

4 K 冷凍機

取扱説明書

UHE10F

UHE12F

UHE15F

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

冷凍機を正しく安全にお使い頂くために	S-1
廃棄方法について	IW-1
1. 4K 冷凍機の概要	1-1
1.1 概要	1-1
1.2 4 K 冷凍機の仕様	1-3
1.3 真空槽の仕様	1-4
1.4 適合規格（冷凍機）	1-4
2. 製品を受けとったら	2-1
2.1 梱包仕様	2-1
2.2 4 K 冷凍機の受け取り点検	2-2
3. 4 K 冷凍機の取付け	3-1
3.1 4 K 冷凍機の使用に必要な機器	3-1
3.2 4 K 冷凍機の真空槽への取付け	3-3
3.3 粗引き配管の接続	3-4
3.4 冷却水配管の接続	3-4
3.5 4 K 冷凍機とコンプレッサユニットの接続（フレキホースの接続）	3-4
3.6 リモート配線の接続	3-5
3.7 電気ケーブルの接続	3-5
4. 4 K 冷凍機の運転	4-1
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 危険な物質の取扱い	4-4
5. 4 K 冷凍機の取り外しと保管	5-1
5.1 フレキホースの取り外し	5-1
5.2 4 K 冷凍機の保管	5-2

6.	メンテナンス	6-1
6.1	定期メンテナンスと不定期メンテナンス	6-1
6.2	4 K冷凍機システムへのヘリウムガスの補充	6-2

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	外形寸法図	D-1
E	自己宣言書	E-1
	サービスネットワーク	CS-1

図

図 1-1	基本的な4 K冷凍機システム	1-2
図 3-1	UHE10F冷凍機取付け用フランジ	3-1
図 3-2	UHE10F冷凍機の保守空間(単位: mm)	3-3
図 3-3	フレキホースの接続	3-6
図 3-4	フレキホースの脱着方法	3-7
図 5-1	フレキホースの取り外し	5-1
図 6-1	4 K冷凍機システムのヘリウムガスの補充	6-3
図 D-1	各種気体の蒸気圧	D-2
図 E-1	冷凍の原理	E-1
図 E-2	G-Mサイクルの動作原理	E-3
図 E-3	2段式冷凍機	E-3

表

表 1-1	4 K冷凍機システム標準構成	1-3
表 1-2	4 K冷凍機標準能力	1-3
表 1-3	4 K冷凍機標準仕様	1-4
表 2-1	梱包内容(4 K冷凍機システムでご購入の場合)	2-1
表 2-2	梱包内容(4 K冷凍機のみでご購入の場合)	2-1
表 6-1	保守間隔	6-2
表 A-1	故障診断表	A-1
表 A-2	運転データシート	A-4

冷凍機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。

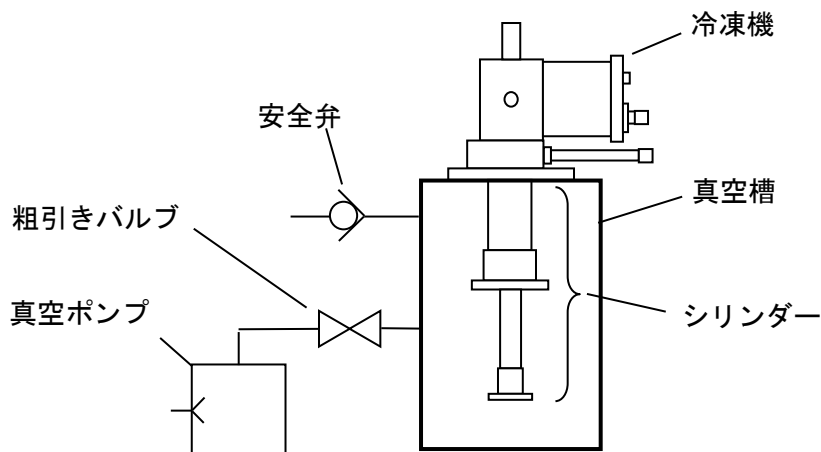
1. クライオスタット等には必ず安全弁を取り付けてください。



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（コールドヘッド）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S-1）。



図S-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S-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S-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. プロセスの変更に当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



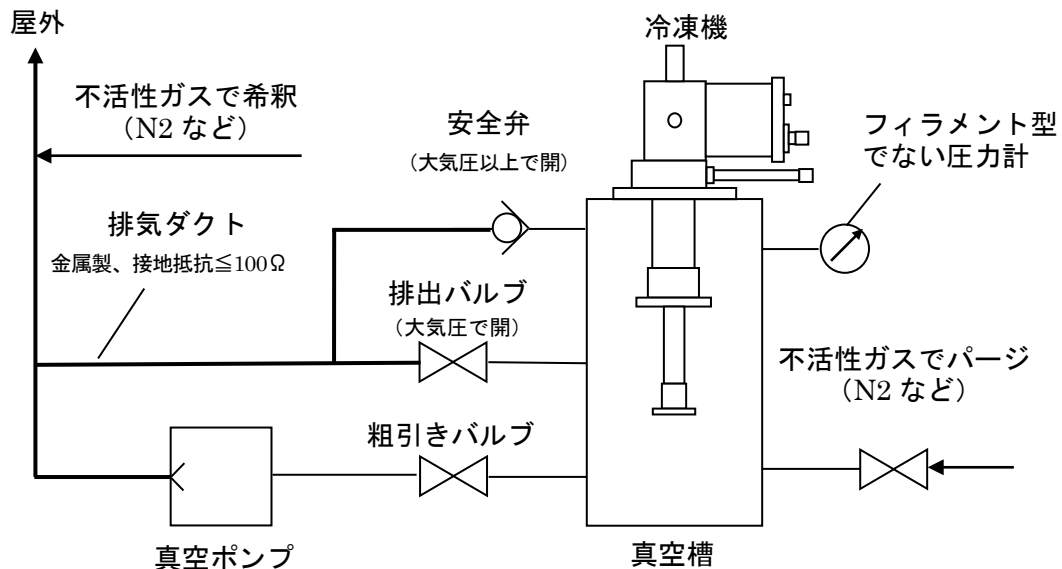
冷凍機で可燃性ガス、爆発性ガス、あるいは支燃性ガス等を排気した場合は、一旦凝縮して溜め込まれたそれらのガスを安全に気化させ排出処理しなければなりません。冷凍機を安全にご使用頂くために、停止・昇温方法に関する安全上の対策を以下に述べます。安全を確保するために、ハード及びソフトの両面から適切な安全措置を実施ください。尚、前述の危険なガスは、プラズマ反応などにより真空槽内で生成される場合がありますので、この点も注意してください。

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S-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S-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. 冷凍機の腐食によるシリンダの破裂



冷凍機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。

冷凍機としての機能上、ステンレススチールは特に薄肉構造となっています。運転中の冷凍機内のヘリウム圧力は約 2~2.5MPaG 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。

☆腐食性ガスを排気する場合は定期的な検査をおすすめします。

☆弊社では大気圧下でシリンダ内に使用圧力の 1.5 倍のガス圧をかけて耐圧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、か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。

お客様ご自身でメンテナンス、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大気圧まで完全に抜いてください。
2. ガス圧が0MPa(gauge)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S-3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。

お客様ご自身で組立を行う場合は下記のご注意をお願いします。

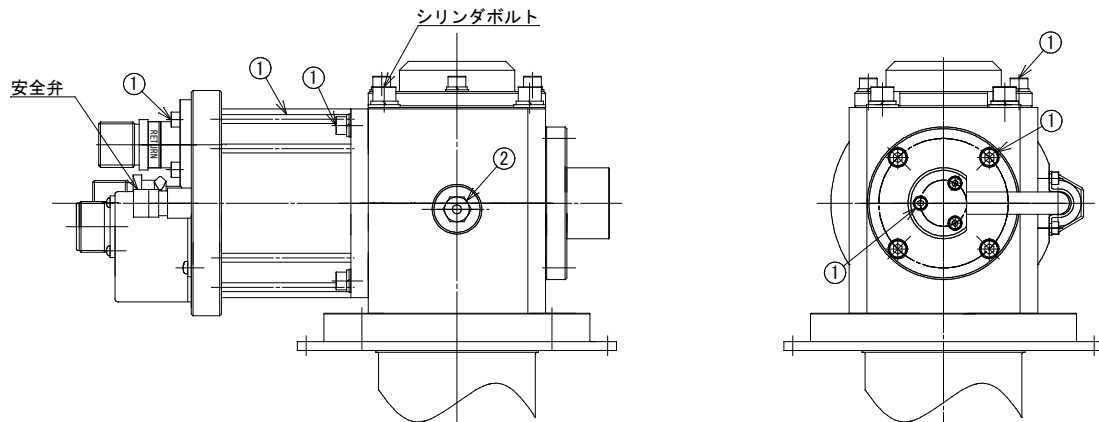
1. 各部のボルトはゆるみがないように対角に締めてください。
2. シリンダボルト(M8×4本)は最も圧力による荷重がかかるためトルク22N・mでトルク管理をしてください。
3. 冷凍機にガス充てんする時は異常が無いことを確認しながらゆっくり行ってください。
4. 冷凍機内部を冷凍機のヘリウムガス置換(取扱説明書に記載)に沿ってヘリウムガス置換を行ってください。

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。

UHE10F

UHE12F

UHE15F



①：ボルト ②：プラグ

図S-3. ボルト位置

9. 冷凍機のメンテナンスについて



冷凍機には定期的に交換を必要とする内部部品があります（第6章メンテナンス参照）。UHEシリーズでは、これらのメンテナンス作業を全て弊社が行いますので、弊社サービス技術部、または最寄りのCSセンターにご連絡ください。

10. 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、高圧充填したヘリウムガスを循環し冷凍サイクルを動作させていますが、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。ヘリウムガスの圧力を規定値以上に上げると冷凍機やコンプレッサの安全弁よりヘリウムガスが吹き出し、安全弁シート部で微細な異物をかみ込んでヘリウムリークの原因となることがあります。また、コンプレッサユニットによっては高圧スイッチ（異常圧監視スイッチ）が働き、冷凍機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。

1 1. 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。

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. 4 K 冷凍機概要

1.1	概要.....	1-1
1.2	4 K 冷凍機の仕様.....	1-3
1.3	真空槽の仕様.....	1-4
1.4	適合規格（冷凍機）.....	1-5

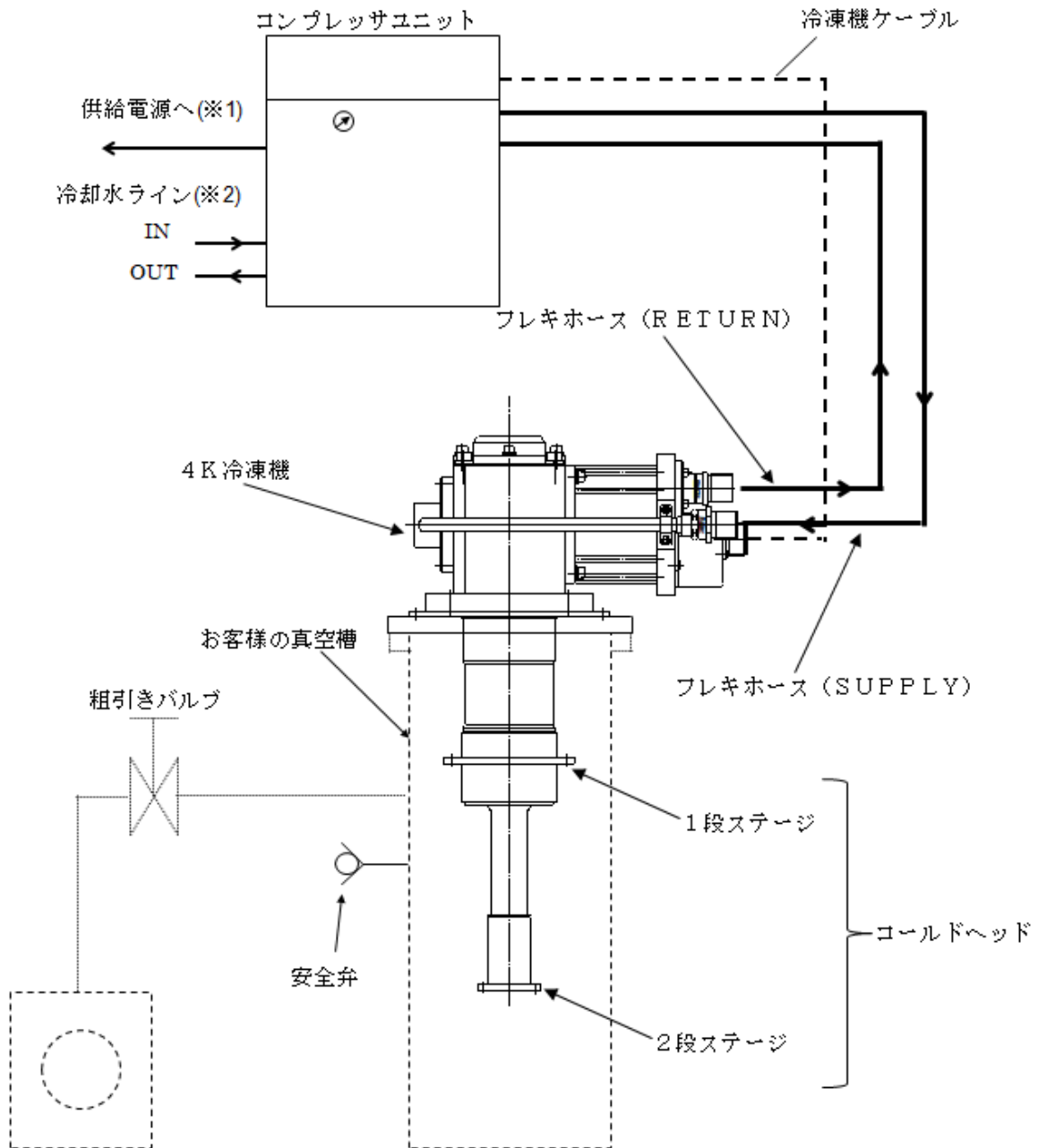
1.1 概要

4 K 冷凍機を使用した冷凍機システムは、4 K 近傍の極低温を長時間、連続的に安定して維持することができます。4 K 冷凍機システム（図 1-1 参照）は、4 K 冷凍機、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、ヘリウムガスを冷媒として使用しています。

4 K 冷凍機システムは、極低温を必要とする多くの用途で使用可能です。このシステムを極低温の冷却源として使用すれば、液体窒素や液体ヘリウム等の寒剤を使用した装置では困難な装置設計上の制限が大幅に改善されます。さらに、4 K 冷凍機はどの方向でも取り付け可能（※1）であるため、装置設計上の自由度が広がるなど、寒剤を使用することでもたらされる様々な制約がなくなります。

4 K 冷凍機システムは、超伝導コイルの冷却、低温物性測定用クライオ・スタット、光学測定用クライオ・スタット、超伝導センサーを応用した高感度計測装置等に使用されます。

（※1）取り付け方向によっては、冷凍機の性能が若干変わる場合があります。なお、当 4 K 冷凍機の冷凍能力の仕様値は、コールドヘッドが下向きの場合です（表 1-2 参照）。



(※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の場合は、冷却水ラインはありません。

図 1-1 基本的な 4 K 冷凍機システム

1.2 4 K 冷凍機の仕様

表 1-1 4 K 冷凍機システム標準構成

4 K 冷凍機	コンプレッサ ユニット ^{※1}	電源	冷却方式
UHE10F UHE12F UHE15F	C30F2	AC200V 3φ, 50Hz	水冷
		AC200V 3φ, 60Hz	
	AC208V 3φ, 60Hz		
UHE10F UHE12F UHE15F	C30F4	AC220V 3φ, 60Hz	水冷
		AC380V 3φ, 50Hz	
		AC400V 3φ, 50Hz	
UHE10F UHE12F UHE15F	C30F4	AC415V 3φ, 50Hz	水冷
		AC480V 3φ, 60Hz	
		AC200V × 3φ, 50/60Hz	

(※1) 仕様詳細はコンプレッサユニットの取扱説明書を参照ください。

表 1-2 4 K 冷凍機標準能力

4 K 冷凍機	電源 周波数	冷凍能力 ^{※1}		4.2K までの 冷却時間 ^{※2}	2 段ステージ 到達温度 ^{※2}
		1 段 ステージ	2 段 ステージ		
UHE10F	50/60 Hz	40/50 W 43 K	1.0 W 4.2 K	60 分	2.7 K
UHE12F ^{※3}	50/60 Hz	53/60 W 43 K	1.25 W 4.2 K	60 分	2.7 K
UHE15F	50/60 Hz	35/45 W 50 K	1.5 W 4.2 K	60 分	2.7 K

(※1) コールドヘッドが下向き時の値です。冷凍能力はコールドヘッドの向きによって若干変化します。また、この冷凍能力は 1 段ステージと 2 段ステージにそれぞれの熱負荷を同時に与えた時の値です。

(※2) 無負荷時の値です。冷却時間は取付けられた被冷却物の熱容量に影響され、到達温度は周囲環境からの入熱に影響されます。

(※3) UHE12F の標準能力はフレキシブルホース 20A × 20m 時の冷凍能力です。UHE10F、UHE15F はフレキシブルホース 20A × 10m 時の冷凍能力です。

表 1-3 4 K 冷凍機標準仕様

4 K 冷凍機	UHE10F	UHE12F	UHE15F
冷凍サイクル	G-M サイクル		
ヘリウムガス継手	1/2B セルフシールカップリング		
外形寸法図	付録 F を参照		
封入ガス圧	1.60MPa (20°C)		
重量	18kg		19kg
使用環境			
運転時の周囲温度	10~35°C		
湿度	20~90% (結露なきこと)		
許容磁場	≤500G		
標高	<1000m		
雰囲気	金属分、ほこり、燃焼ガス、腐食性ガスがない場所		
定格電圧	AC200V, 3φ (50Hz/60Hz)		
電流	0.48A MAX		
耐電圧	AC 1500V 1分間		
絶縁抵抗	DC 500V 100MΩ 以上		
過電圧カテゴリ	II		

1.3 真空槽の仕様

4 K 冷凍機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、4 K 冷凍機を真空槽に取付ける必要があります（4 K 冷凍機を 1 段ステージ 60K 以下、2 段ステージ 4.2K 以下の温度領域で使用するためには 1×10^{-2} Pa 以下の真空が必要です）。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槽を推奨します。

また、真空槽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。

1.4 適合規格（冷凍機）

マーク	適用規格	ファイル No. 認証機関
	UL471 : 10 th Ed.	File No. SA44290
	<p>Machinery Directive(MD):2006/42/EC</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ EN ISO 12100: 2010 ・ EN 60204-1:2006+A1:2009 <p>Electro Magnetic Compatibility Directive (EMC):</p> <p>2014/30/EC</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ EN 61000-6-4:2007+A1:2011 ・ EN 61000-6-2:2005 ・ EN 61000-3-2:2014 ・ EN 61000-3-3:2013 ・ EN 60601-1-2:2015 ・ EN 55011:2009+A1:2010 <p>RoHS Directive:2011/65/EU</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ EN 50581:2012 	自己宣言による CE マーキング

This page intentionally left blank.

2. 製品を受けとったら

- 2.1 梱包仕様 2-1
 2.2 4 K冷凍機の受け取り点検 2-2

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。4 K冷凍機をシステムでご購入された場合、表2-1の梱包内容がお手元に届きます。

4 K冷凍機のみをご購入された場合は、表2-2の梱包内容がお手元に届きます。

なお、詳細は「送品案内状」をご確認ください。

表 2-1 梱包内容（4 K冷凍機システムでご購入の場合）

梱包	梱包の個数	梱包の中身	数量
(1)	1	4 K冷凍機	1台
(2)	1	コンプレッサユニット	1台
(3)	1	コンプレッサ付属アクセサリ類(*1)	1式
		本取扱説明書	1冊
		コンプレッサユニット取扱説明書	1冊

(*1)電源ケーブル、冷凍機ケーブル、リモート用コネクタ、フレキホース、スパナセットなど。但し、付属する内容はコンプレッサの種類により異なります。詳細はコンプレッサ取扱説明書を参照ください。

表 2-2 梱包内容（4 K冷凍機のみでご購入の場合）

梱包	梱包の個数	梱包の中身	数量
(1)	1	4 K冷凍機	1台
(2)	1	本取扱説明書	1冊

2.2 4 K冷凍機の受け取り点検

製品を箱から出し、外部に傷やへこみ、コネクタの変形やシリンダーに打痕等がないこと、また、付属品の欠品がないことを確認してください。

損傷や欠品があった場合は、弊社サービス技術部、または最寄りの CS センターまでご連絡ください。

3. 4 K 冷凍機の取付け

3.1	4 K 冷凍機の使用に必要な機器	3-1
3.2	4 K 冷凍機の真空槽への取付け	3-3
3.3	粗引き配管の接続	3-4
3.4	冷却水配管の接続	3-4
3.5	4 K 冷凍機とコンプレッサユニットの接続（フレキホースの接続）	3-4
3.6	リモート配線の接続	3-5
3.7	電気ケーブルの接続	3-5

3.1 4 K 冷凍機の使用に必要な機器

4 K 冷凍機を使用するためには、次のような機器が必要です。

- ◆真空槽 : お客様に用意して頂く真空槽は、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ものを推奨します。4 K 冷凍機を 1 段階 60K 以下、2 段階 4.2K 以下の温度領域で使用するためには 1×10^{-2} Pa 以下の真空が保たれる構造であることが必要です。

4 K 冷凍機のステージを常温に戻す際に、真空槽内の圧力が大気圧を越えることもありますので、真空槽には内圧が 10~20kPaG で作動する安全弁を設置してください。

UHE 10 F 冷凍機、UHE 12 F 冷凍機および UHE 15 F 冷凍機を取り付けるための真空槽のフランジは、Oリングの場合は図 3-1 の寸法のものをご用意ください。

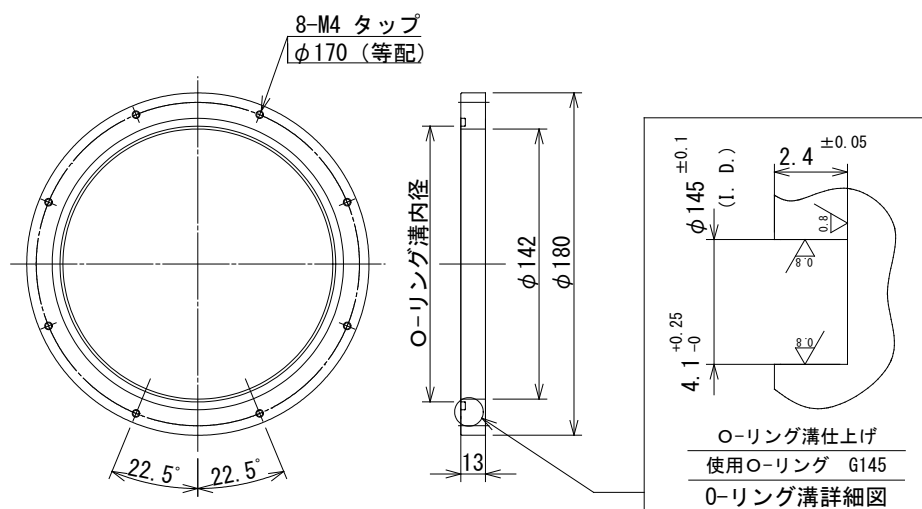


図 3-1 UHE 10 F 冷凍機取付け用フランジ（UHE 12 F、UHE 15 F も共通）

- ◆粗引きポンプ : 真空槽内を真空に排気するために粗引きポンプが必要です。
気体による伝熱を最小限にするために、1Pa 以下まで排気できるものが必要です。
- ◆粗引きバルブ : 粗引きポンプと真空槽の間を遮断するのに使用します。
- ◆粗引き用真空計 : 粗引き圧力の監視に使用します。
大気圧から 1Pa まで測定できることが必要です。
- ◆高真空用ポンプ : 放出ガスが大きい場合など、必要に応じてご使用ください。ターボ分子ポンプなど、オイルの逆拡散がないポンプを推奨します。
- ◆高真空用バルブ : 高真空用ポンプを使用する際のポンプの切り替え用に必要です。
- ◆高真空用真空計 : 4 K冷凍機運転時の真空槽の圧力監視用に使用します。
 $10^{-1} \sim 10^{-6}$ Pa の測定ができることが必要です。電離真空計の使用を推奨します。
- ◆温度センサ、温度表示計 : 4 K冷凍機の温度監視用に使用します。必要な仕様のものをご用意ください。

3. 2 4 K 冷凍機の真空槽への取付け

- ◇ 4 K 冷凍機の取付方向は自由ですが、冷却性能を最大限発揮するために下向きを推奨します。
- ◇ 4 K 冷凍機はメンテナンススペースを確保して取付けてください。図 3-2 の空間は必ず確保してください。

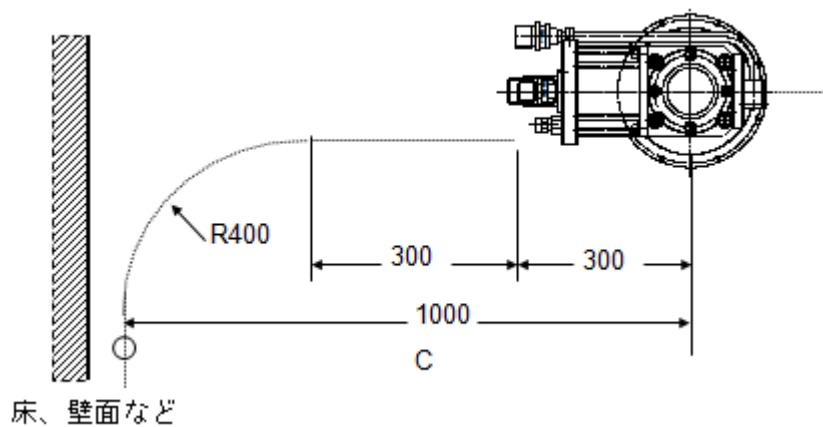
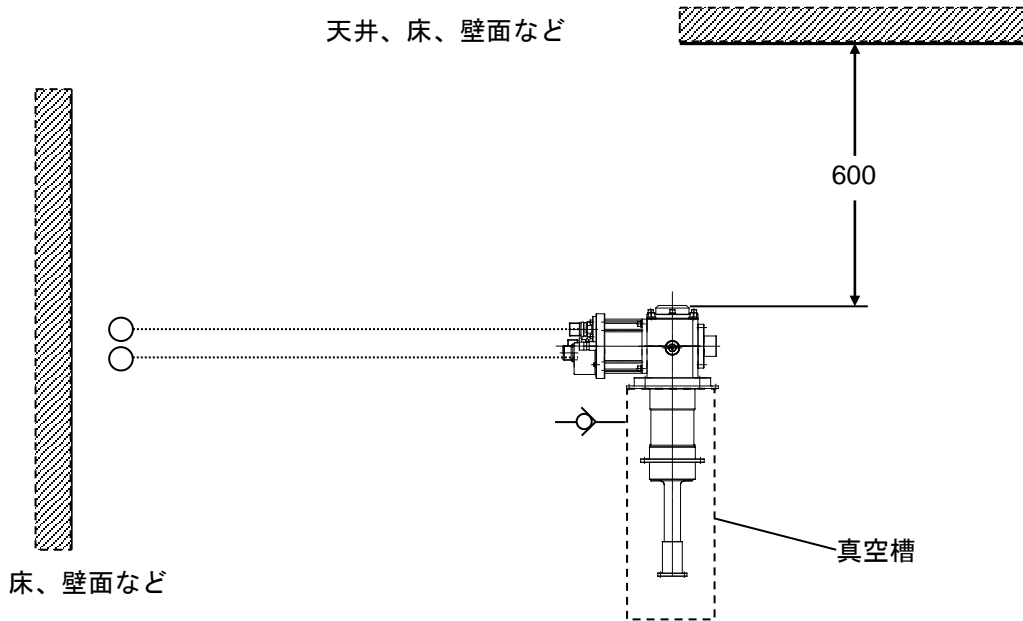


図 3-2 UHE10F 冷凍機の保守空間 (単位 : mm)
(UHE12F、UHE15F も共通)

3.3 粗引き配管の接続

1. 粗引き配管を真空槽に接続してください。
2. 真空槽と粗引きポンプの間に粗引き用真空計（ピラニ真空計）を取付けてください。真空槽に近い位置に取り付けることをお奨めします。
3. 粗引きポンプに油回転ポンプを使用し 40Pa 以下に粗引きするときは、油回転ポンプから真空槽へ油が逆流するのを防止する為に、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 冷却水配管の接続



注意

コンプレッサユニット用の冷却水は、水質管理基準に従ってください。水質管理基準は、コンプレッサユニット取扱説明書を参照願います。

1. コンプレッサユニットに冷却水配管を接続してください。
コンプレッサユニット側の冷却水出入口は Rc3/8 メスとなっています。
2. 冷却水出入口の接続を間違えないように注意願います。
3. 実際に使用する水量・水圧で冷却水を流し、水漏れが無いことを確認してください。

接続方法の詳細並びに水量・水圧等の条件に関しては、コンプレッサユニット取扱説明書を参照してください。

3.5 4 K 冷凍機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

- ・フレキホースについては、取扱上の注意（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本の片ロスパナ（2面幅 26、30 各一丁）を使用して行ってください。
- ・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漏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. 4 K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. 4 K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3-3、4を参照して、正しい順序で取り付けてください。
 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、純度 99.999%の高純度ヘリウムガスを充てんしてください（6. 2 4 K冷凍機システムへのヘリウムガスの補充 の項を参照ください）。
- ※ 規定の充てん圧力については表1-3の封入ガス圧を参照ください。
- ※ 4 K冷凍機にフレキホースを接続する際には必ず**RETURN**側から接続するようにしてください。

3.6 リモート配線の接続

遠隔操作をする場合は、リモート配線を行ってください。

回路およびスイッチ等の規格につきましてはコンプレッサユニットの取扱説明書を参照ください。

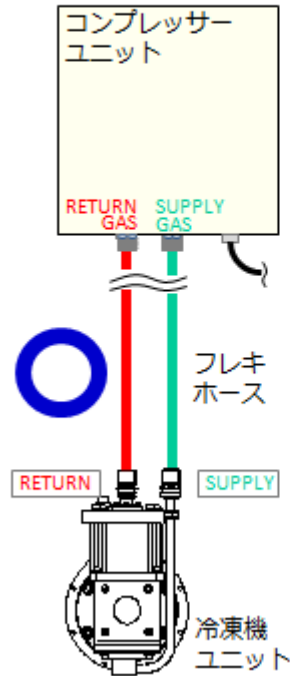
3.7 電気ケーブルの接続

	 警告
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。	

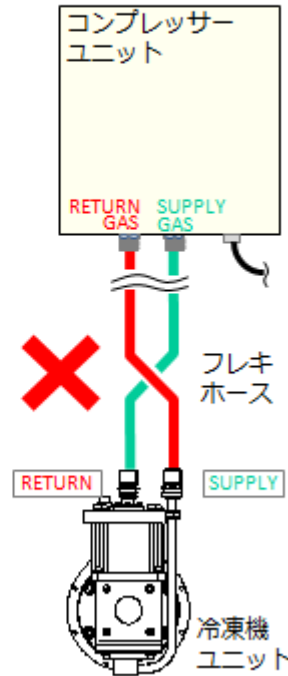
1. 4 K冷凍機とコンプレッサユニットを冷凍機ケーブルで接続してください。
2. アースを接続してください。
3. コンプレッサユニットの電気ケーブルを接続してください。
4. コンプレッサの起動方法はコンプレッサユニットの取扱説明書を参照してください。

フレキシホースのサプライとリターンを逆接続しないで下さい。

正しい接続



誤った接続



フレキシホースは**正しい順序**で接続下さい。

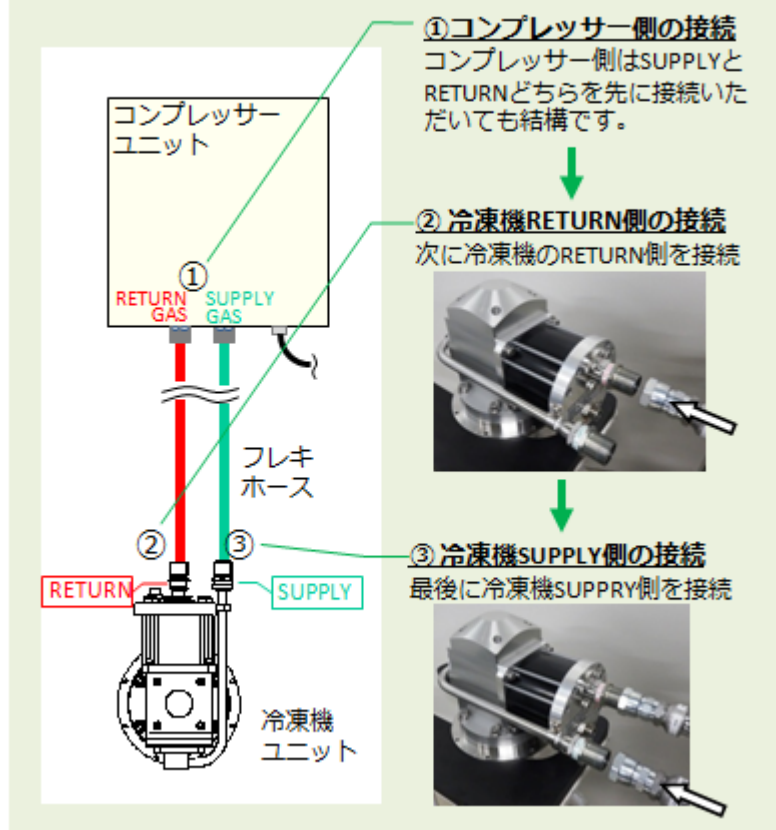


図 3-3 フレキシホースの接続

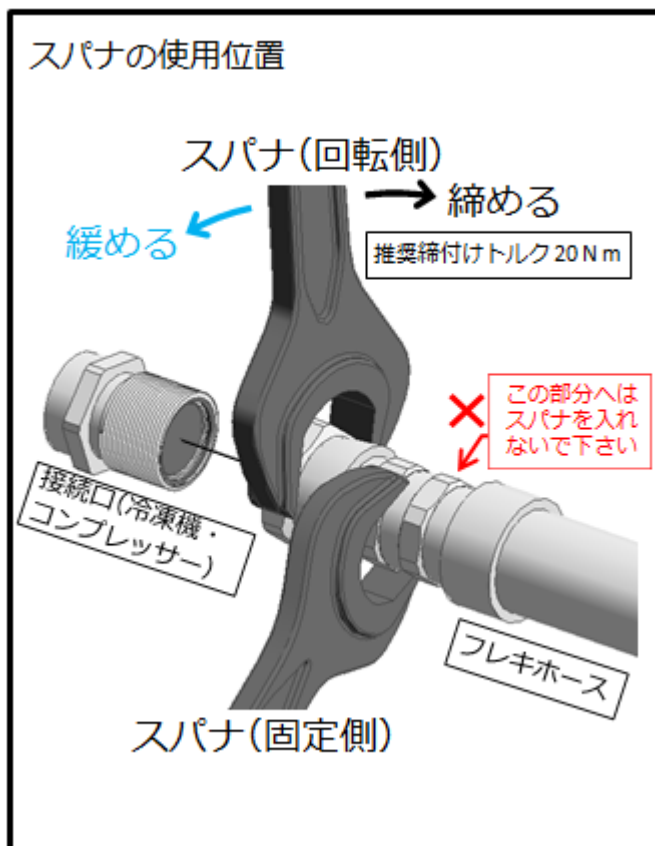


図 3-4 フレキホースの脱着方法

This page intentionally left blank.

4. 4 K 冷凍機の運転

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	危険な物質の取扱い.....	4-4

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、運転データシート（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、4 K 冷凍機の1段ステージあるいは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。インジウム箔はステージ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. 粗引きポンプを起動してください。
2. 粗引きバルブを開け、真空容器を粗引きポンプで1Pa以下に粗引きしてください。
3. 粗引きが完了したら、粗引きバルブを閉めて、更に粗引きポンプを停止してください。

（真空槽内の放出ガスが大きい場合は、高真空ポンプで真空槽を排気しながら4 K 冷凍機の運転を開始してください。）

4.4 運転開始と冷却降下

1. コンプレッサユニットを起動してください。冷凍機が自動的に運転を開始します。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. 4 K 冷凍機の1段ステージ、2段ステージ温度が安定するまでお待ちください。それぞれの温度の目安は、1段ステージ温度が40 K以下、2段ステージ温度が4.2 K以下です。

（注）冷却時間と各ステージの到達温度は、ご使用環境に依存します。

4 K 冷凍機の冷却降下時間については表1-2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槽が結露します。真空槽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ので、注意願います。

† 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熱負荷を与えないでください。
- ・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真空槽内の圧力が高いとき

4.5 通常運転

4 K 冷凍機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データシート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UHE10F、UHE12F、UHE15Fそれぞれのコンプレッサ取扱説明書の「5.2 コンプレッサの運転、(7) 運転時のヘリウム圧力の記録」を参照してください。

4.6 運転停止









1. コンプレッサを停止してください。4 K 冷凍機が自動的に停止します。真空槽内に凝縮排気したガスを排出してください
2. 真空槽内が常温になりガスの排出が完了して停止状態となります。
3. 引き続き、冷凍機の点検、交換、修理等を行う場合は、電源のブレーカを OFF し冷却水を止めた後、必要な作業を行ってください。

4 K 冷凍機はいつでも運転できる状態に維持・管理しておきましょう。

4 K 冷凍機への熱負荷がない場合、冷凍機が室温に昇温するまで長い時間がかかります。冷凍機を停止してから冷凍機の低温部が室温に戻るまでには、負荷の熱容量にも依存しますが、真空断熱下では少なくとも 12 時間を要します。

■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真空槽内に導入し、真空槽内を大気圧にしてください。

	 警告				
<p>真空槽内にガスを導入して昇温を早める場合、冷凍機が昇温するにつれ真空槽内にいったん凝縮したガスが再蒸発し大気圧以上になる危険があります。真空容器内を大気圧にした後、粗引きバルブ等を開け、蒸発ガスが放出されるようにしてください。</p>					
					 警告
<p>4 K 冷凍機で有毒性、腐食性、可燃性、爆発性の気体を排気した場合、あるいは排気した可能性がある場合は、真空槽内を大気圧にして室内大気に開放する昇温方法は、絶対に行わないで下さい。排気した気体を、露点温度 -40°C 以下の窒素やアルゴンなどの不活性ガスを用いて、あらかじめ設置された専用ダクトや専用排出設備に希釈しながら排出してください。その後の屋外大気への排出に際しては、適切な無害化・不活性化処理を行ってから排出してください。</p>					



注意

冷凍機ユニットの使用可能な最高温度は70℃です。ヒータを利用する場合は、コールドヘッド（1段ステージ、2段ステージ）の温度が70℃を超えないようにヒータを制御してください。70℃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℃を超えないようにお使いください。

特に、真空槽をベーキングする場合やヒータを用いて昇温する場合は、コールドヘッドの温度が思わぬ高温になることがありますのでご注意ください。

4.7 危険な物質の取扱い

					警告
<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>					

5. 4 K冷凍機の取り外しと保管

5.1	フレキホースの取り外し	5-1
5.2	4 K冷凍機の保管	5-2

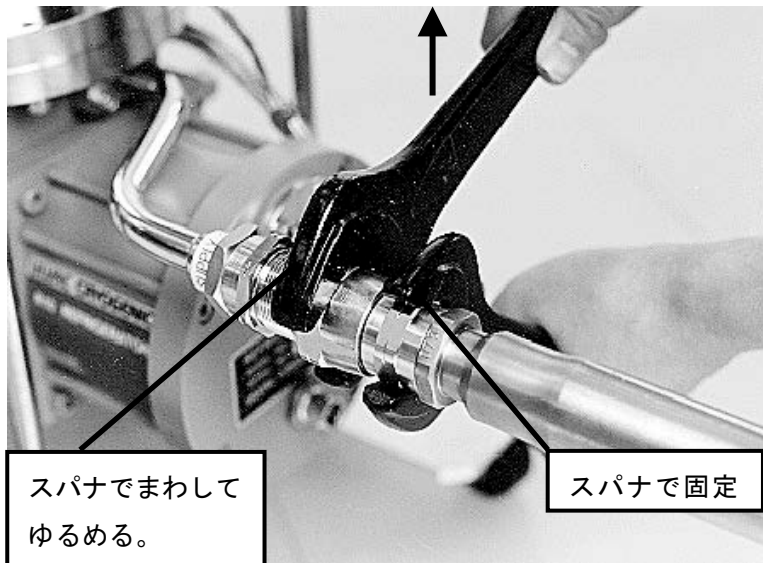
5.1 フレキホースの取り外し



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 各一丁）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. 4 K冷凍機の1段、2段ステージが室温に戻ってから、フレキホースを外してください。



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 5-1 フレキホースの取り外し

**警 告**

4 K 冷凍機を停止した直後にフレキホースを外すと、冷凍機の低温部に溜まった低温のヘリウムガスが昇温によって膨張し、冷凍機内部が高圧となる為、4 K 冷凍機の安全弁が作動して、ヘリウムリークなどを生じる可能性があります。メンテナンスなどフレキホースを外す必要があるときは、必ず冷凍機が室温に戻ったのを確認してからフレキホースを外してください。冷凍機システムを停止してから冷凍機の低温部が室温に戻るまでには、被冷却物の重量にも依存しますが、真空断熱下では少なくとも12時間を要します。

5.2 4 K 冷凍機の保管**◆真空槽に取付けたまま保管する場合**

真空槽を真空封止状態（100Pa 以下）にしておくか、または真空排気後に乾燥窒素を封入（大気圧）して、大気に触れないようにしてください。

◆真空槽から外して保管する場合

1. 4 K 冷凍機を完全に室温に戻してからフレキホースを外してください。
2. 4 K 冷凍機を室温に戻してから真空槽より取り外してください。
3. 4 K 冷凍機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。
1 段、2 段ステージ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、ほこりを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。
4 K 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4 K 冷凍機は、冷凍機内部のヘリウムガス置換を行ってください。

◆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。

6. メンテナンス

- 6.1 定期メンテナンスと不定期メンテナンス 6-1
 6.2 4 K冷凍機システムへのヘリウムガスの補充 6-2

6.1 定期メンテナンスと不定期メンテナンス

◇定期メンテナンス : 4 K冷凍機の部品交換 (※)

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 : 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)	—	—

(※) 4 K冷凍機の部品交換は弊社にて行います。弊社サービス技術部または最寄りのCSセンターにご用命頂き、冷凍機をご返送くださるようお願い申し上げます。

表 6-1 保守間隔

◎ 定期メンテナンス作業 △ 不定期メンテナンス作業または故障時作業

保守内容	交換部品	間隔	備考
4 K 冷凍機			
◎ ベアリング交換	ドライバベアリング バルブベアリング モータベアリング	10,000hr	運用方法によってはメンテナンスサイクルをご相談させていただく場合があります。
◎ シール交換	1 段シール カップシール		
◎ その他	ブッシング		
△ その他部品交換	その他部品	適時	
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。	

※冷凍機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℃以上に繰返し加熱される場合は、ディスプレイ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。

6.2 4 K 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を準備してください。



注意

4 K 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。

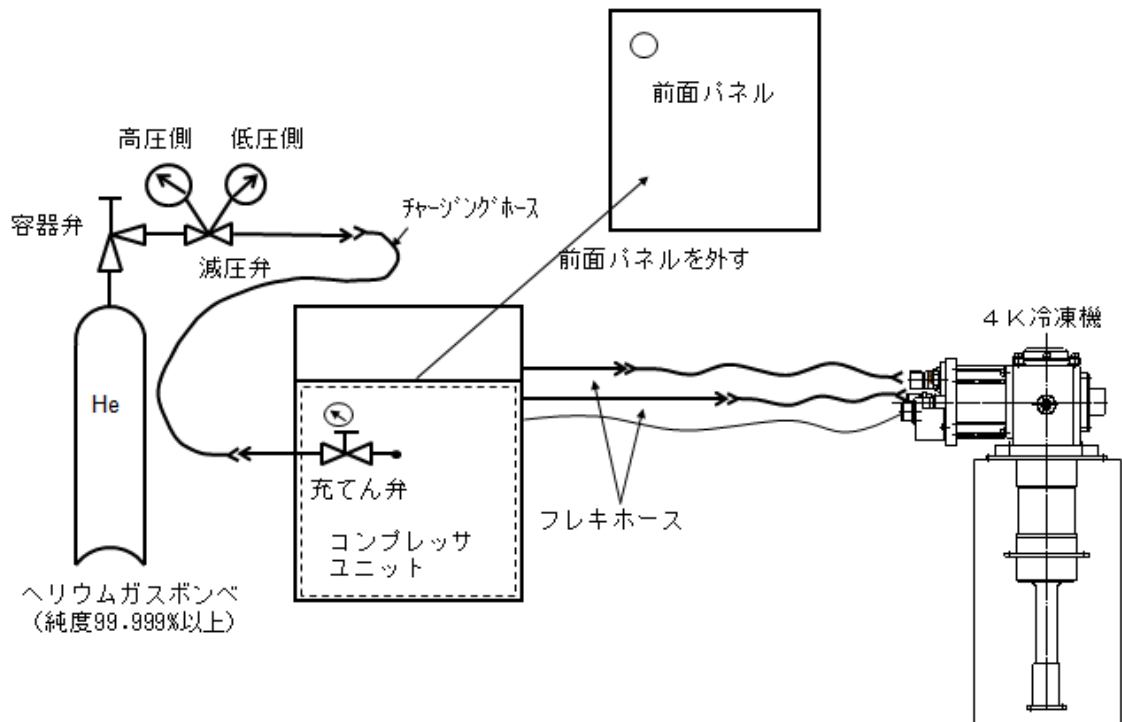


図 6-1 4 K冷凍機システムのヘリウムガスの補充

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（図6-1参照）。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。

◇圧力調整器は低圧側の圧力計が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ボンベ容器弁（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を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填して下さい。
 - 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（表 1-3 封入ガス圧）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 1.9 MPaG 以上充てんした場合は、4 K 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 2.5 MPaG 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。

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。

		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) 4 K冷凍機とコンプレッサユニット間のフレキホースが正しく接続されていない。 セルフシールカップリングが最後まで正しく接続されていない。	3. 5章を参照し、フレキホースを正しく接続してください。 全てのセルフシールカップリングが正しく接続されているかどうか確認してください。
	2) 真空槽内の圧力が高すぎる。	リークによるガスの熱負荷で冷凍機ステージが冷えないことが考えられます。リークの有無をチェックしてください。
	3) コンプレッサユニットの充てん圧力が低い。	6. 2章を参照し、ヘリウムガスを充てんしてください。
	4) 4 K冷凍機への入熱が多い。	入熱量削減の対策を講じてください。
	5) ヘリウムガスがひどく汚染されている。	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。
	6) 4 K冷凍機あるいはコンプレッサユニットの故障	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。

故障症状	原因	対策
<p>Ⅱ. 4 K 冷凍機とコンプレッサユニットの両方が起動しない。</p>	<p>コンプレッサユニットの取扱説明書をお読みください。</p>	
<p>Ⅲ. コンプレッサユニットは動いているが4 K 冷凍機が起動しない。</p>	<p>1) 4 K 冷凍機への冷凍機ケーブルが接続されていない。</p>	<p>コンプレッサユニット電源スイッチをOFFにした後、冷凍機ケーブルを4 K 冷凍機に接続してください。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;"> 注意</p> <p>コンプレッサ電源スイッチをONの状態では冷凍機ケーブルを4 K 冷凍機に接続しないでください。接続すると冷凍機モータが損傷することがあります。</p> </div>
	<p>2) 4 K 冷凍機駆動モータに機械的損傷がある。</p> <p>①モータ軸の破損、ベアリングの破損</p> <p>②駆動モータ配線の損傷</p>	<p>冷凍機スイッチをON、OFFしながら、モータの動いている音がするかどうか確認してください。</p> <p>音がしないとき、または音が不規則な場合は、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。</p> <p>4 K 冷凍機駆動モータコネクタピン間の抵抗と絶縁抵抗（測定電圧：500V）を測定し、それらの値と4 K 冷凍機のS/Nを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。</p>

故障症状	原因	対策
IV. 4 K 冷凍機モータが 不規則な、または間歇 的な動きをする。	1) ヘリウムガスがひどく汚染されて いる。	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。
	2) モータへの入力電圧が低い。	4 K 冷凍機の入力電源を確認して ください。

表 A-2 運転データシート

4 K 冷凍機型式									使用開始日			
コンプレッサユニット S/N									使用電源		V × φ	
4K 冷凍機 S/N												
測定条件					コンプレッサユニット				冷凍機の温度		真空容器	備考
日付	時刻	測定者	室温 °C	湿度 %	積算時間	運転 圧力 MPaG	電 流 A	冷却 水量 L/min ^(*)	1 段 ステージ K	2 段 ステージ K	圧力 Pa	

^(*) 冷却水量はコンプレッサユニットごとに流量計を設置して測定してください。

付録 B

フレキホース

1. 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. 2.4MPaG
- ・使用温度 : 0~70℃
- ・材質 : SUS304
- ・長さ : 10~20m
- ・最小曲げ半径 : $\geq 250\text{mm}$
- ・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. 取扱い上の注意



注意

- ・ 運搬時はできるだけブレード押さえ部付近を持ち、曲げ半径が小さくならないようにしてください。
- ・ 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。

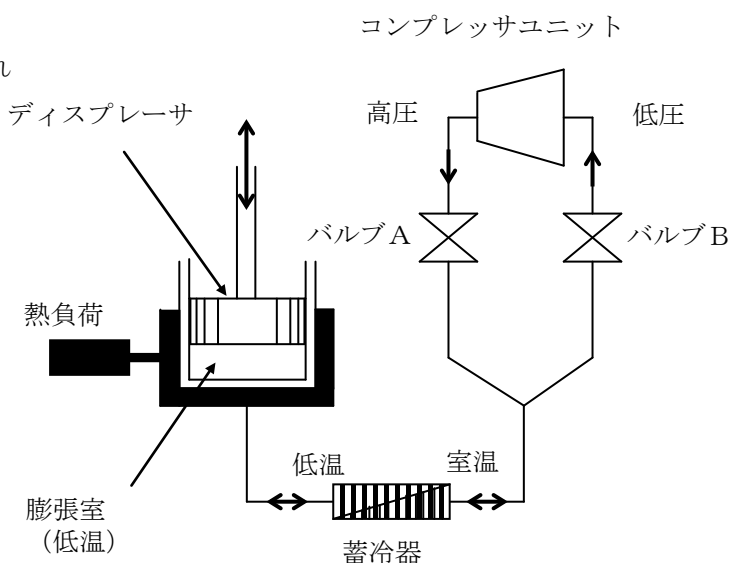
蓄冷器に入ったヘリウムガスは、蓄冷器と熱交換し冷却され、ディスプレイサの上昇に伴い膨張室に導かれます。

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。

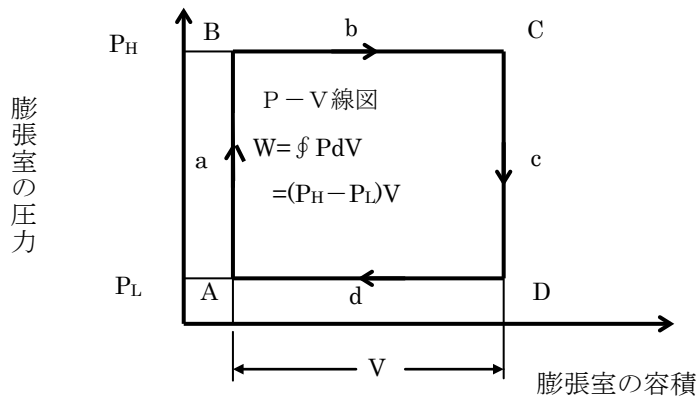
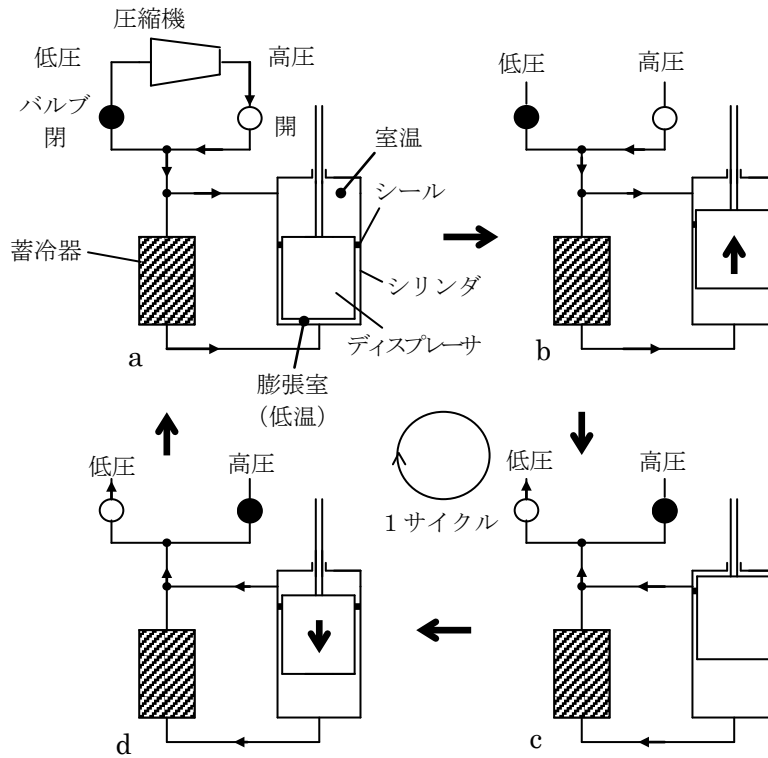


図 C-2 G-Mサイクルの動作原理

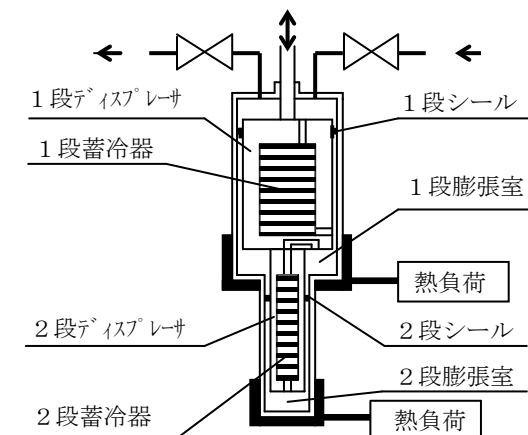


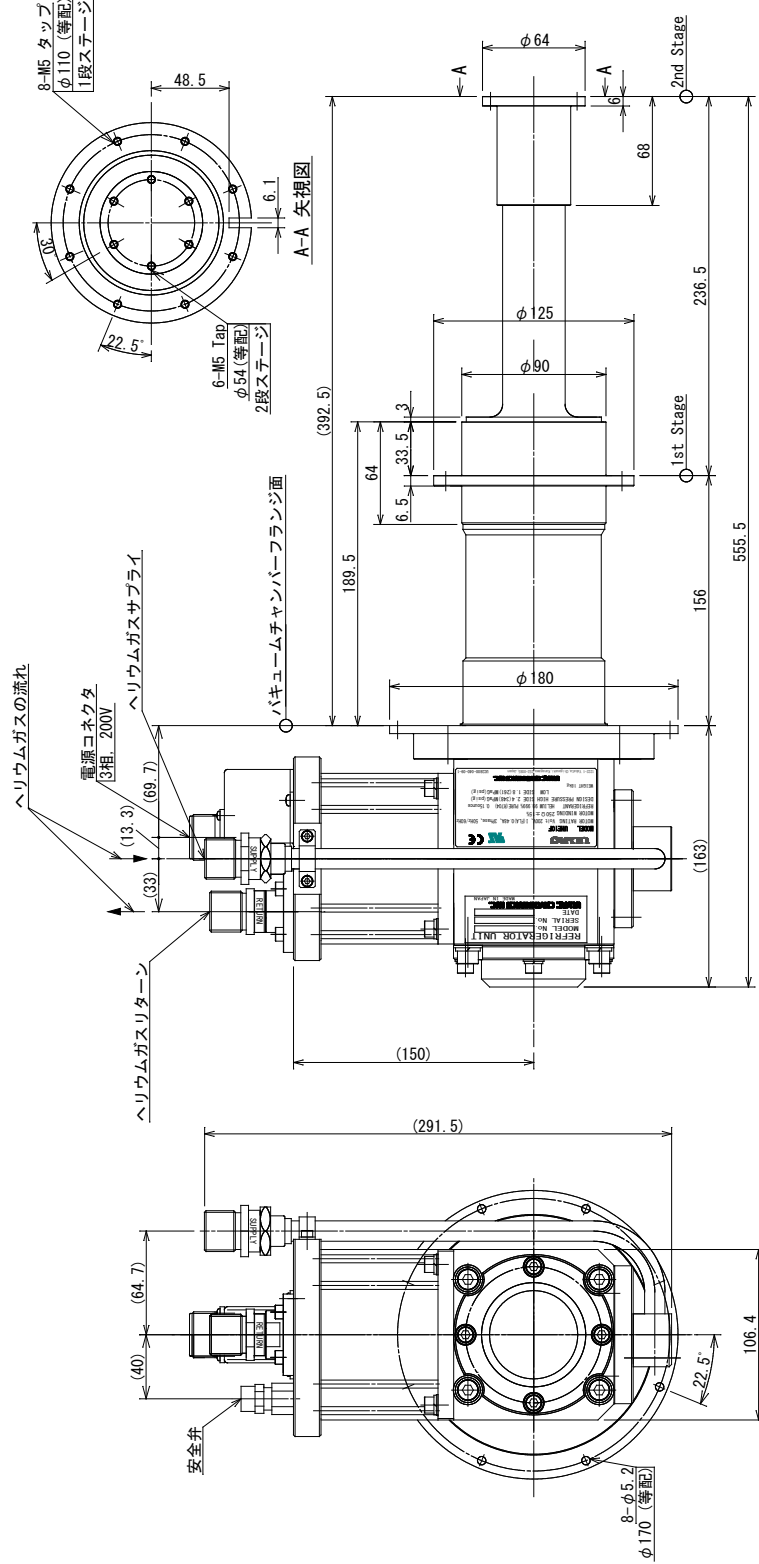
図 C-3 2 段式冷凍機

This page intentionally left blank.

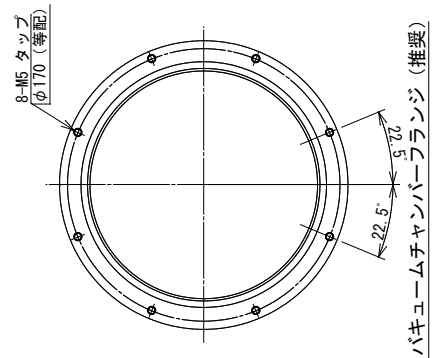
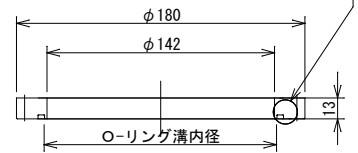
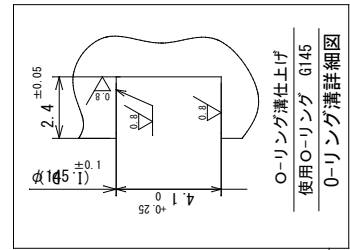
付録 D

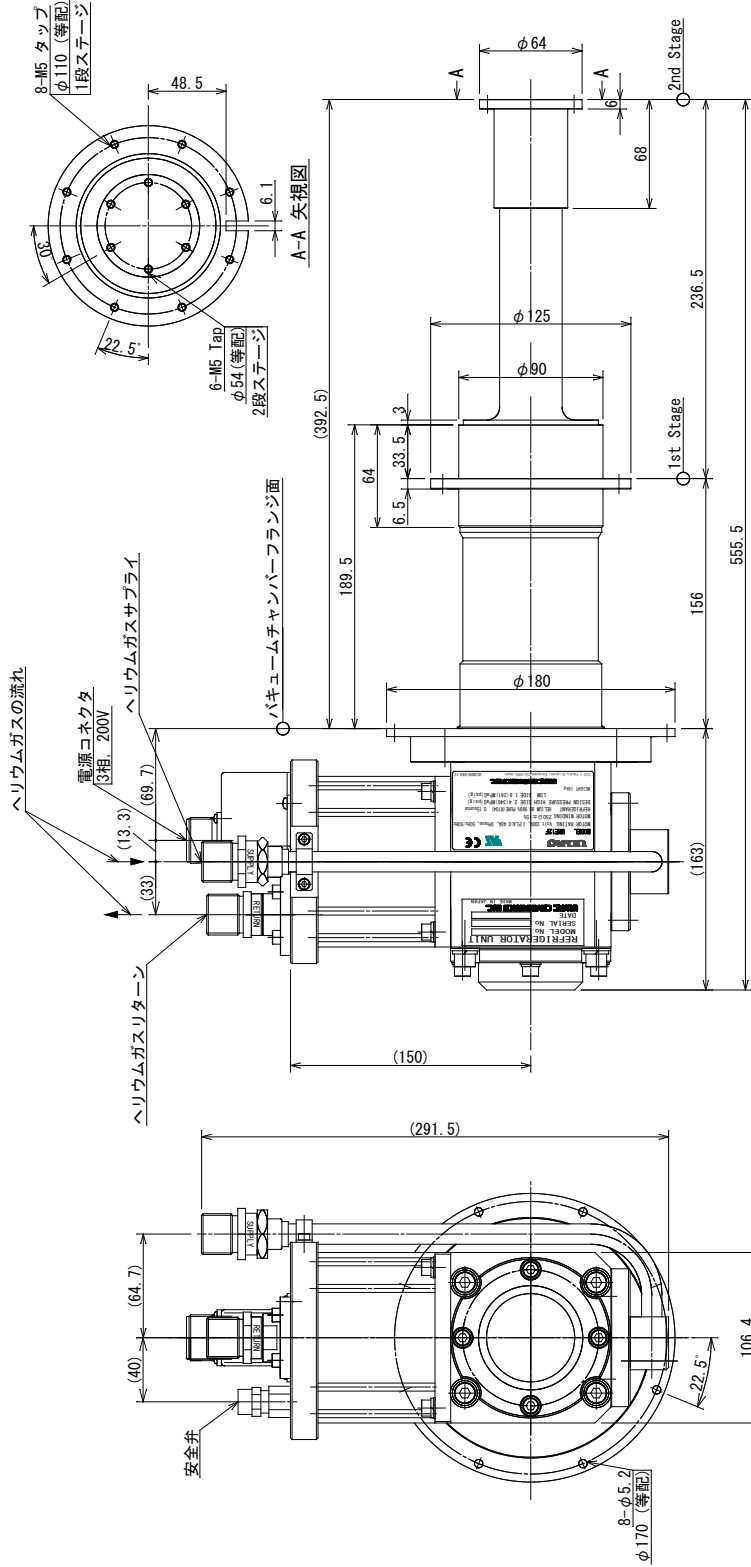
外形寸法図

1. UHE10F 4 K冷凍機…………… D-2
2. UHE12F 4 K冷凍機…………… D-3
3. UHE15F 4 K冷凍機…………… D-4

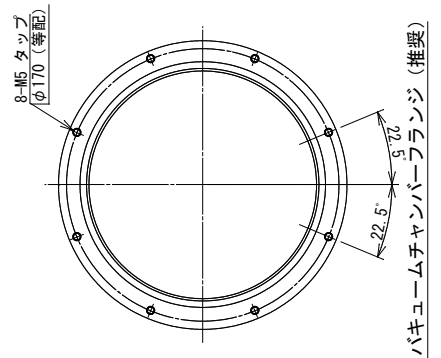
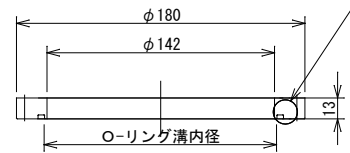
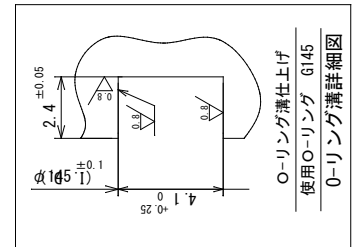


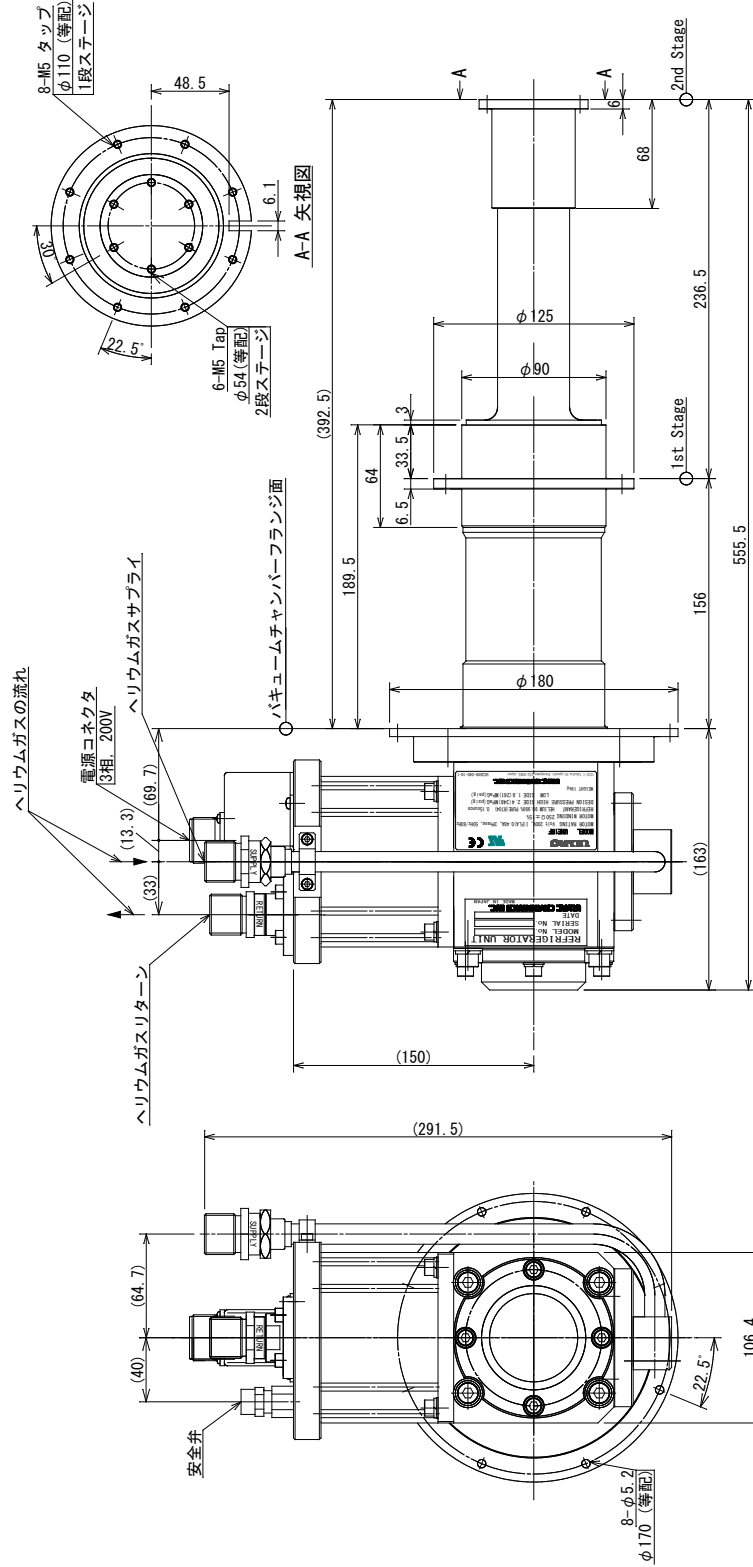
4K冷凍機
UHE 10F



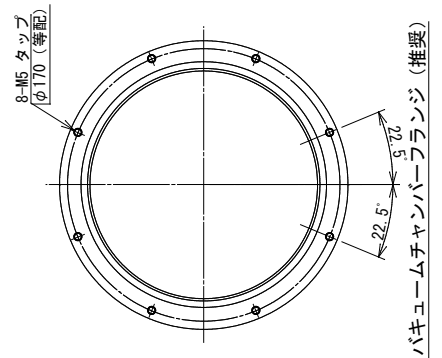
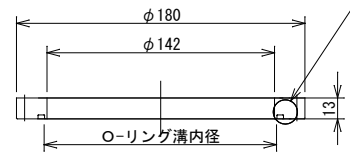
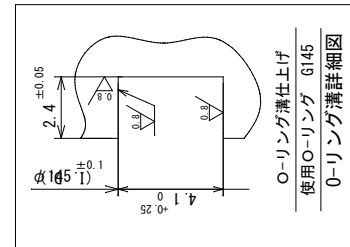


4K冷凍機
UHE 12F





4K冷凍機
UHE 15F



付録 E

自己宣言書

弊社冷凍機ユニットの自己宣言書を、次ページに示します。

Declaration of Conformity

We, ULVAC CRYOGENICS INCORPORATED
1222-1 Yabata, Chigasaki, Kanagawa, 253-0085, Japan

declare in our sole responsibility that the following product conforms to all the relevant provisions.

Product Name	: Refrigerator Unit	
Model Name	: UHE10F,UHE12F,UHE15F,RM103F, RM203F, RM503F, RM803F RMS103F, RMS503F, RMS803F	
Council Directives	: Machinery Directive (MD) : 2006/42/EC Electro Magnetic Compatibility Directive (EMC) : 2014/30/EU RoHS Directive : 2011/65/EU	
Applicable Harmonized Standards	Machinery Directive,	EN ISO 12100 :2010 EN60204-1 :2006+A1 :2009
	EMC Directive,	EN 61000-6-4:2007+A1:2011 EN 61000-6-2:2005 EN 61000-3-2:2014 EN 61000-3-3:2013 EN 60601-1-2:2015 EN 55011:2009+A1:2010
	RoHS Directive,	EN 50581:2012

We keep the following Technical Documentation on file for review.

Technical Documentation File No. TC18-39-861

Authorized Representative in EU : Mutsuki Odawara
 Parkring11, 85748, Garching, (Munch), Germany

Place : Kanagawa, Japan

Date : May 8 , 2019



Signature

Takeshi Haginouchi / President

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
2018 / 11 / 14	2018.11	初版
2019 / 02 / 27	2019FY01	UHE12F を追加し、全面改訂。
2019 / 05 / 24	2019MY02	「付録 E 自己宣言書」を追加。

This page intentionally left blank.