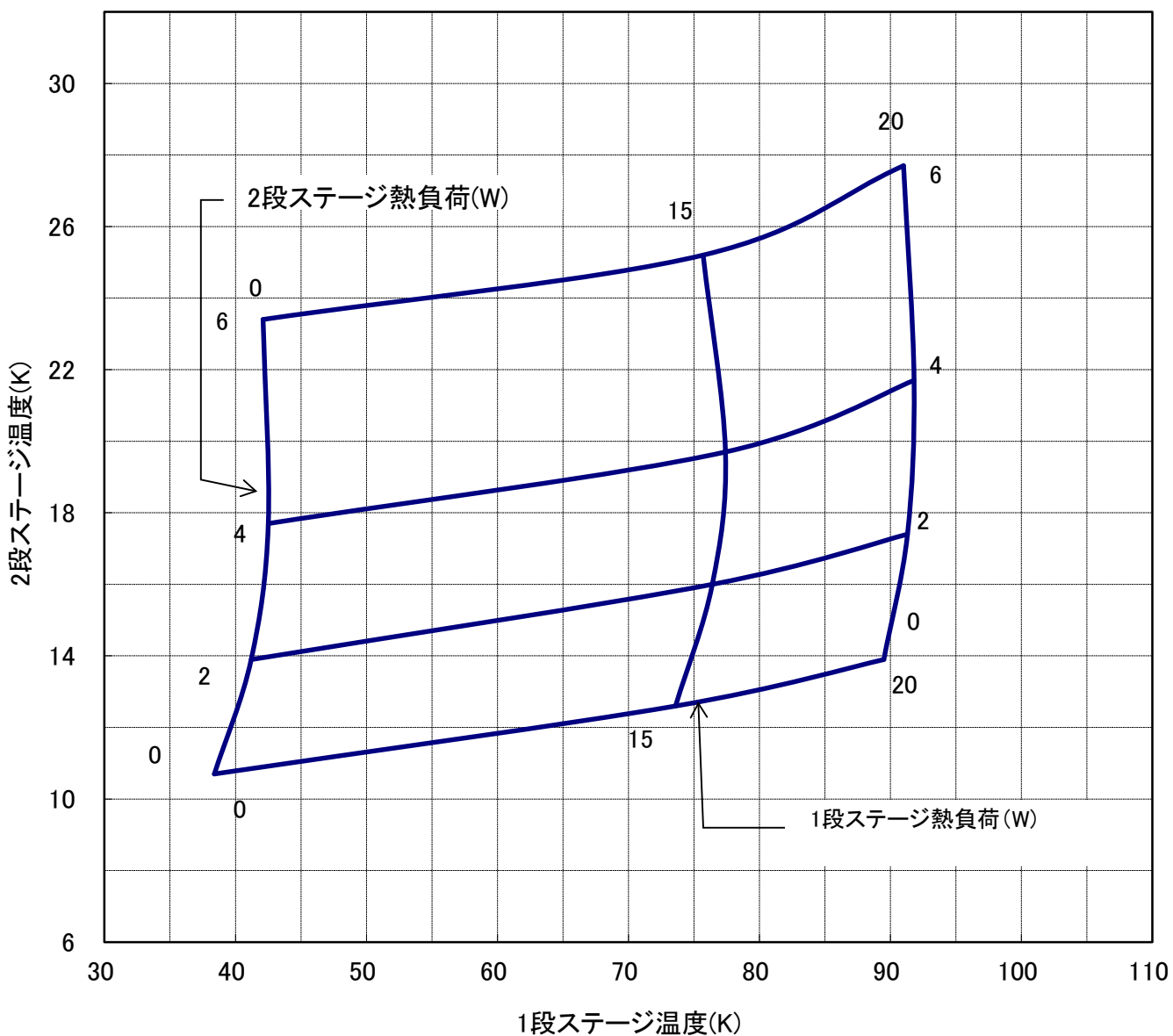
冷凍能力曲線例

本冷凍能力曲線例は、代表的な例であり、保証値ではありません。

1. RM10T 冷凍機..... D-2
2. RM20T 冷凍機..... D-3
3. RM50T 冷凍機..... D-4
4. RM80T 冷凍機..... D-5
5. RM120ET 冷凍機..... D-7
6. RMS10T 冷凍機..... D-9
7. RMS50T 冷凍機..... D-10
8. RMS80T 冷凍機..... D-11
9. RMS150T 冷凍機..... D-12

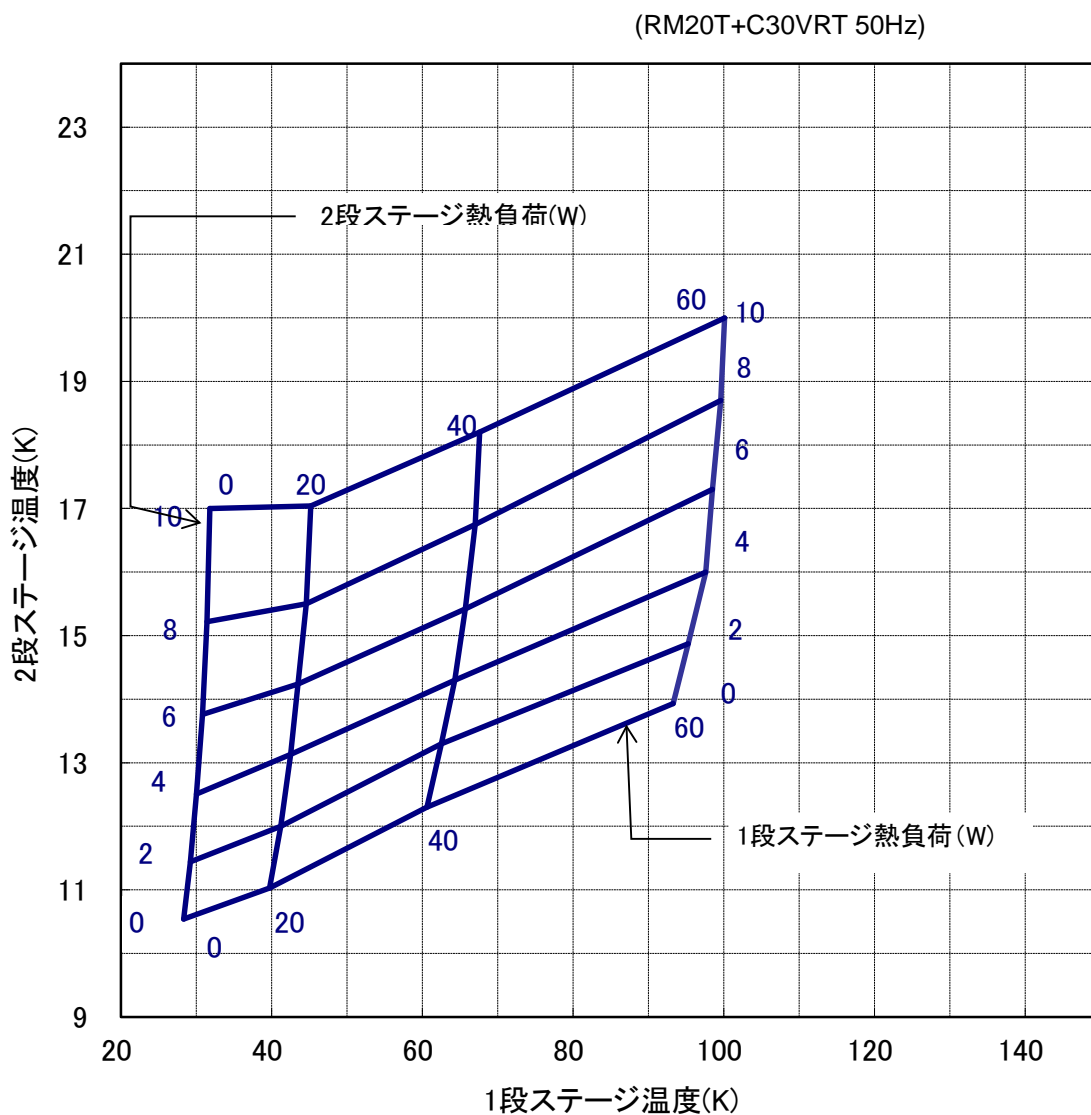
1. RM10T 冷凍機

(RM10T+C10T 50Hz)



RM10T 冷凍能力曲線例 (50Hz)

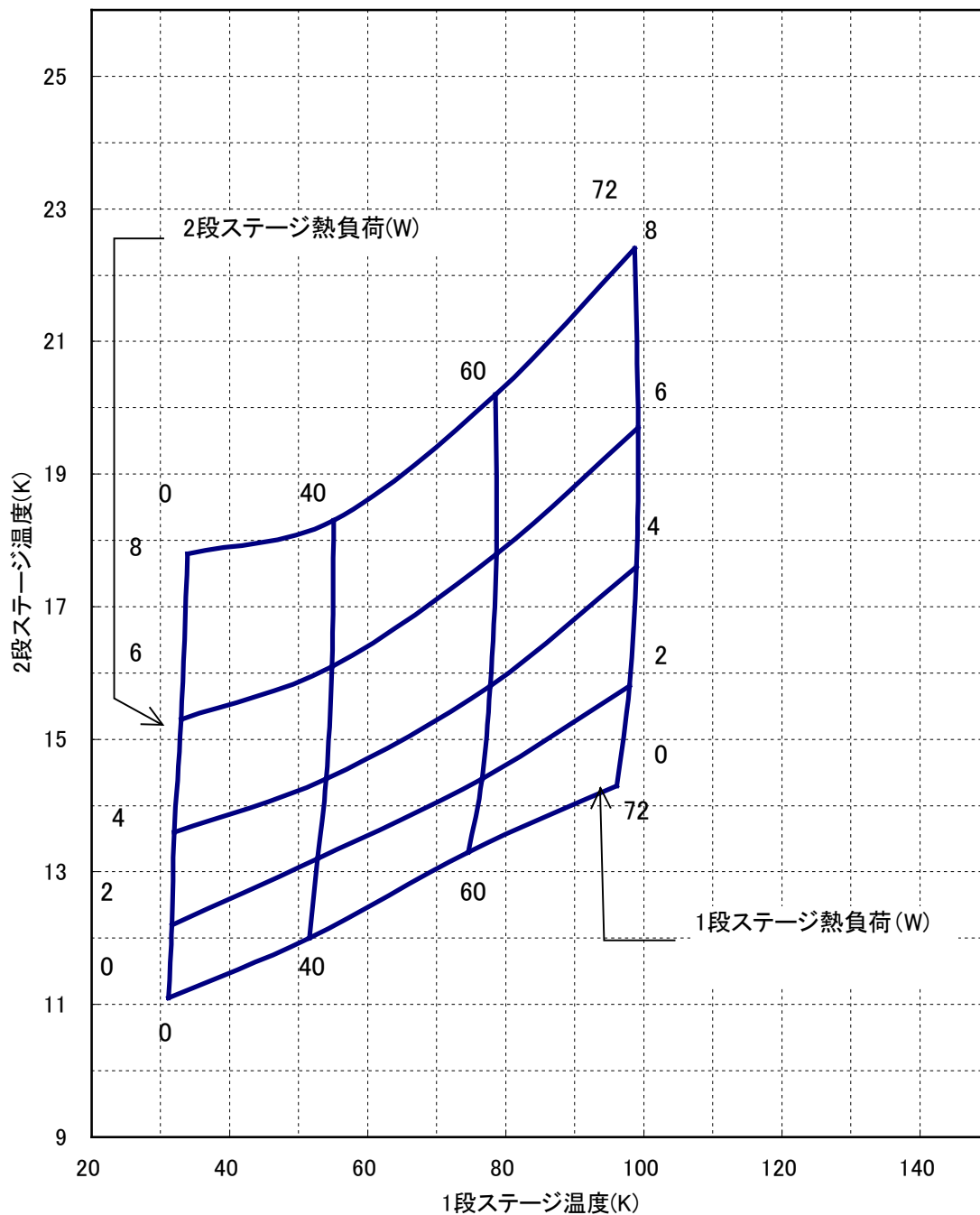
2. RM20T 冷凍機



RM20T 冷凍能力曲線例 (50Hz)

3. RM50T 冷凍機

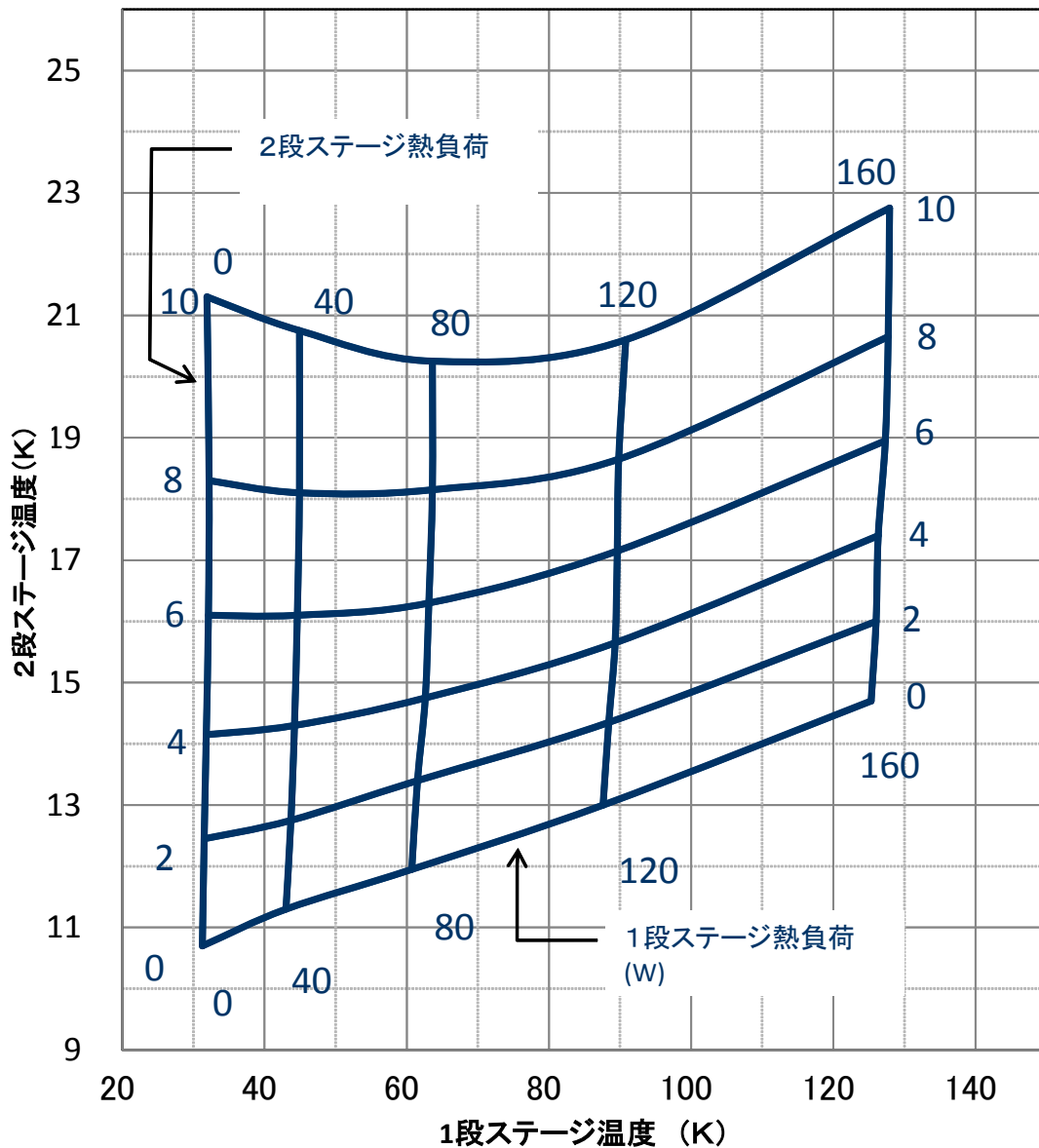
(RM50T+C30VRT 50Hz)



RM50T 冷凍能力曲線例 (50Hz)

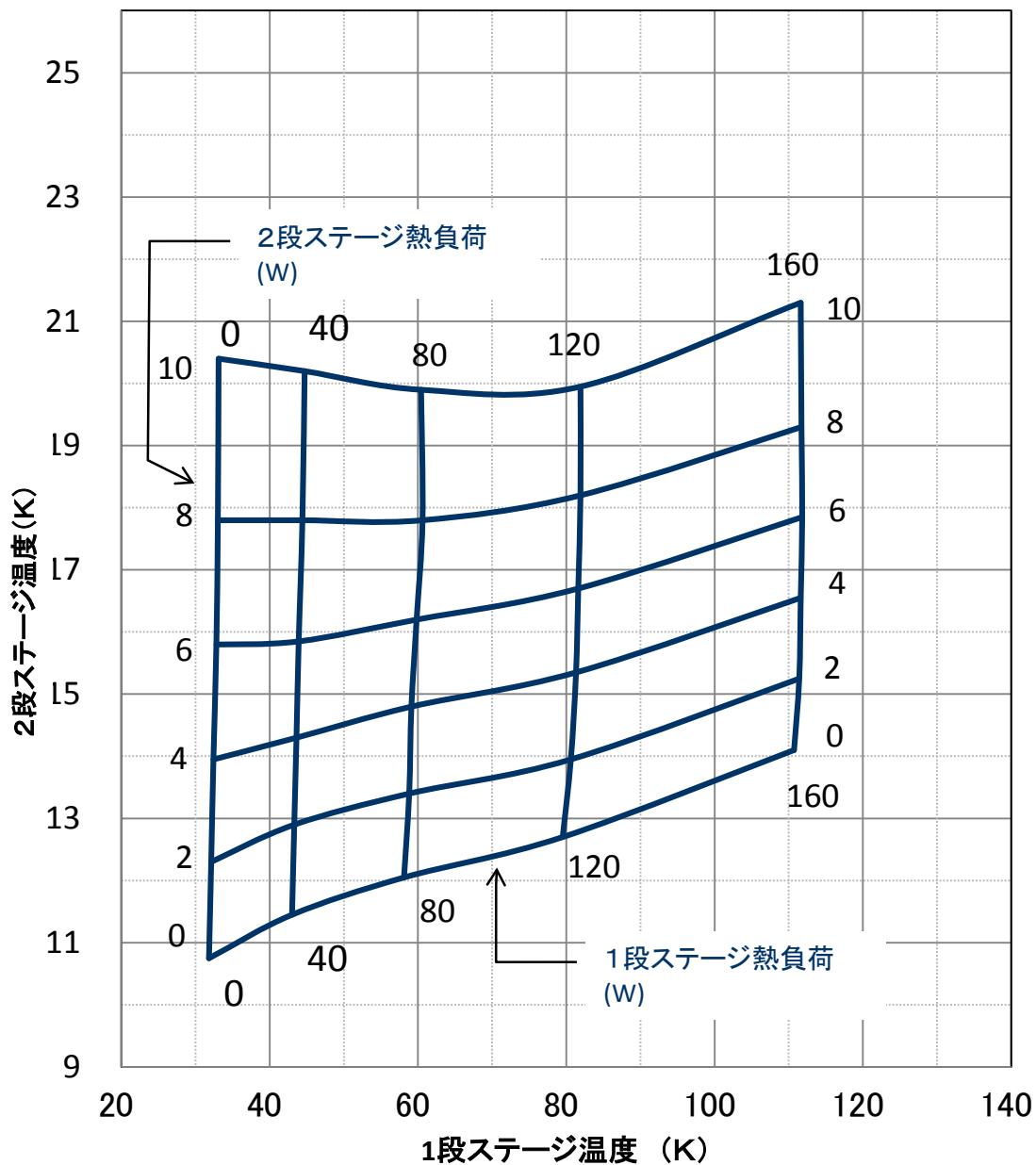
4. RM80T 冷凍機

(RM80T+C30PVRT 50Hz)



RM80T 冷凍能力曲線例 (50Hz)

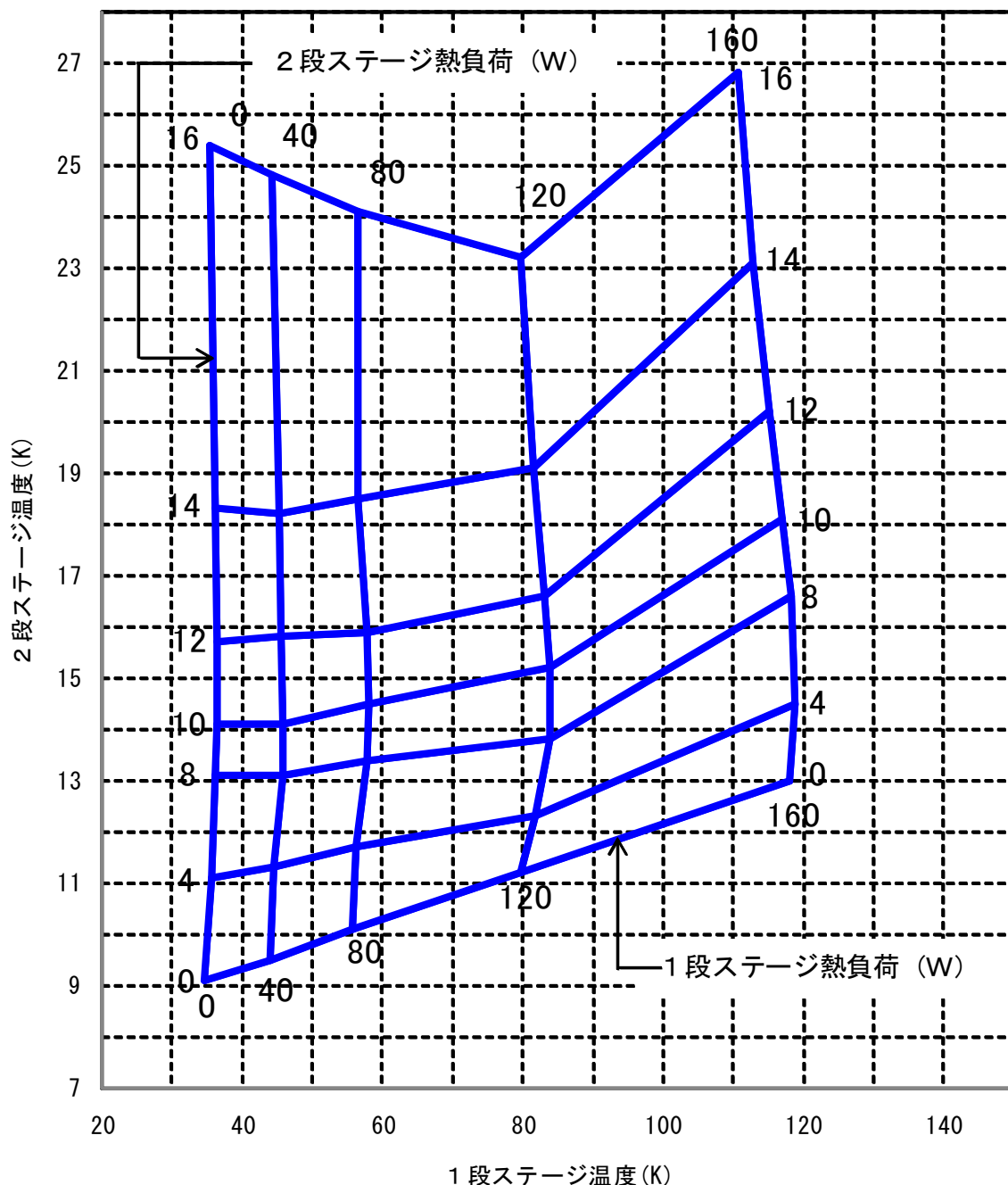
(RM80T+C30PVRT 60Hz)



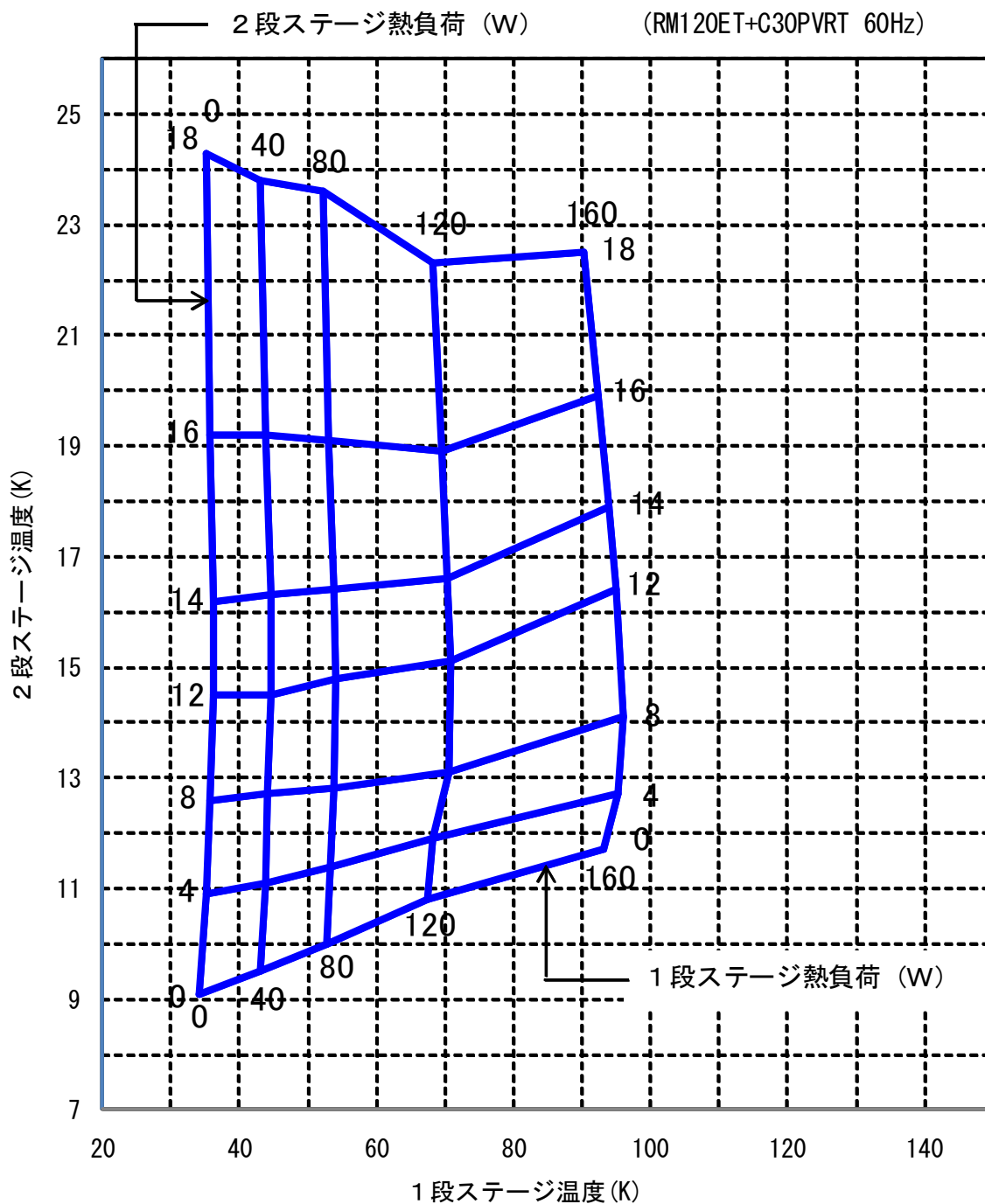
RM80T 冷凍能力曲線例 (60Hz)

5. RM120ET 冷凍機

(RM120ET+C30PVRT 50Hz)

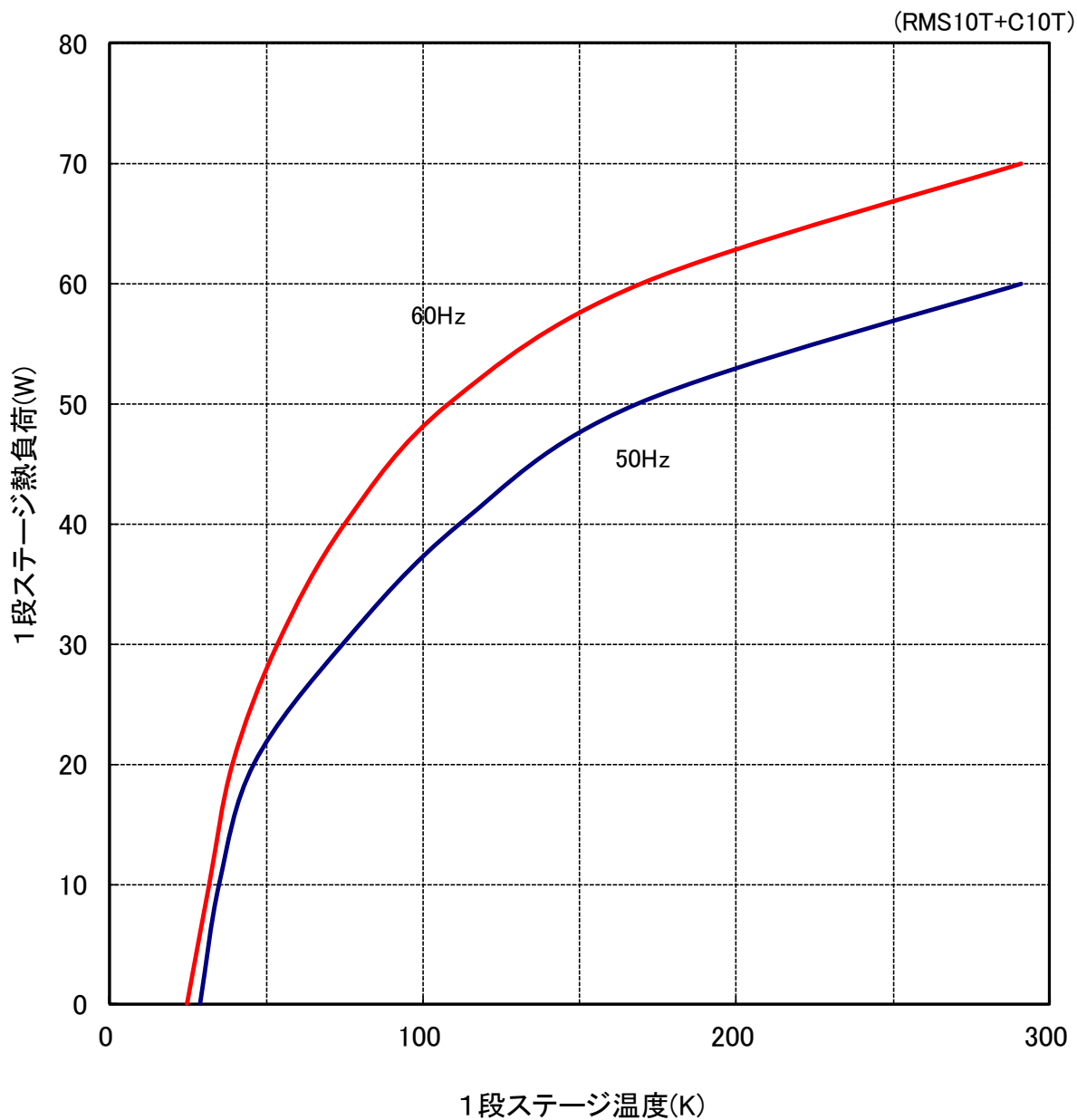


RM120ET 冷凍能力曲線例 (50Hz)



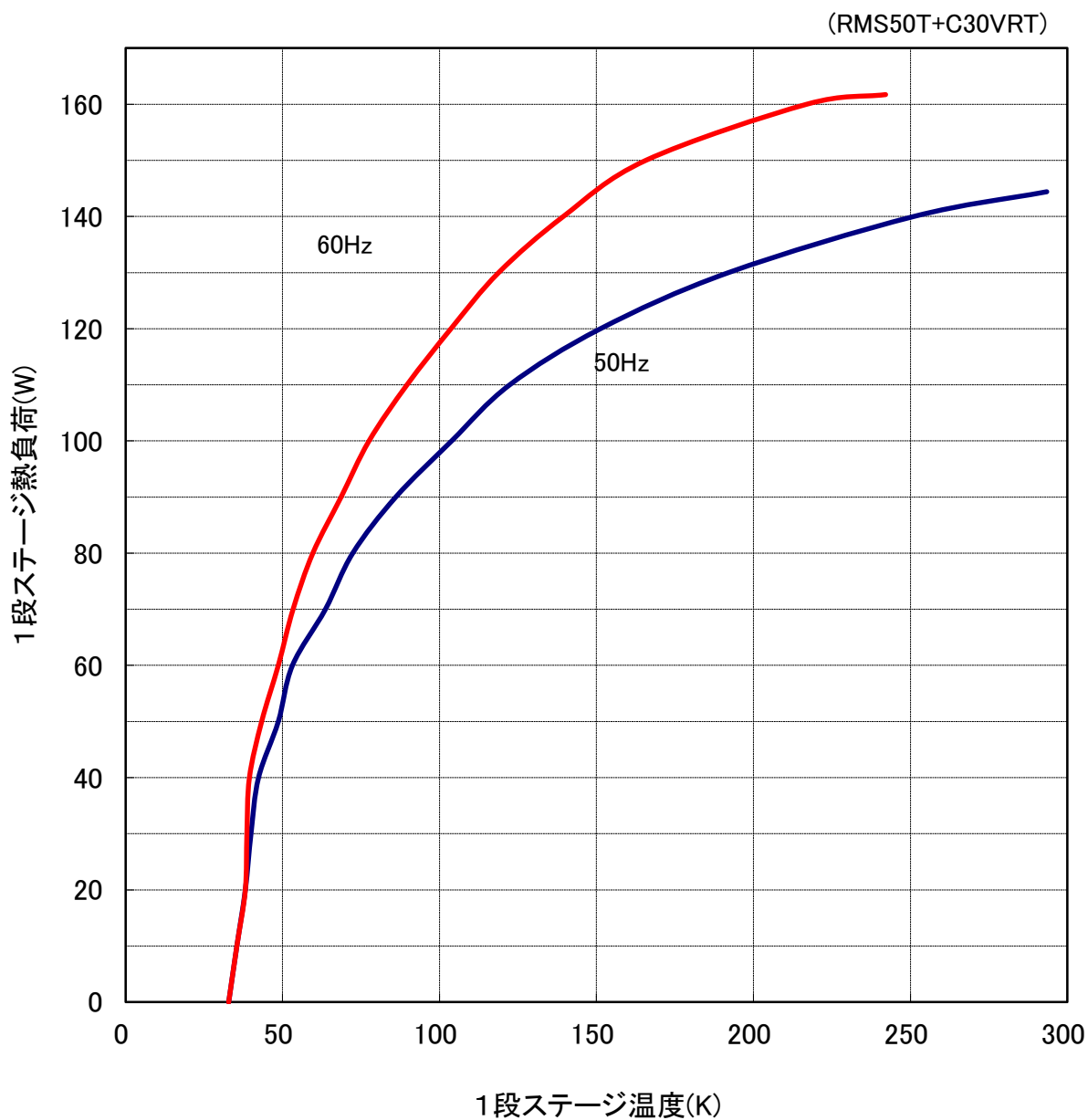
RM120ET 冷凍能力曲線例 (60Hz)

6. RMS10T 冷凍機



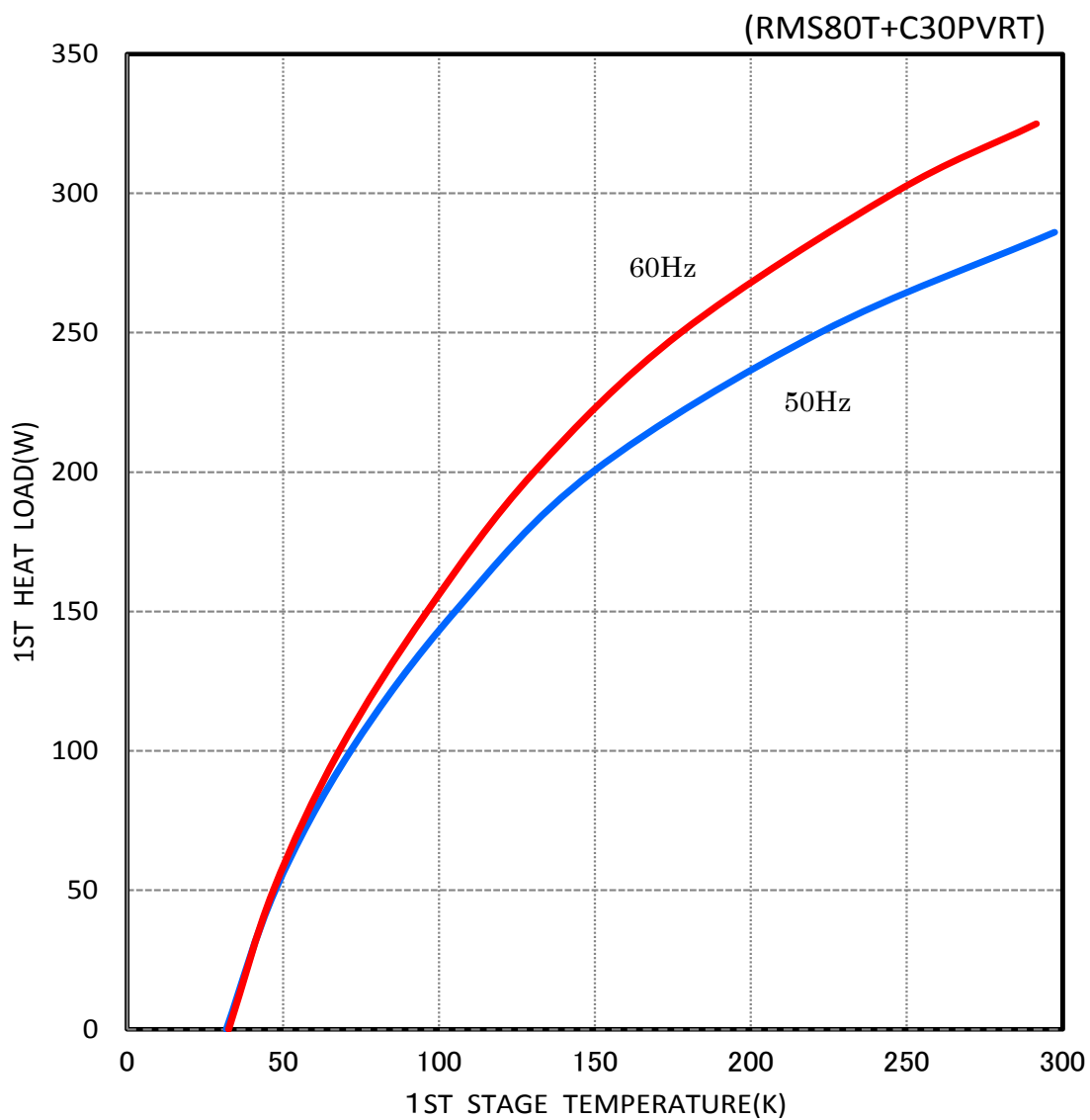
RMS10T 冷凍能力曲線例

7. RMS50T 冷凍機



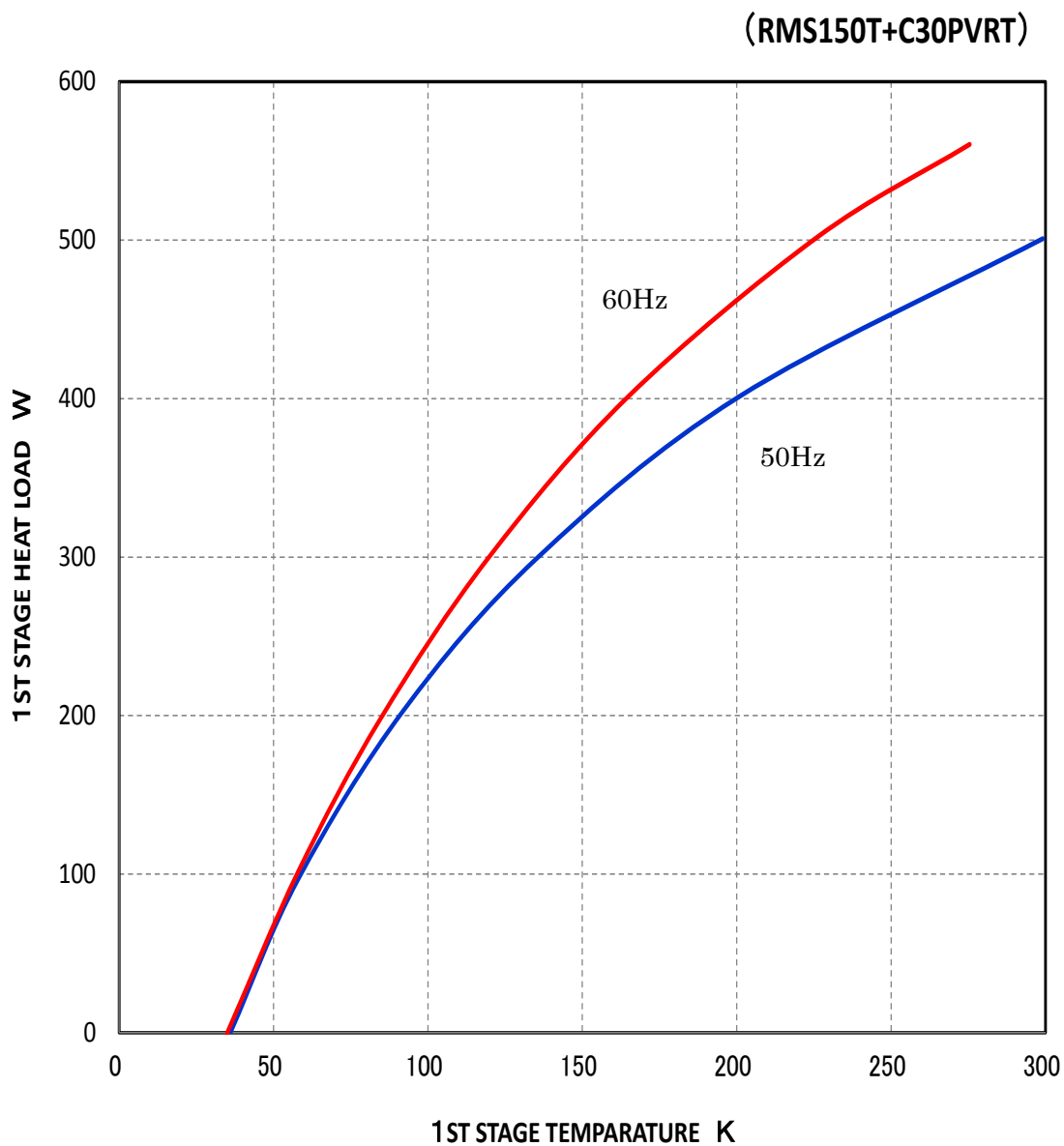
RMS50T 冷凍能力曲線例

8. RMS80T 冷凍機



RMS80T 冷凍能力曲線例

9. RMS150T 冷凍機



RMS150T 冷凍能力曲線例

付録 E

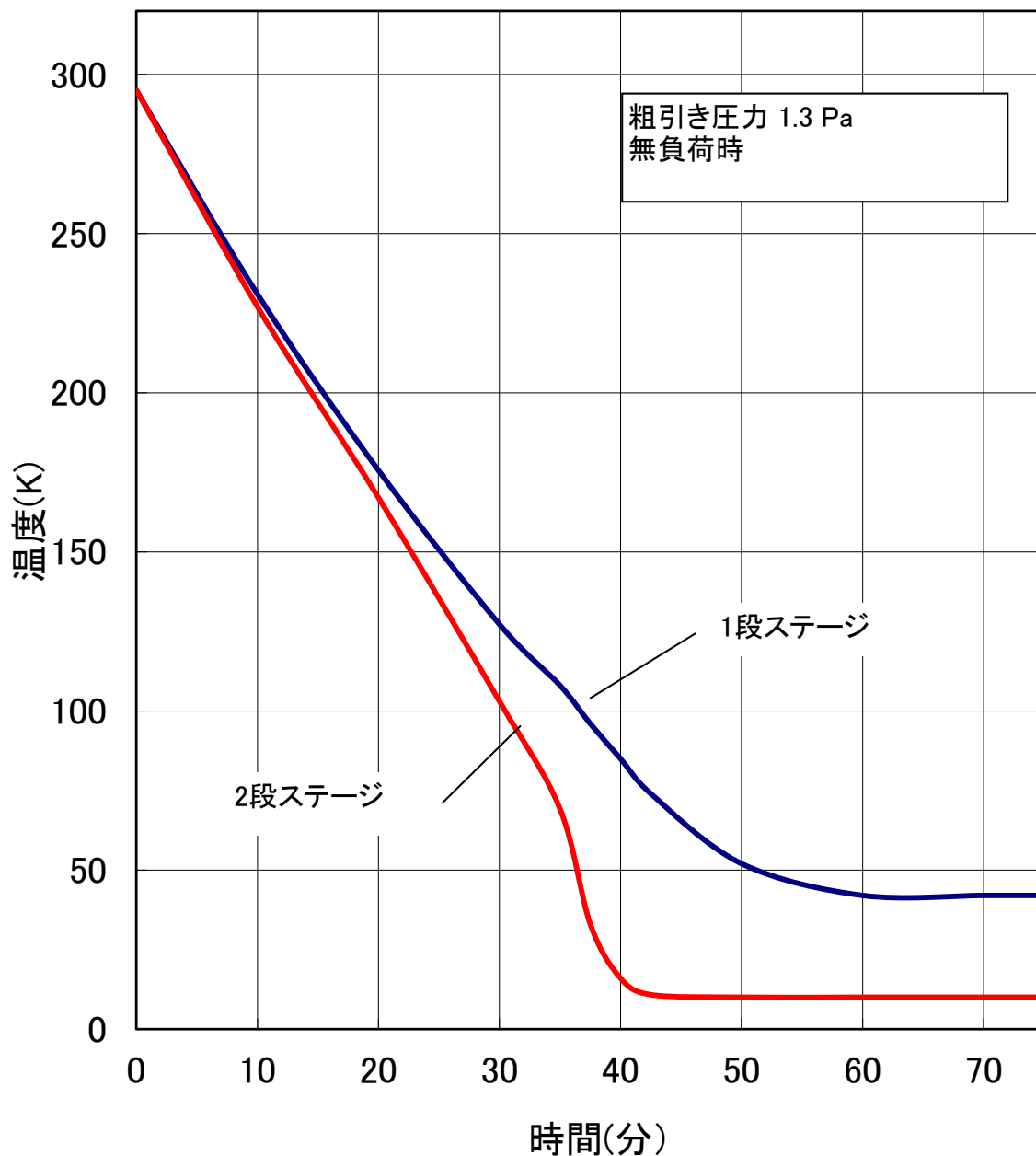
冷却降下特性例

グラフでは、小さな圧力の脈動は省略してあります。
この脈動は、冷凍機ユニットの周期的冷凍サイクルによって発生するものです。
本冷却降下特性例は、代表的な例であり、保証値ではありません。

1. RM10T 冷凍機..... E-2
2. RM20T 冷凍機..... E-3
3. RM50T 冷凍機..... E-4
4. RM80T 冷凍機..... E-5
5. RM120ET 冷凍機..... E-7
6. RMS10T 冷凍機..... E-9
7. RMS50T 冷凍機..... E-10
8. RMS80T 冷凍機..... E-11
9. RMS150T 冷凍機..... E-12

1. RM10T 冷凍機

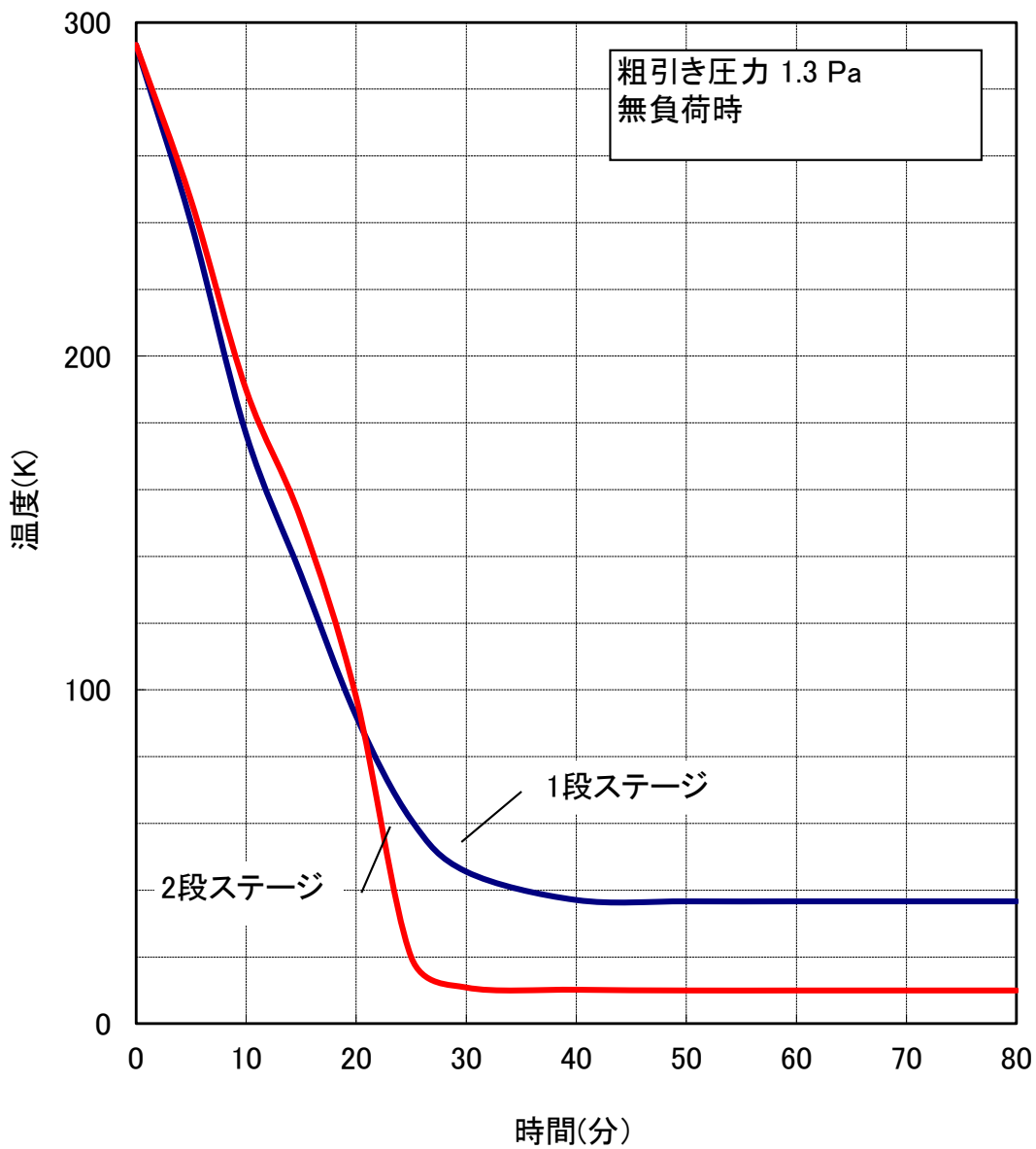
(RM10+C10T 50Hz)



RM10T 冷却特性例 (50Hz)

2. RM20T 冷凍機

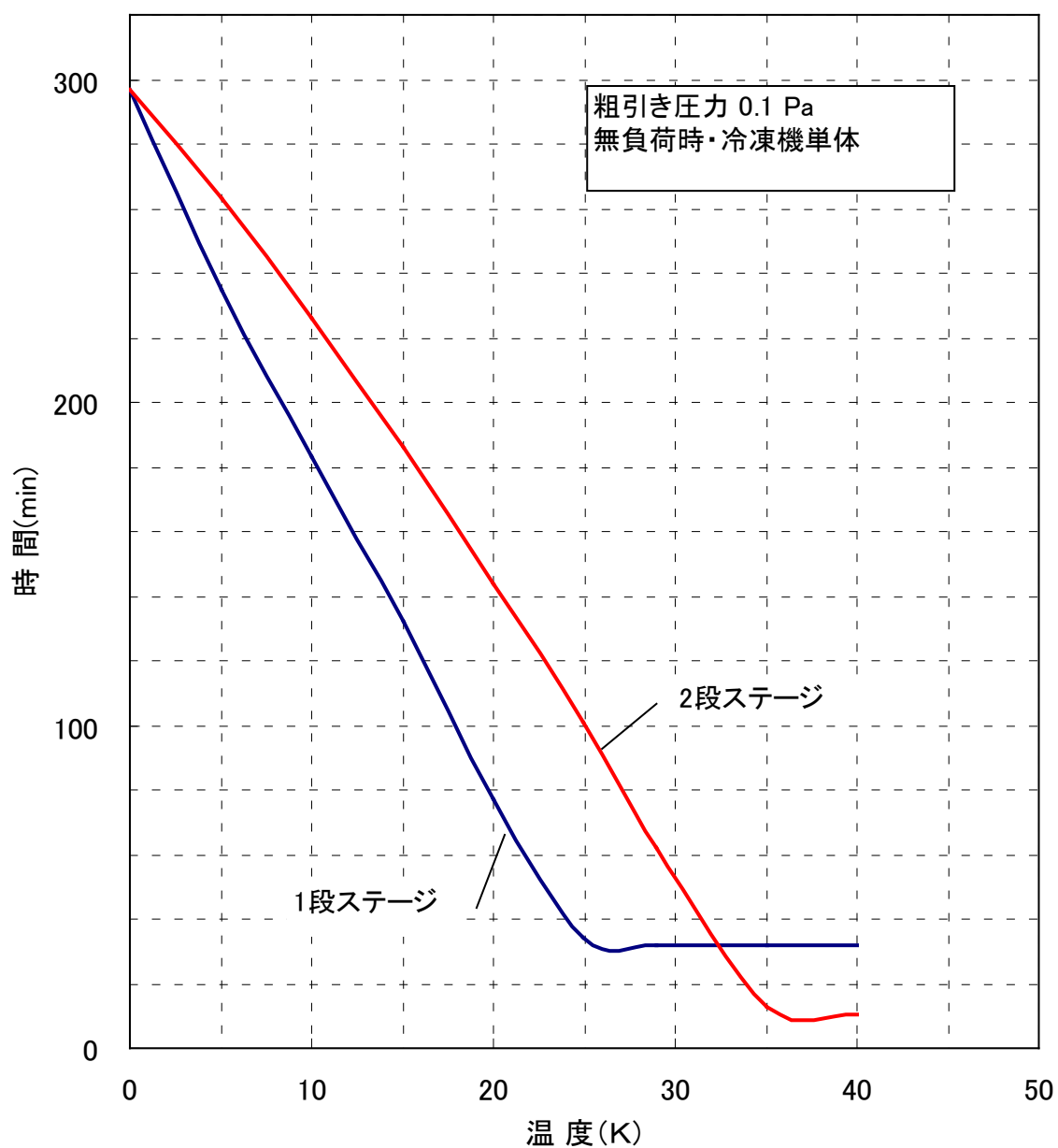
(RM20T+C30VRT 50Hz)



RM20T 冷却降下特性例 (50Hz)

3. RM50T 冷凍機

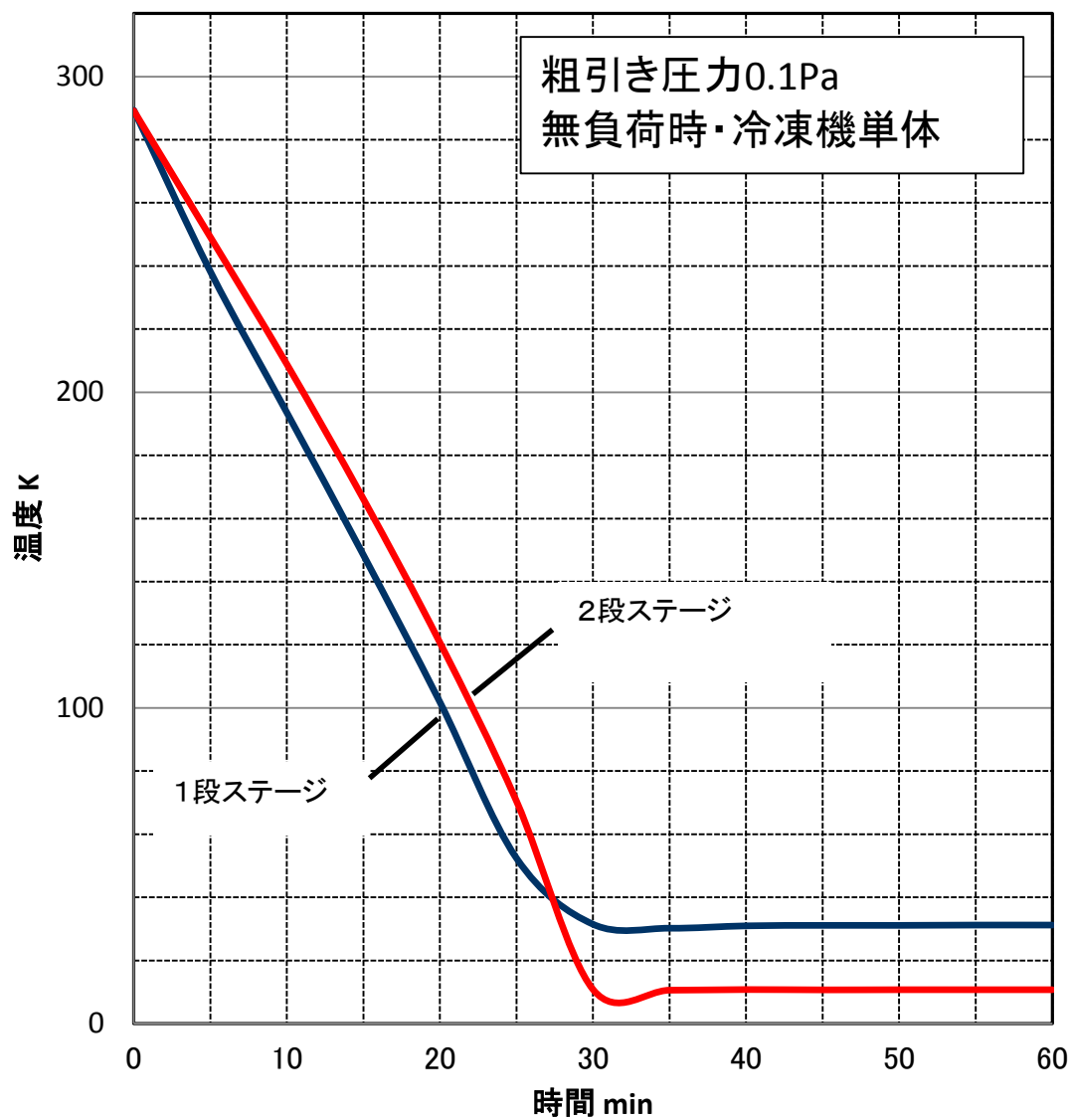
(RM50T+C30VRT 50Hz)



RM50T 冷却降下特性例 (50Hz)

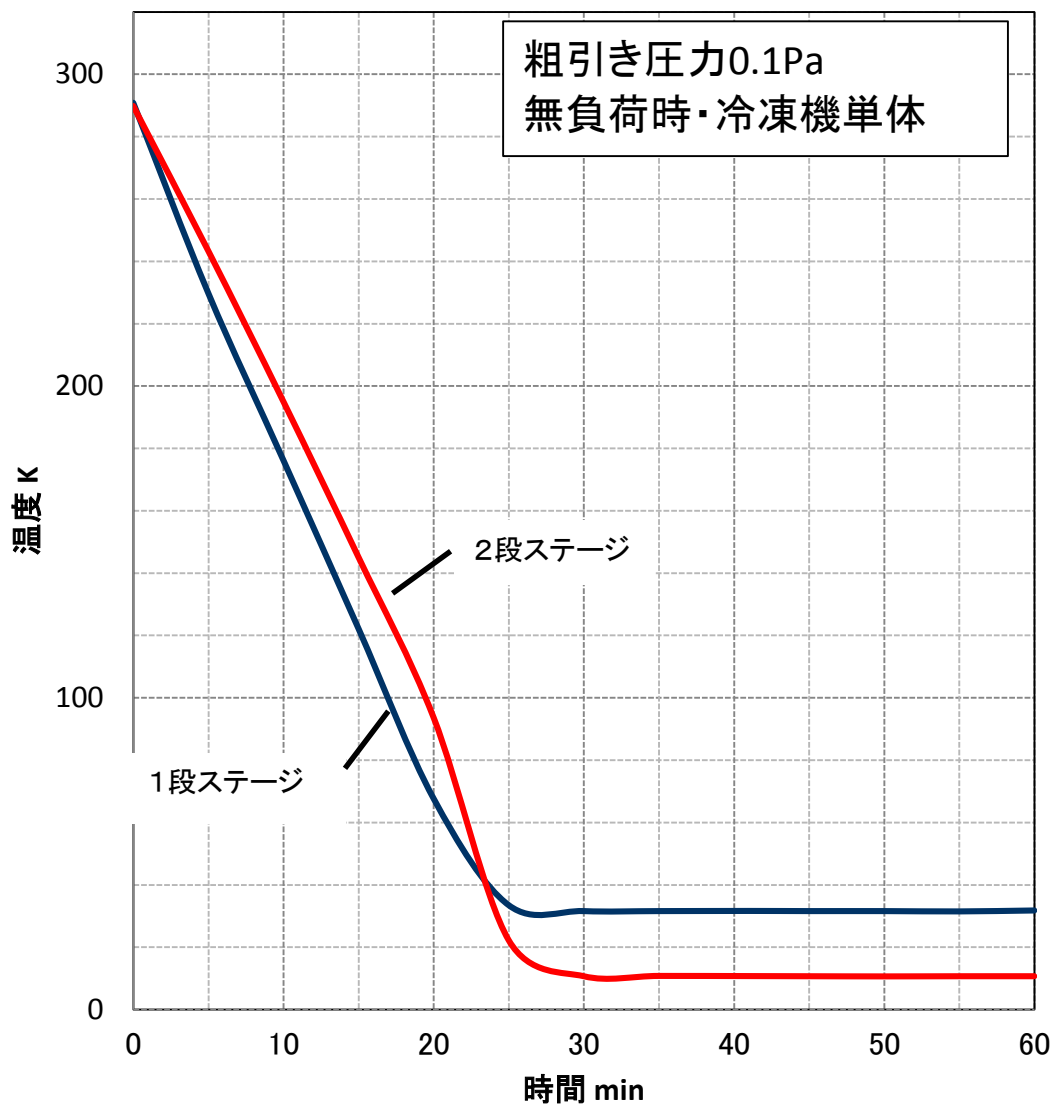
4. RM80T 冷凍機

(RM80T+C30PVRT 50Hz)



RM80T 冷却降下特性例 (50Hz)

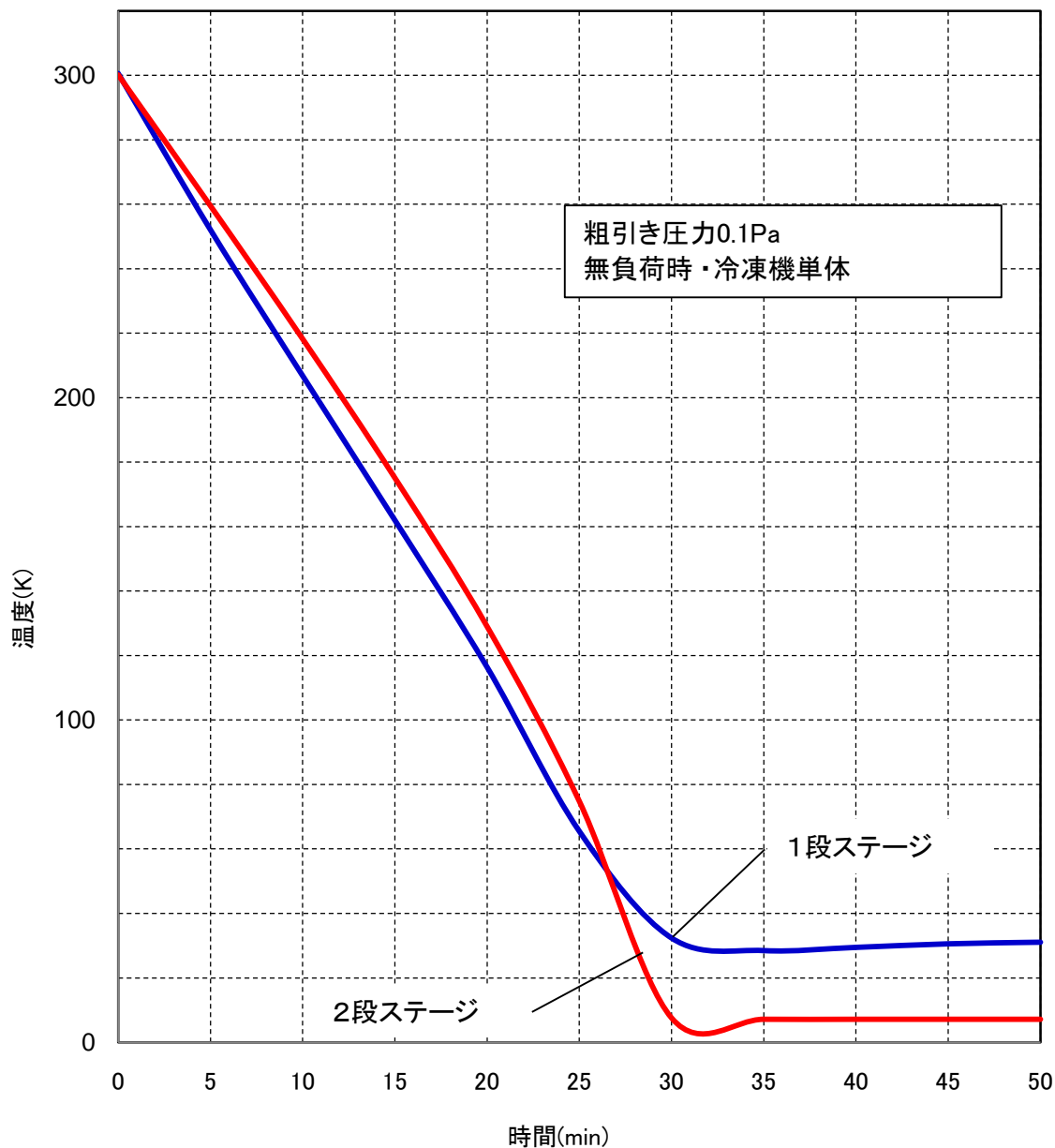
(RM80T+C30PVRT 60Hz)



RM80T 冷却降下特性例 (60Hz)

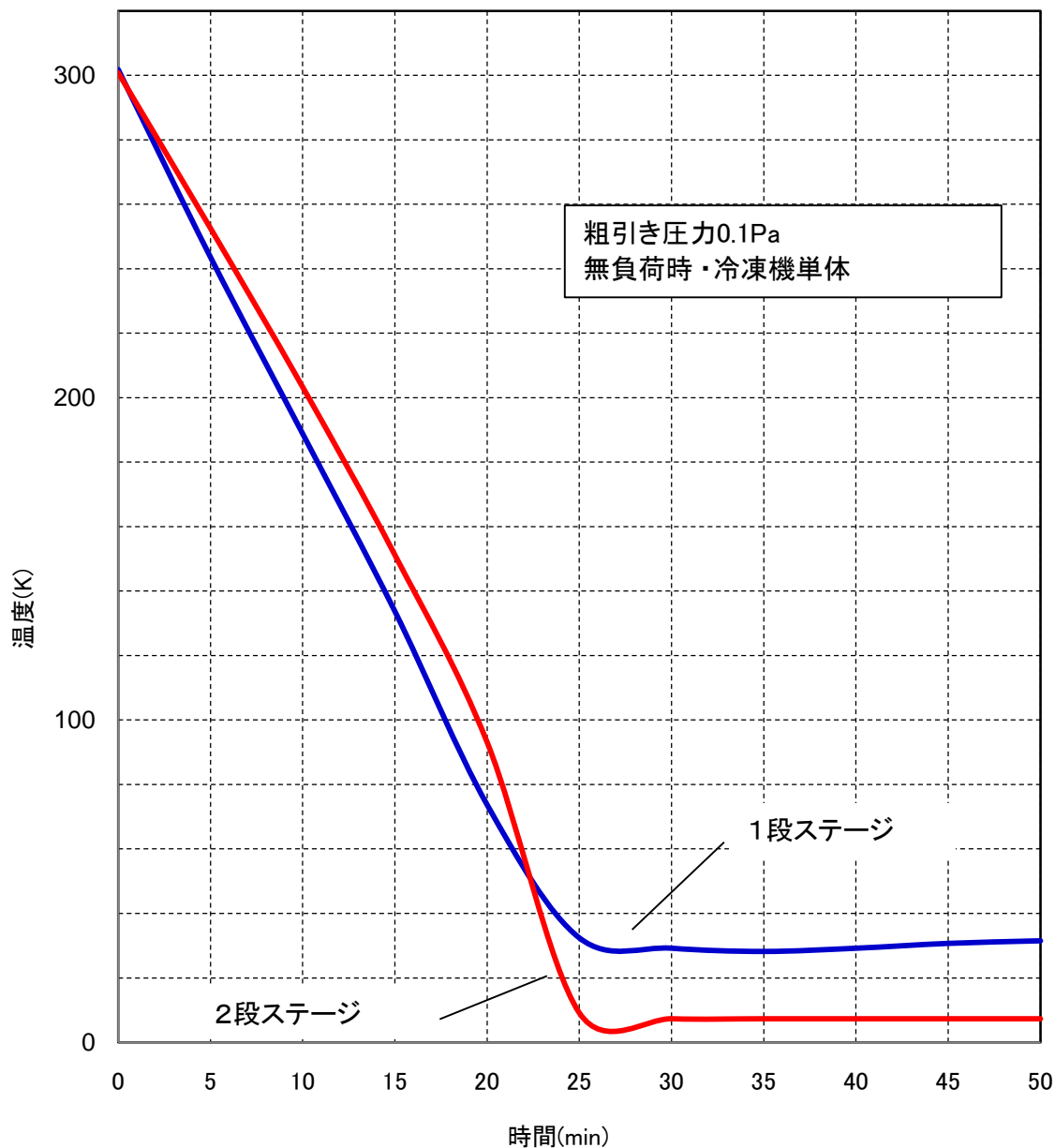
5. RM120ET 冷凍機

(RM120ET+C30PVRT 50Hz)



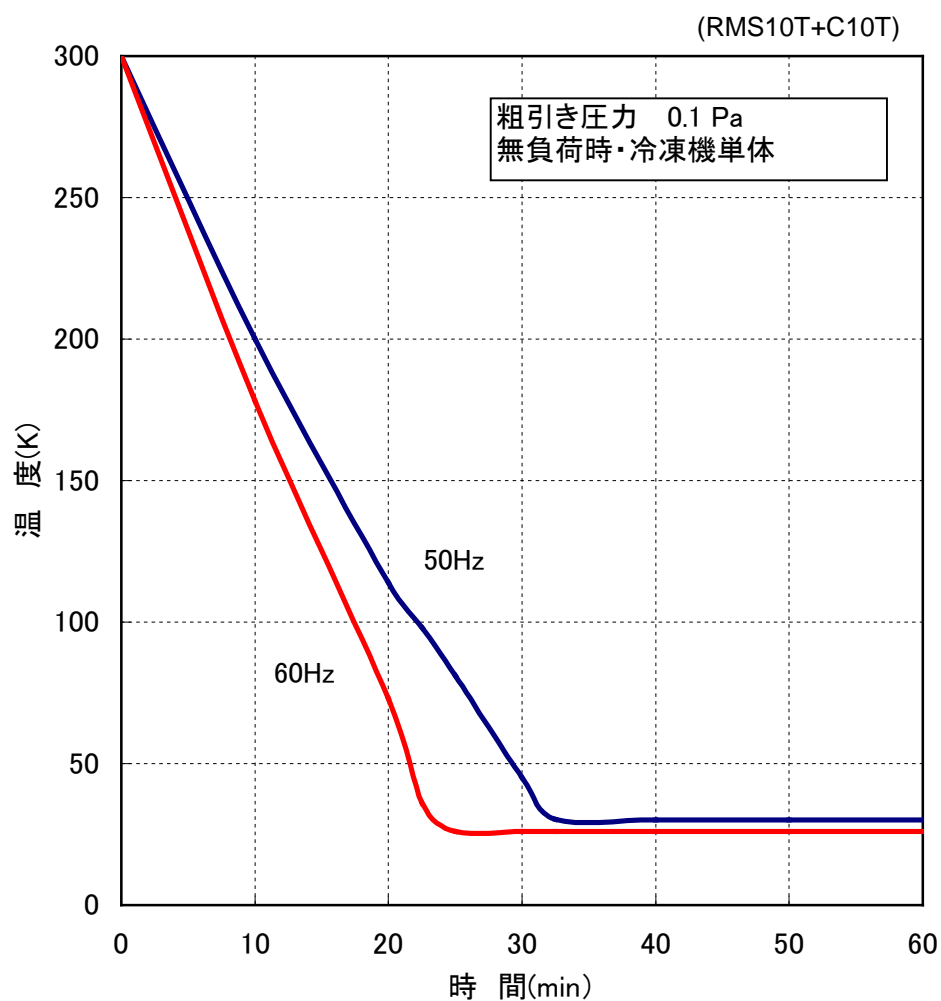
RM120ET 冷却降下特性例 (50Hz)

(RM120ET+C30PVRT 60Hz)



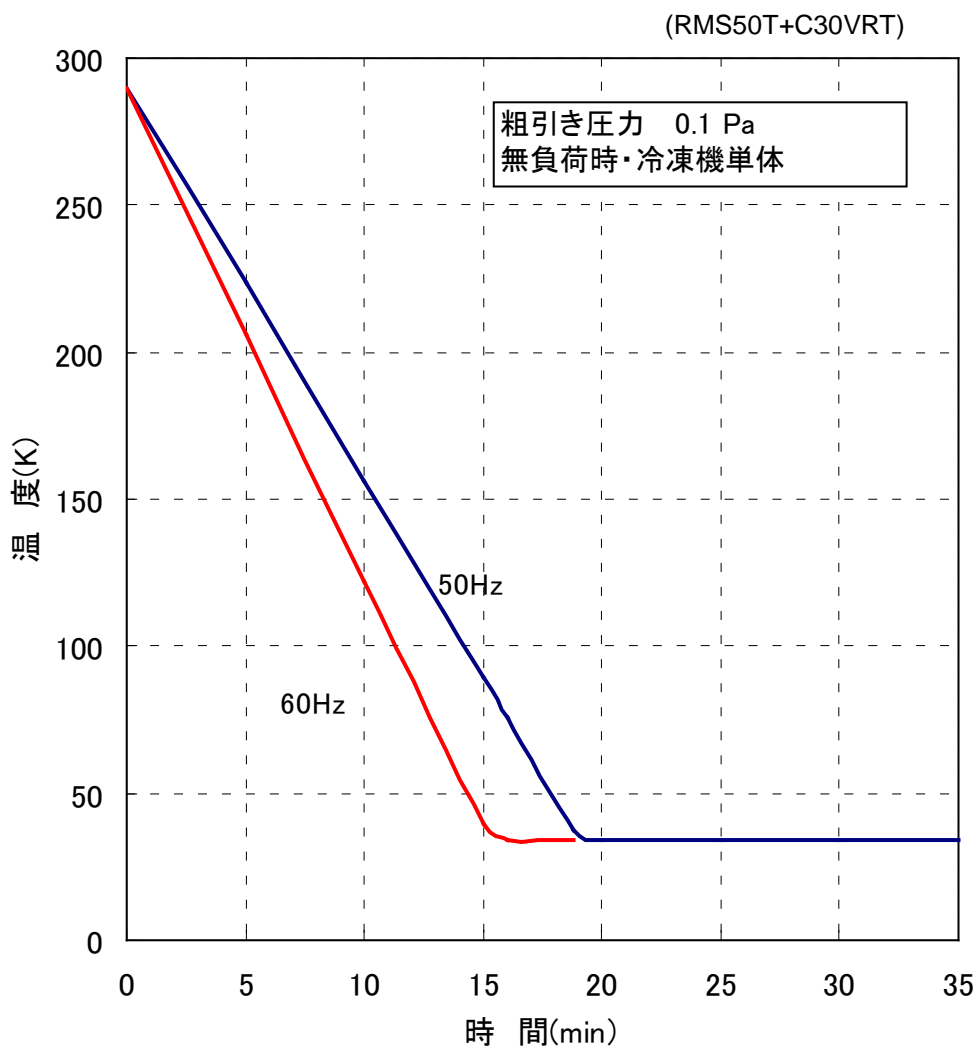
RM120ET 冷却降下特性例 (60Hz)

6. RMS10T 冷凍機



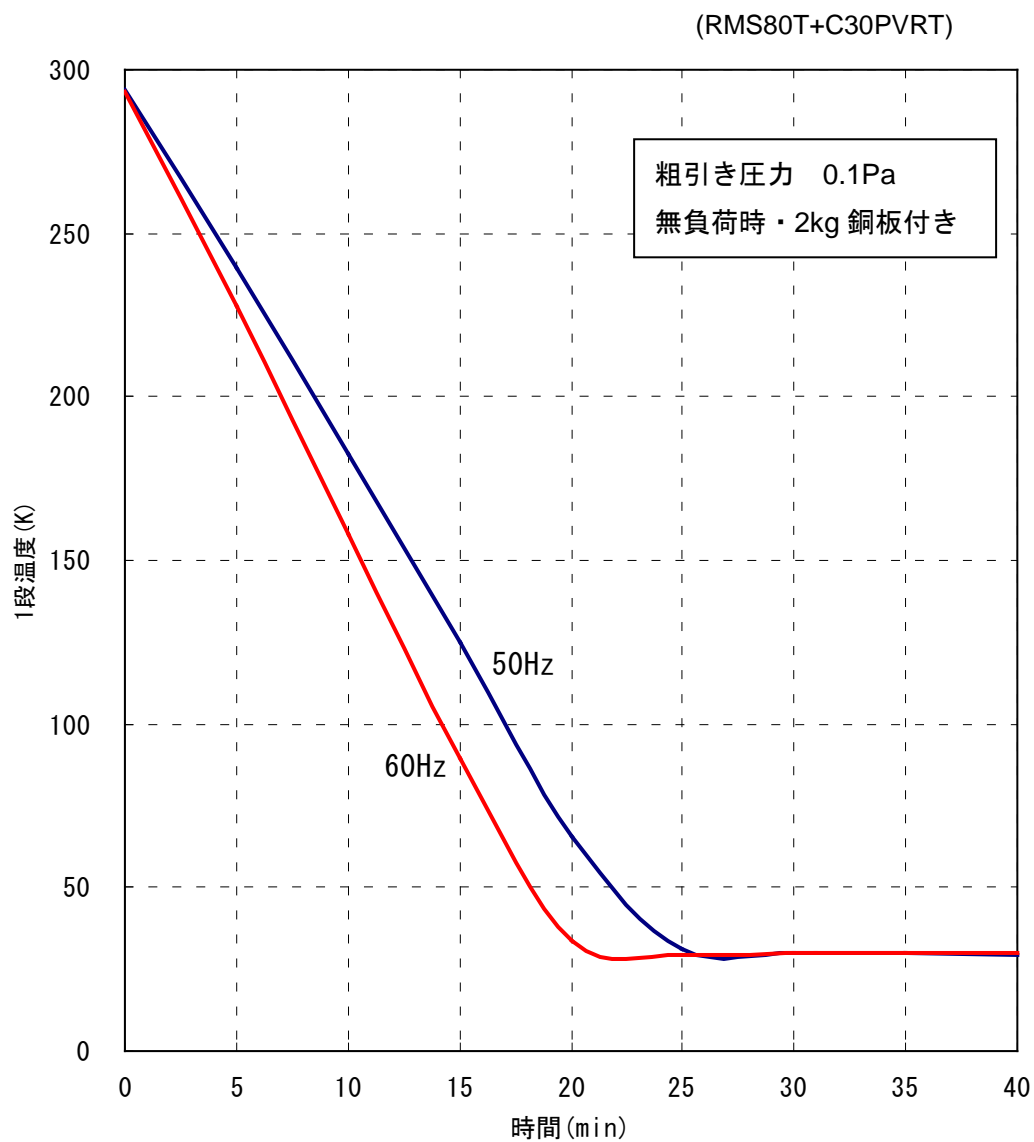
RMS10T 冷却降下特性例

7. RMS50T 冷凍機



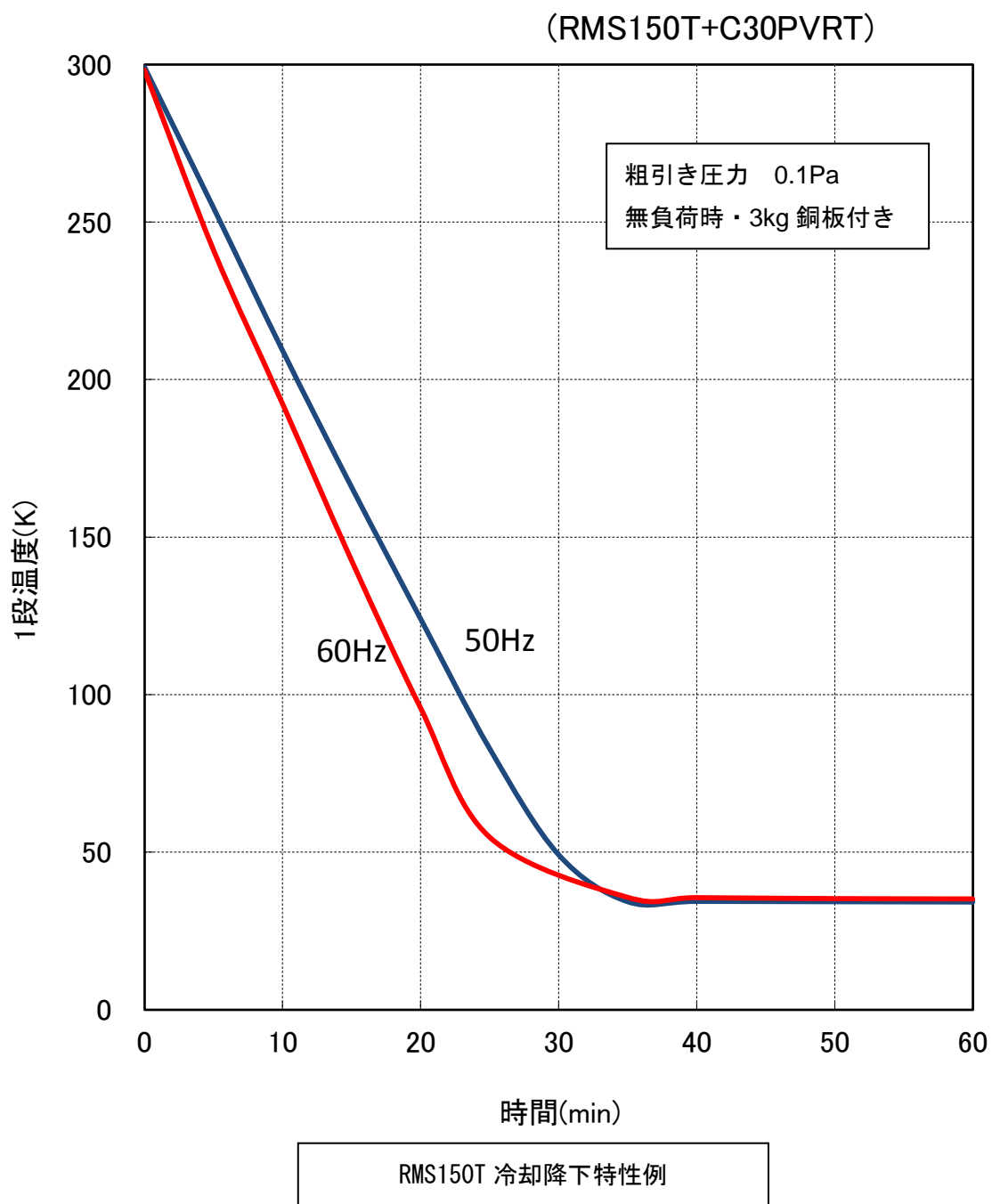
RMS50T 冷却降下特性例

8. RMS80T 冷凍機



RMS80T 冷却降下特性例

9. RMS150T 冷凍機

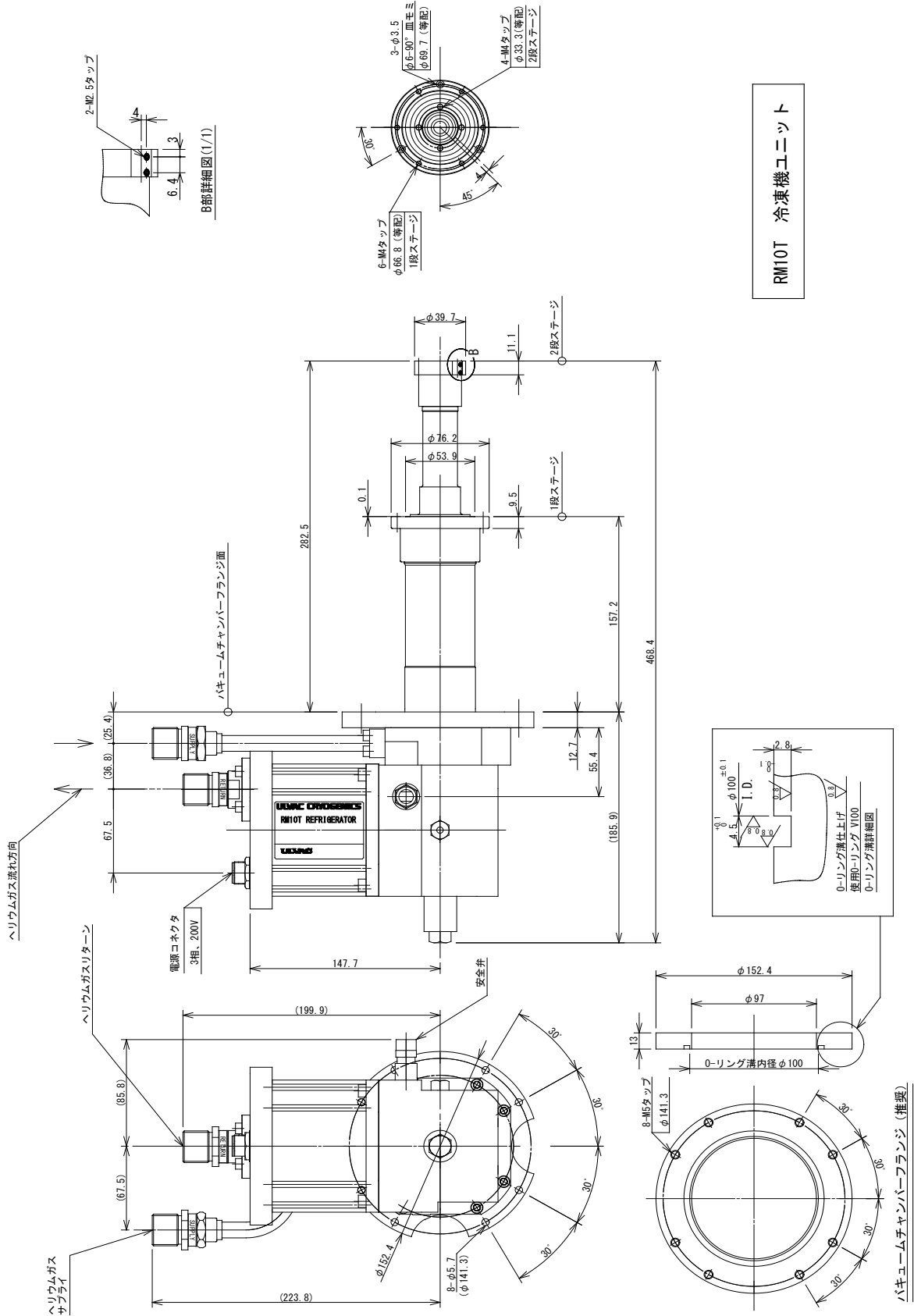


付録 F

外径寸法図

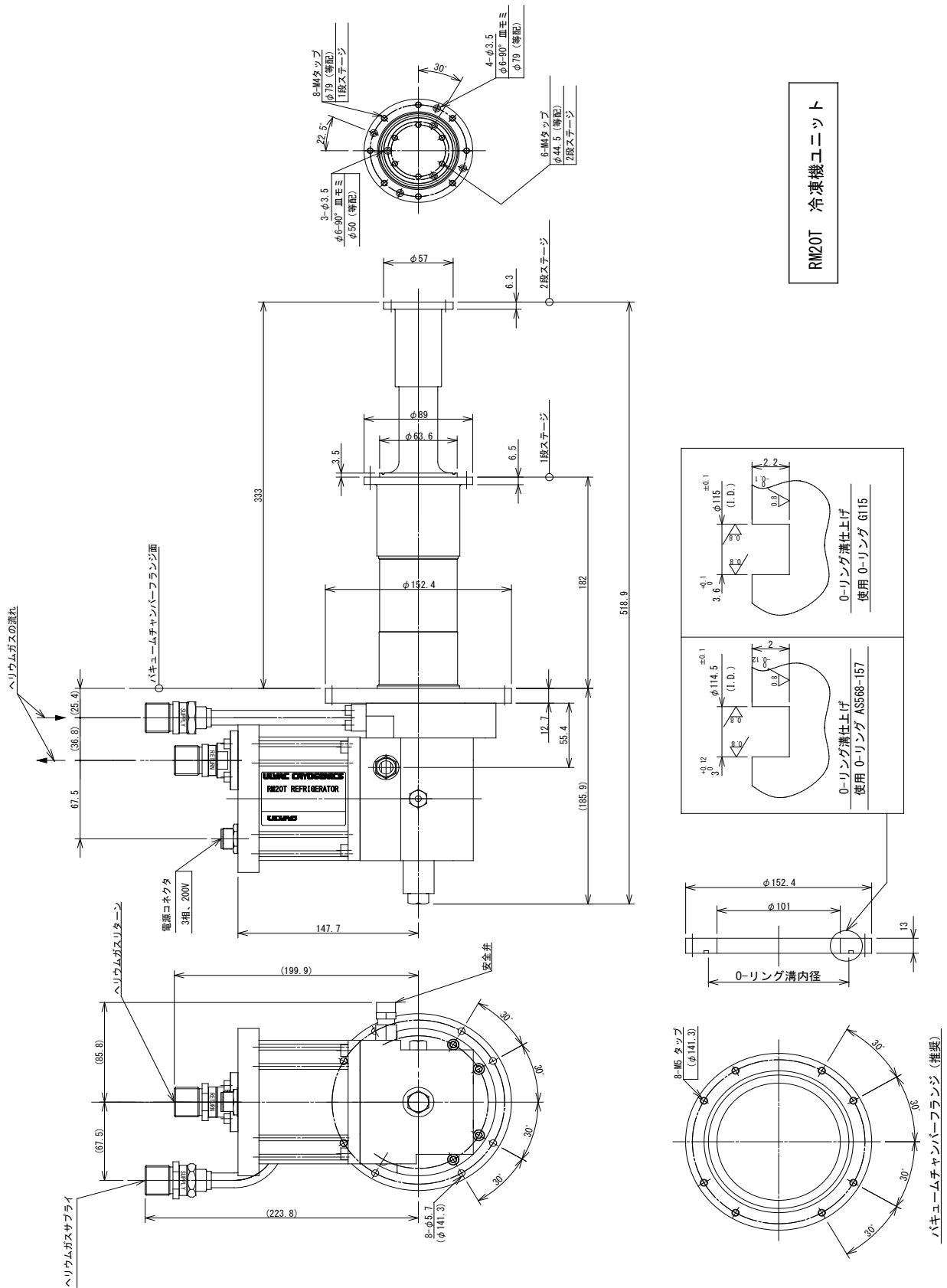
1. RM10T 冷凍機ユニットF-2
2. RM20T 冷凍機ユニットF-3
3. RM50T 冷凍機ユニットF-4
4. RM80T 冷凍機ユニットF-5
5. RM120ET 冷凍機ユニット.....F-6
6. RMS10T 冷凍機ユニットF-7
7. RMS50T 冷凍機ユニットF-8
8. RMS80T 冷凍機ユニットF-9
9. RMS150T 冷凍機ユニット.....F-10

1. RM10T 冷凍機ユニット

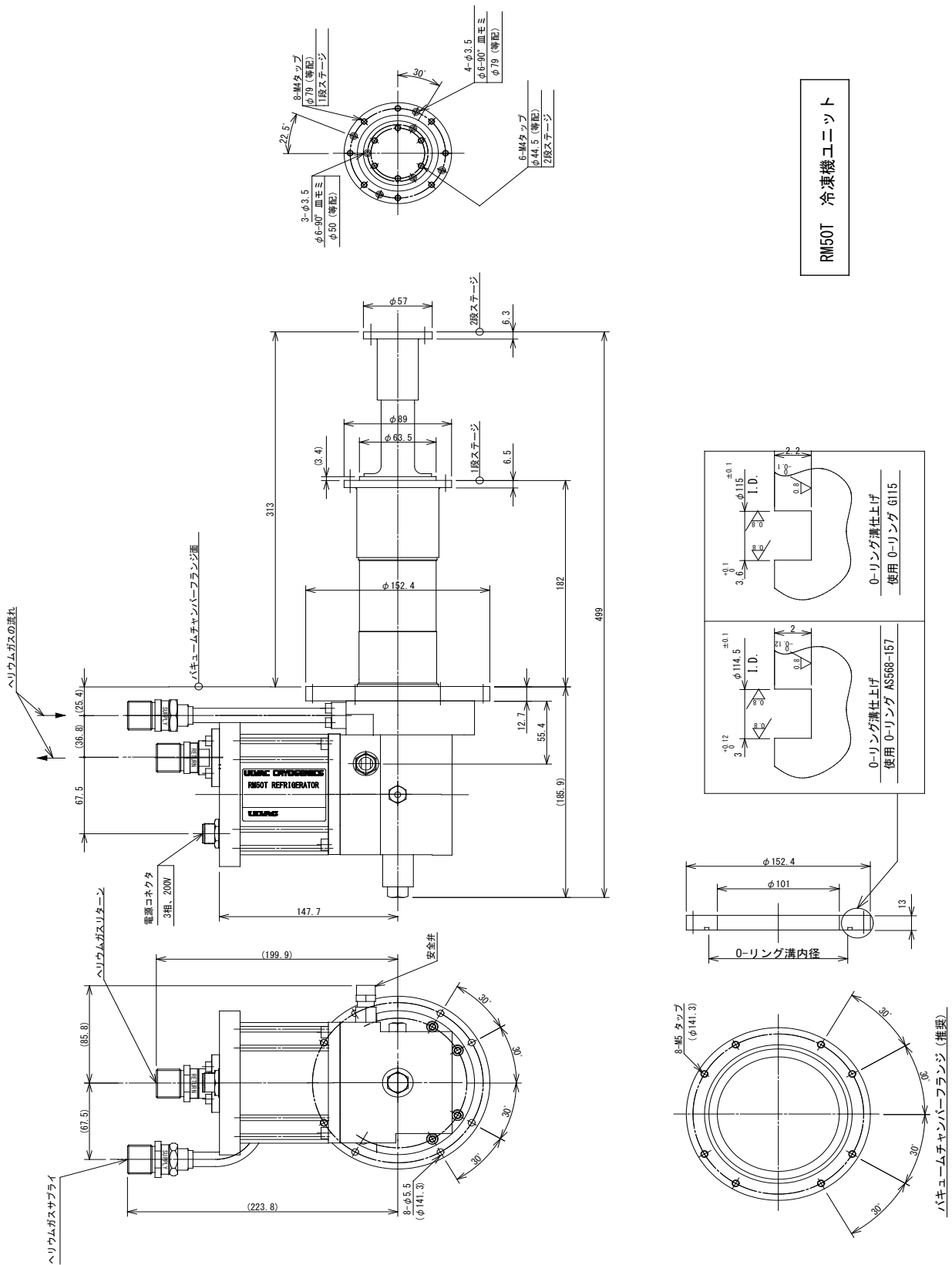


RM10T 冷凍機ユニット

2. RM20T 冷凍機ユニット

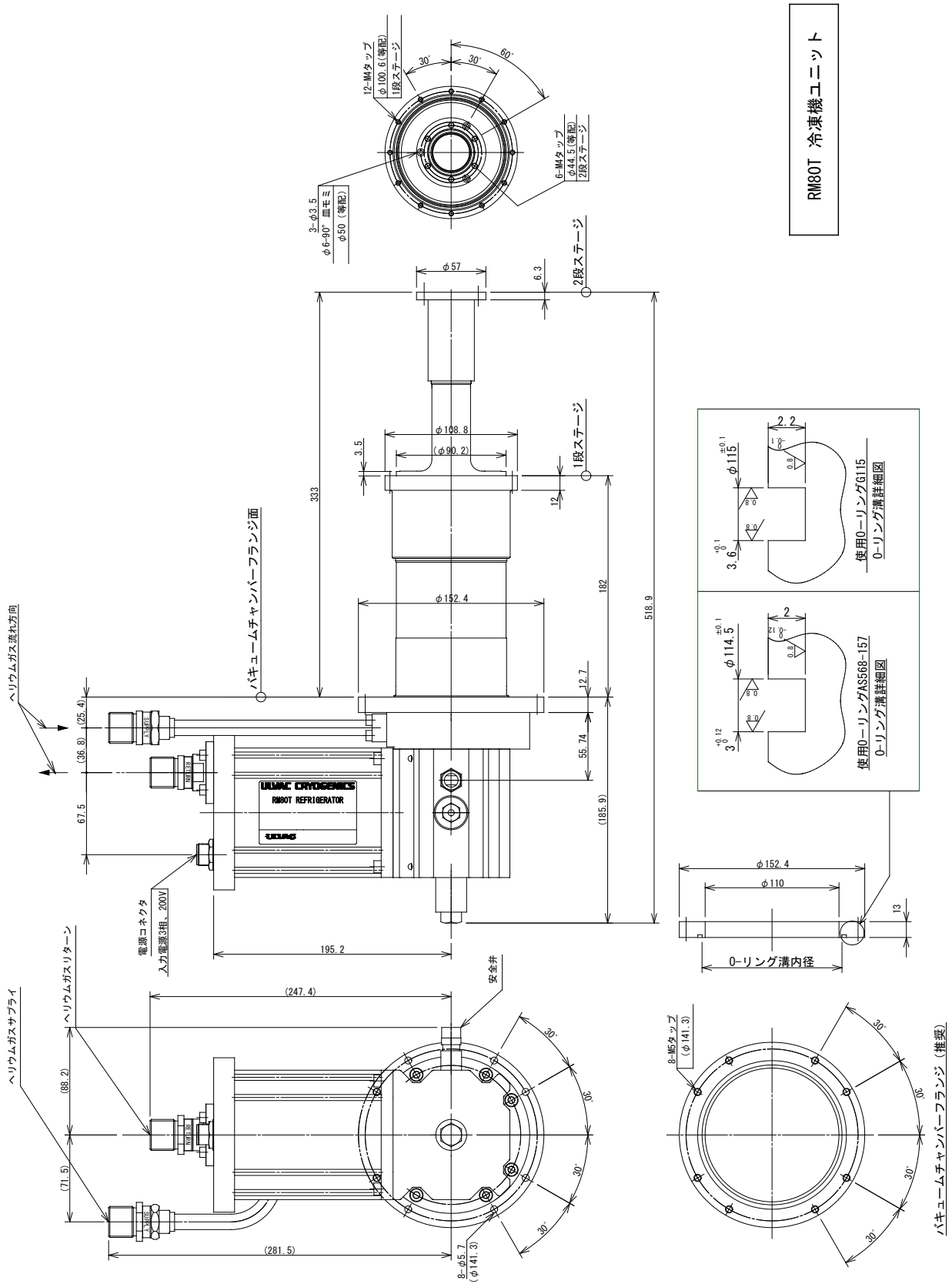


3. RM50T 冷凍機ユニット

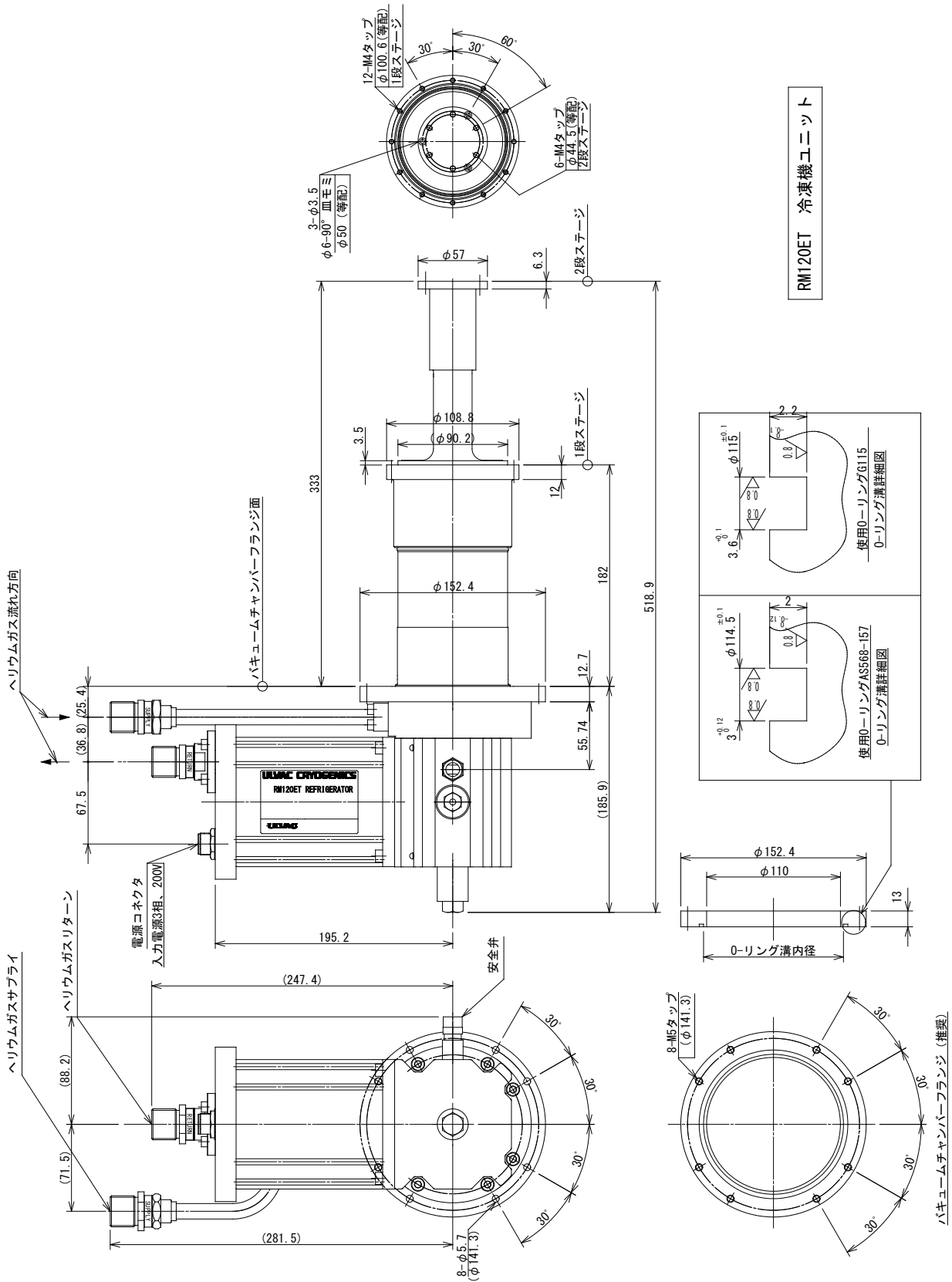


RM50T 冷凍機ユニット

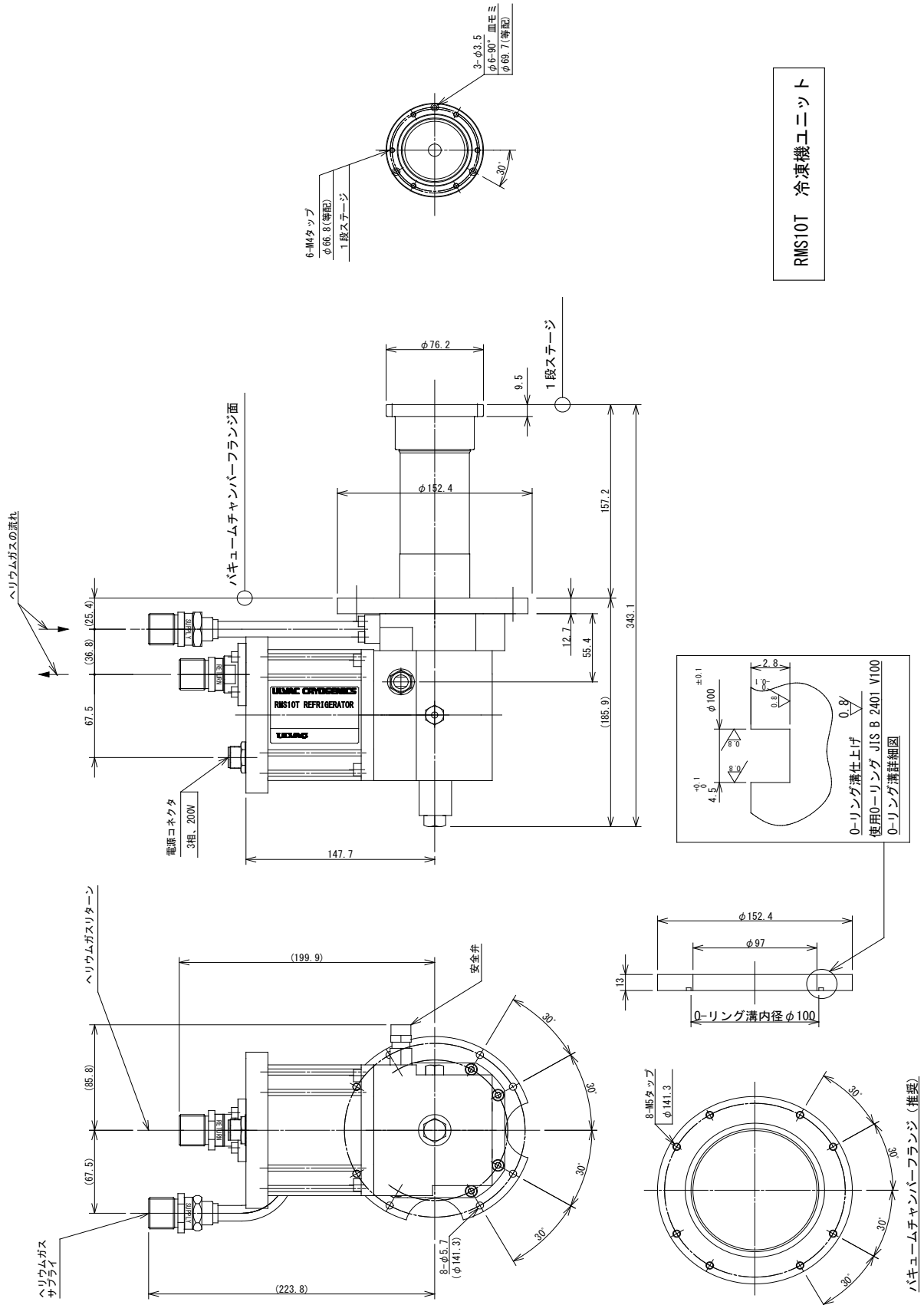
4. RM80T 冷凍機ユニット



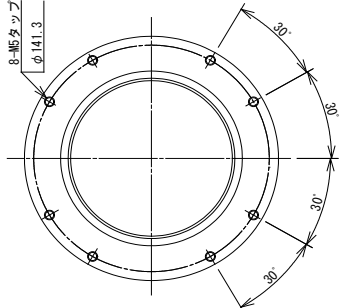
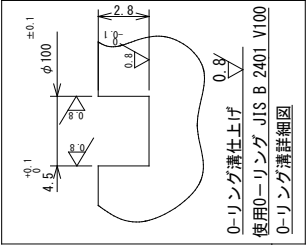
5. RM120ET 冷凍機ユニット



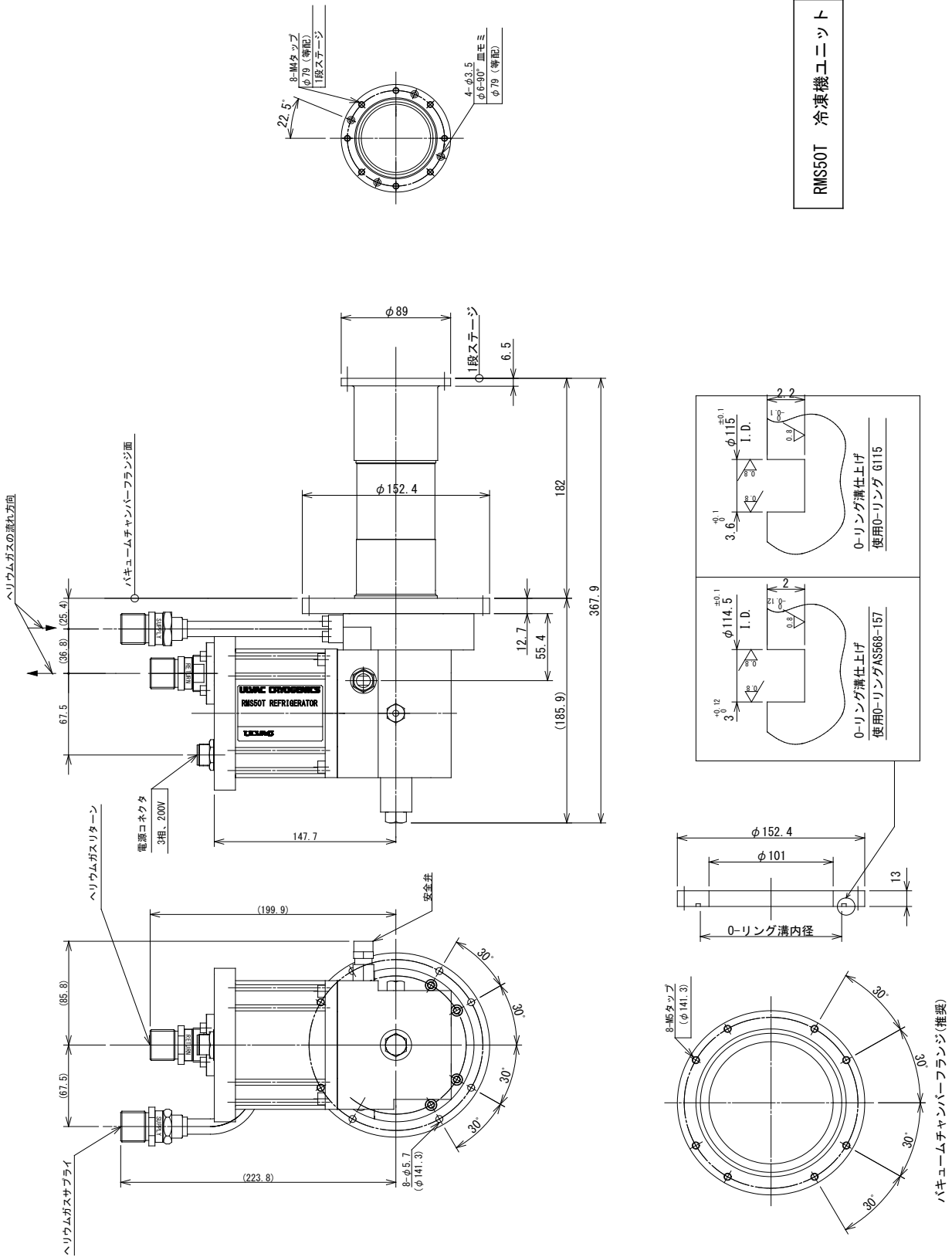
6. RMS10T 冷凍機ユニット



RMS10T 冷凍機ユニット

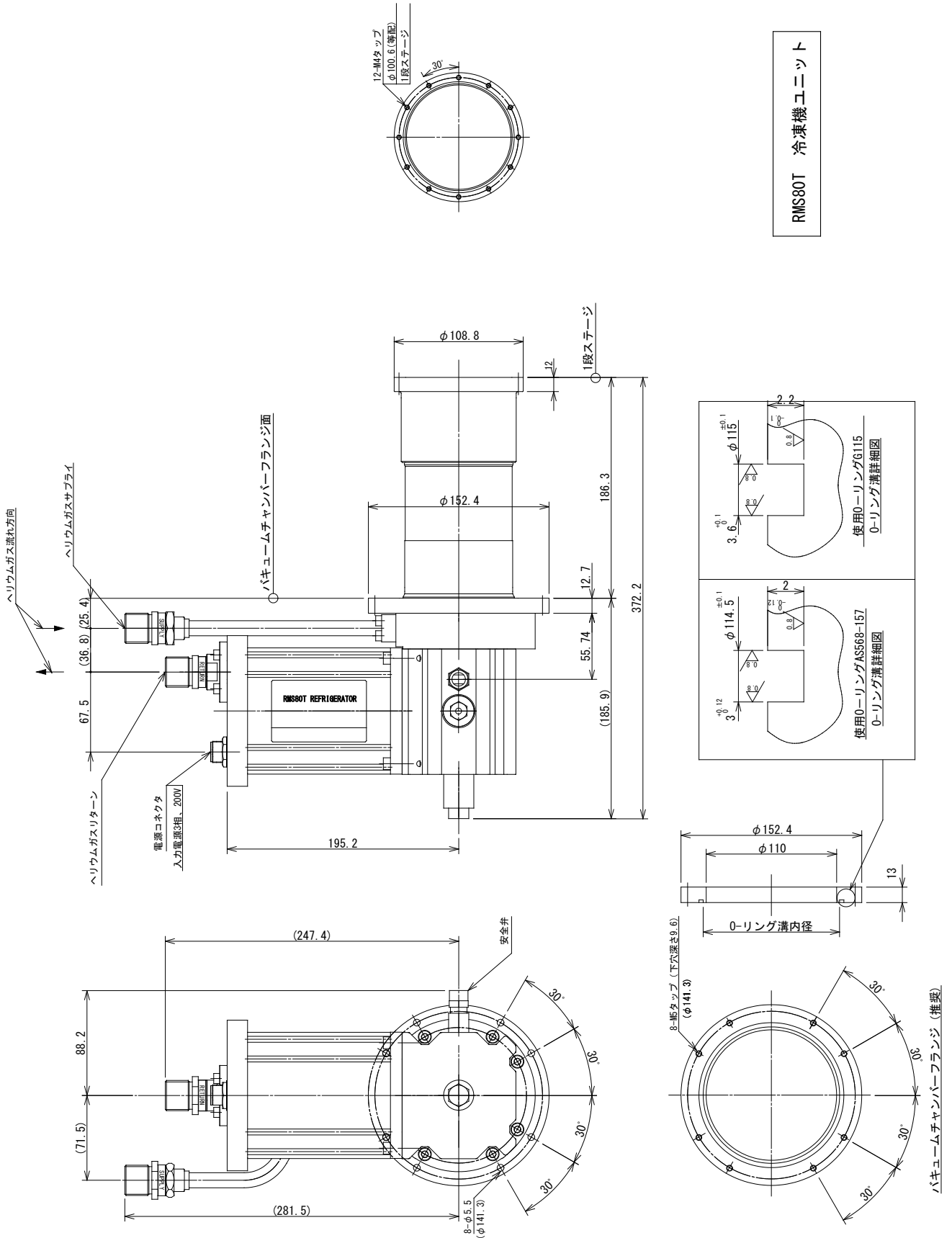


7. RMS50T 冷凍機ユニット

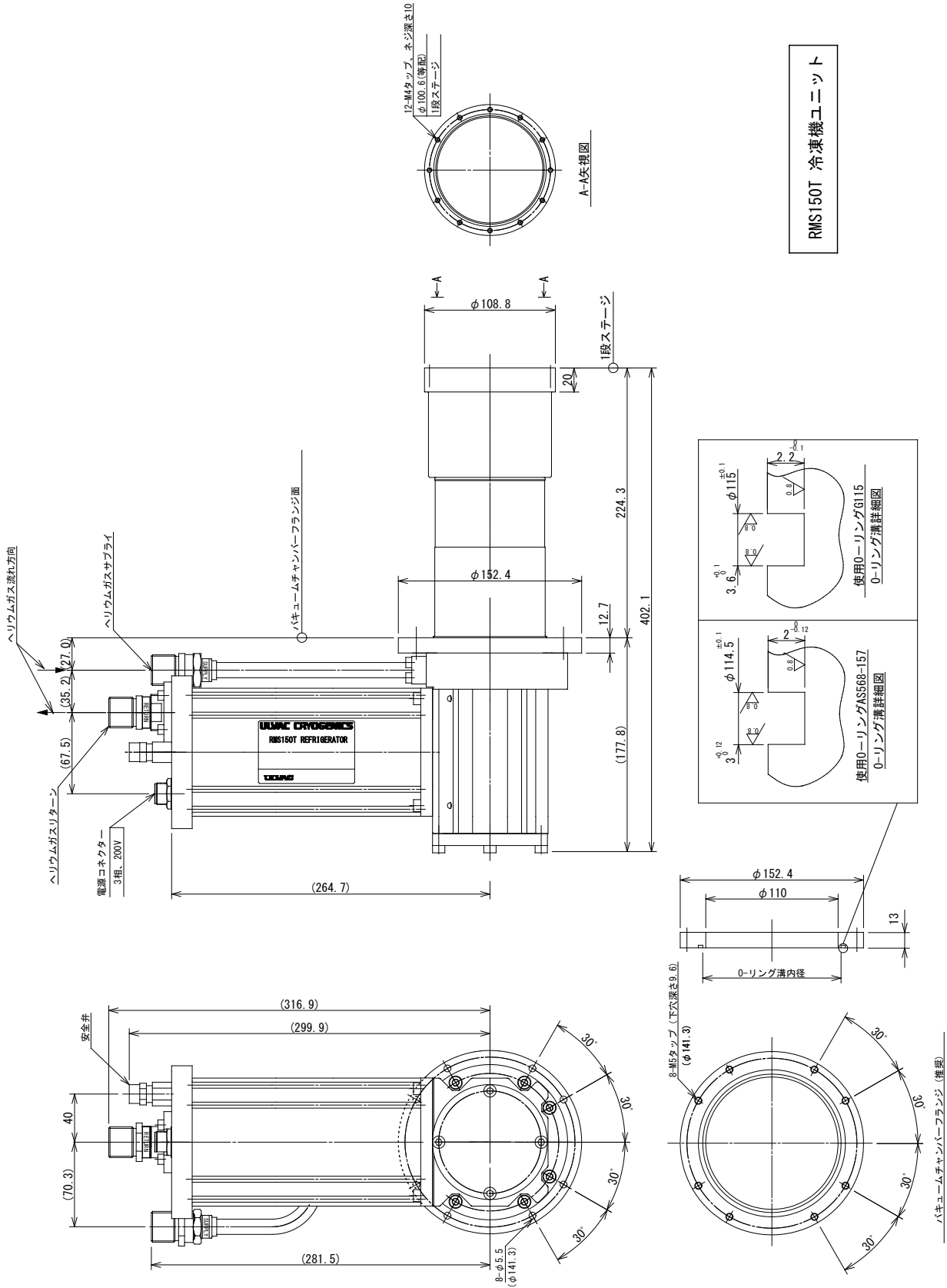


RMS50T 冷凍機ユニット

8. RMS80T 冷凍機ユニット



9. RMS150T 冷凍機ユニット



RMS150T 冷凍機ユニット

サービスネットワーク

- お問い合わせ窓口、メンテナンスやトラブル対応のサービスネットワーク等は、弊社のホームページ www.ulvac-cryo.com でもご案内しています。

アルバック・クライオ株式会社

www.ulvac-cryo.com

〒253-0085 神奈川県茅ヶ崎市矢畑 1222-1

営業 Tel: 0467-85-8884

サービス技術 Tel: 0467-85-9366

Fax: 0467-83-4838

韓国アルバック・クライオ株式会社

ULVAC CRYOGENICS KOREA INC.

www.ulvac-cryo.co.kr

107, Hyeongoksandan-ro, Cheongbuk-Myeon, Pyeongtaek-si,
Gyeonggi-Do, Korea, 17812

Tel: +82-31-683-2926

Fax: +82-31-683-2956

寧波アルバック・クライオ有限公司

ULVAC CRYOGENICS (NINGBO) INC.

www.ulvac-cryo.com

No.888 Tonghui Road, Jiangbei District, Ningbo, China 315020

Tel: +86-574-8790-3322

Fax: +86-574-8791-0707

This page intentionally left blank.

改訂来歴

改訂年月日	改訂番号	改訂内容
2006/01/18	2006.01	初版
2006/02/06	2006FY01	フレキホース接続時の推奨トルク変更。
2006/02/20	2006FY02	5.メンテナンス、表 5-1 保守間隔の冷凍機ユニット備考欄追記。
2006/04/13	2006AL03	R10RT, R20RT, R50RT, RS10T, RS50T モデルの追記。
2006/10/10	2006OR04	誤記訂正。
2007/04/03	2007AL05	誤記訂正。
2009/06/08	2009JE06	「はじめに」の全面見直し。 「冷凍機の廃棄方法」に UCN 追加。 「5.メンテナンス」表 5-1 冷凍機メンテナンス期間、部品全面見直し。 サービスネットワーク全面見直し。
2009/10/21	2009OR07	RM10/RM10T, RM20/RM20T, RM50/RM50T, RM80T, RMS10/RMS10T, RMS50/RMS50T, RMS80T 追加。 冷凍機重量見直し。
2010/11/30	2010NR08	表紙 輸出する際の注意事項 記載内容変更。 3.4 章、4.9 章、5.2 章、5.3 章、付録 B、付録 C ポンプ取説に合わせて修正。 5.1 章 ヘリウム置換、充てん治具セット品名及び品名コード変更。
2011/04/19	2011AL09	表 5-1 冷凍機ユニット名 RS20 誤記削除。
2012/01/10	2012JA10	RS150T 冷凍機ユニット追加。 P.1-4 ◆コンプレッサユニットとの組み合わせ C10E, C2W-U, C20A を削除し、C15R を追加。 サービスネットワーク改訂。
2012/03/29	2012MH11	「正しく安全にお使い頂くために」項目追加。 P.4-3 ■昇温を早めたい場合は 記載内容変更。 P.5-2 表 5-2 「保守間隔」 表下部の注記記載内容変更。 P.5-7 「参考のために」記載内容変更。
2013/01/07	2013JA12	P.S-9 冷凍機ユニットを正しく安全にお使い頂くために「9. 冷凍機のメンテナンスについて」を削除。

2013/03/19	2013MH13	サービスネットワーク改訂。 表紙「輸出する際の注意事項」追記。
2013/11/06	2013NR14	サービスネットワーク改訂。 RM120ET 追加。 表紙「輸出する際の注意事項」改訂。 「はじめに」改訂。 「3. 冷凍機ユニットの取付け」「4. 冷凍機ユニットの運転」 記載内容修正。 「5. メンテナンス」表 5-1 表のタイトルを変更。 コンプレッサ停止後のヘリウム充てんについて注意を追加。 「B. フレキホース」20Aフレキホース仕様を追加。 「サービスネットワーク」改訂。
2014/03/05	2014MH15	RMS150T に関する内容を追加。 P.5-7 手順 8 に「粗引きポンプは油逆流のないドライポンプを 推奨します」を追加。
2014/04/11	2014AL16	P.1-4 「冷凍機モータタイプ 3 相仕様」の一覧 記載内容変更。 P.4-4 図 4-1 「フレキホースの取り外し」矢印を追加。 P.5-2 表 5-1 「推奨する保守間隔及び交換部品」記載内容変更。
2015/06/11	2015JE17	「5. メンテナンス」改訂
2016/01/22	2016JA18	「1.2 仕様」表 1-1 記載内容を修正。 付録 D R80RT、RM80T 冷凍能力曲線例 (60Hz) を追加。 付録 E R80RT、RM80T 冷却降下特性例 (60Hz) を追加。
2018/04/19	2018AL19	付録 F RMS80T 外径寸法図を変更。 「サービスネットワーク」改訂。
2021/05/28	2021MY20	全般：対象の機種を変更。 「1.2 仕様」表 1-1 記載内容を修正
2023/07/19	2023JU21	「冷凍機ユニットを正しく安全にお使い頂くために」改訂。