

スーパートラップ CRYO-Tシリーズ 取扱説明書

通過型・直付型

ヌード型

スーパートラップをご使用になるお客様は、取扱説明書と一緒に各「スーパートラップ仕様書」を必ずお読みください。

輸出する際の注意事項

窒素ガス排気速度 15000L/s 以上の真空ポンプは、輸出貿易管理令別表 1 の 2 項の (35) に該当します。また、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) に該当します。

これらの製品を日本国外に持ち出す際は、外国為替及び外国貿易法などの輸出関連法規を遵守の上、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

スーパートラップ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. スーパートラップの概要	1-1
1.1. 概要	1-1
1.2. 通過型・直付型の基本システム	1-2
1.3. ヌード型の基本システム	1-4
2. 製品を受け取ったら	2-1
2.1. 梱包仕様	2-1
2.2. スーパートラップの点検	2-1
3. スーパートラップの取付け	3-1
3.1. 取付けに必要な付属機器	3-1
3.2. スーパートラップとコンプレッサユニットの接続(フレキホースの接続)	3-12
3.3. 電気ケーブルの接続	3-12
3.4. フレキホースの取り外し	3-14
4. スーパートラップの運転	4-1
4.1. 運転の前に	4-1
4.2. スーパートラップの粗引き	4-2
4.3. スーパートラップの運転開始と冷却降下	4-2
4.4. 通常運転	4-4
4.5. 運転停止	4-5
4.6. スーパートラップの保管	4-5
4.7. 危険な物質の取扱い	4-6
5. 再生	5-1
5.1. 概要	5-1
5.2. 再生の時期	5-1
5.3. 再生の方法	5-2
5.4. 強制昇温	5-3
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. スーパートラップのメンテナンス	6-3
6.3. スーパートラップシステムへのヘリウムガスの補充	6-5
6.4. 冷凍機ユニットのヘリウムガス置換	6-7
Appendix A トラブルシューティング	A-1
Appendix B フレキホース	B-1
Appendix C 温度計の換算グラフ	C-1
Appendix D スーパートラップの排気原理	D-1
Appendix E 冷凍機システムの動作原理	E-1

図の一覧

図 1-1	通過型スーパートラップ 基本システム	1-2
図 1-2	通過型 各部の名称	1-3
図 1-3	ヌード型スーパートラップ 基本システム	1-4
図 1-4	ヌード型 各部の名称	1-5
図 3-1	通過型 スーパートラップ 排気系の例	3-2
図 3-2	直付型 スーパートラップ 排気系の例	3-3
図 3-3	発熱源があるときの取付け例(通過型・直付型)	3-5
図 3-4	取付要領図及び保守空間(通過型・直付型)	3-6
図 3-5	ヌード型 スーパートラップ 排気系の例(1)	3-7
図 3-6	ヌード型 スーパートラップ 排気系の例(2)	3-8
図 3-7	発熱源があるときの取付方法(ヌード型)	3-10
図 3-8	K熱電対の取付け方法(ヌード型)	3-10
図 3-9	取付要領図及び保守空間(ヌード型)	3-11
図 3-10	フレキホースの接続	3-13
図 3-11	フレキホースの取り外し	3-14
図 6-1	ヒータ各部の名称	6-3
図 6-2	システムのヘリウムガス充てん	6-7
図 6-3	フレキホースの切り離し	6-8
図 6-4	置換治具の接続	6-9
図 6-5	冷凍機ユニットのヘリウムガス置換(1)	6-10
図 6-6	冷凍機ユニットのヘリウムガス置換(2)	6-11
図 6-7	フレキホースの接続	6-12
図 D-1	水の蒸気圧と温度の関係	D-1
図 D-2	水分子の捕獲確率 C_n とクライオ面 T_s の温度、圧力 P_g の関係 ($T_g=300K$ の時)	D-3
図 E-1	冷凍の原理	E-1
図 E-2	G-Mサイクルの作動原理	E-3
図 E-3	2段式冷凍機	E-3

表の一覧

表 4-1	スーパートラップ運転パラメータ(室温:20°C)	4-4
表 6-1	保守間隔	6-2
表 A-1	運転記録表	A-1
表 A-2	運転データシート	A-5

正しく安全にお使い頂くために

スーパーラップを使用する排気系を設計される前に、またスーパーラップをご使用になる前に必ずお読み下さい。

1. 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圧力は約2～2.5 MPa (gage) 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。

☆アルバック・クライオ（株）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圧力試験を行っております。

2. 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 He 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、アルバック九州(株)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Heリターン、He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He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。

He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。

He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ことにご注意してください。

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）は最も圧力による荷重がかかる場所なので
トルク $6.9 \text{ N} \cdot \text{m}$ ($70 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$) でトルク管理をしてください。
但し、RS80、RMS80Tは（M6×6本）、トルク $11.6 \text{ N} \cdot \text{m}$ ($118 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$) です。
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Heガス置換（取扱説明書に記載）に沿ってHe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。

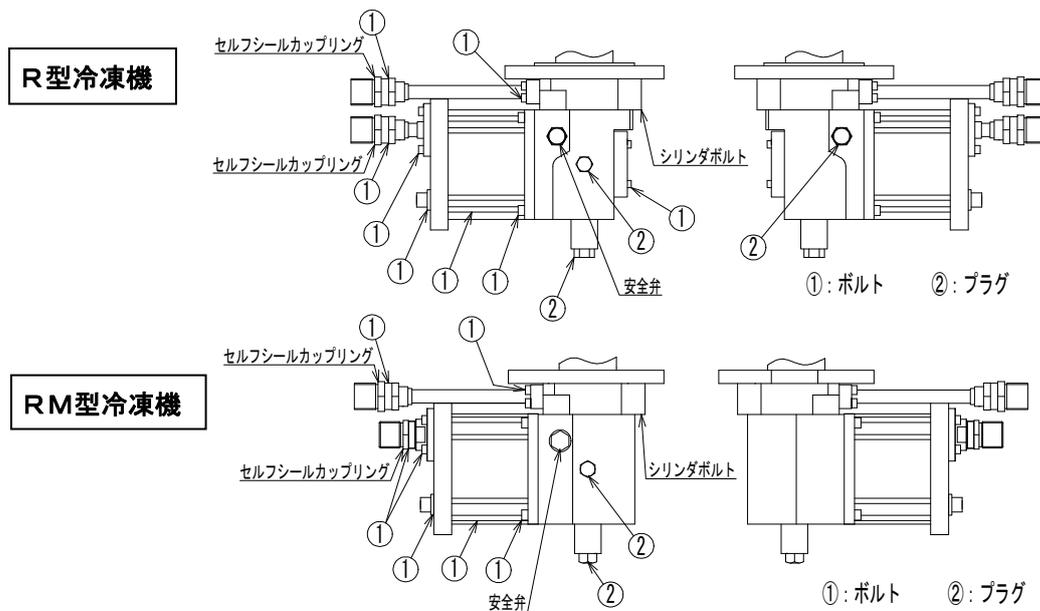


図1 冷凍機の取付けボルトの位置

3. ヘリウムガスを詰め過ぎないようにしましょう



弊社のクライオポンプ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。むしろ、ヘリウムガスの圧力を規定値以上に上げると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って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やめてください！

4. スーパートラップシステムの電源



スーパートラップシステムは、コンプレッサユニット取扱説明書の表 1-1 をご覧になり、規定の入力電源で使用してください。

- ・ 漏電遮断器を設置してください。
- ・ 他の機器と一緒に配線しないでください。
- ・ アースを忘れずにとってください。

5. 結露について

スーパートラップの冷却降下中や通常運転中に真空度が悪くなったときや再生の昇温時に真空槽のトラップ取付け部や 80 K クライオパネルが結露します。水滴が落ちると危ないものや損傷するものなどは、スーパートラップの下に置かないようにしたり、水滴を受け取る容器などを取付けることを推奨します。

6. スーパートラップの温度に関する注意

スーパートラップの許容温度は70℃（343K）です。これ以上の温度になると破損する恐れがあります。

したがって、スーパートラップの内部センサの表示温度が70℃（343K）を超えることがないようにしてください。

特に、スーパートラップ停止時に、装置側からの熱源によりスーパートラップの内部センサの表示温度が70℃（343K）を超える可能性がある場合はスーパートラップを起動させ、温度を室温（約20℃（293K））程度に保ってください。

また、スーパートラップシステムの電源を落とした状態で、装置側からスーパートラップへ熱を与えないでください。

K熱電対の規準熱起電力（mV）

基準接点の温度は20℃とする。

温度（℃）	0	2	4	6	8
10	-0.401	-0.321	-0.241	-0.161	-0.080
20	0.000	0.081	0.162	0.243	0.324
30	0.405	0.487	0.568	0.650	0.732
40	0.814	0.896	0.978	1.060	1.143
50	1.225	1.308	1.390	1.473	1.556
60	1.638	1.721	1.804	1.887	1.970
70	2.053				

参考文献：JIS C 1602-1995

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(MSDS)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.

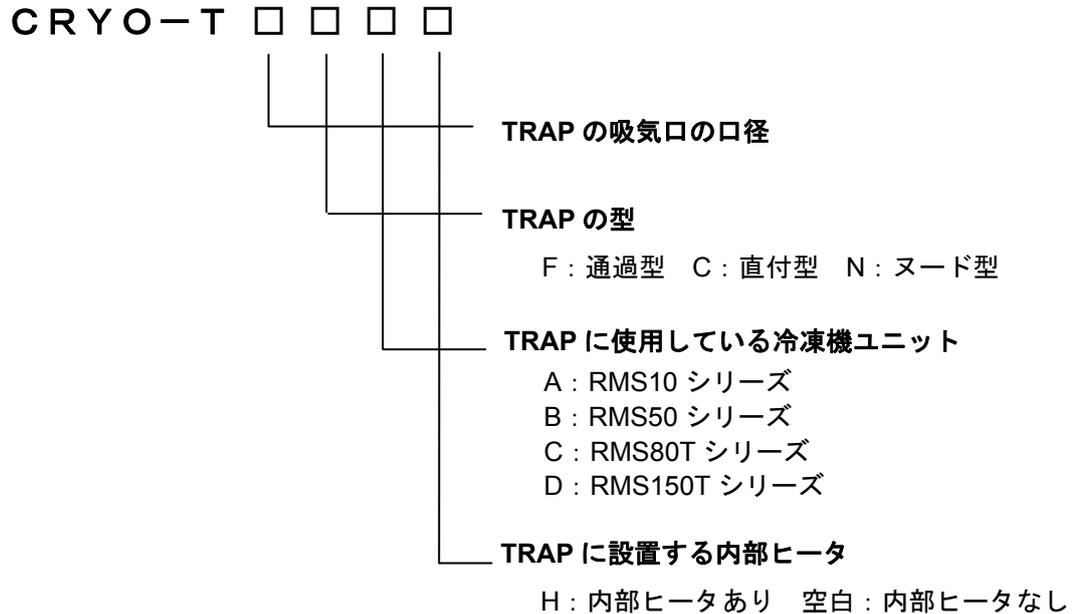
1. スーパートラップの概要

- 1.1. 概要 1-1
- 1.2. 通過型・直付型の基本システム 1-2
- 1.3. ノード型の基本システム 1-4

1.1. 概要

スーパートラップCRYO-Tシステムは、クライオ面（極低温面）の冷却にヘリウム冷凍機を使用しています。このため、簡単な操作で清浄な高真空、超高真空を得ることができます。スーパートラップCRYO-Tシステムは図1-1、1-3に示すように、スーパートラップアセンブリ（冷凍機ユニットを含む）、コンプレッサユニット、フレキホース、スーパートラップ温調器（またはオプション類）と各ケーブル類で構成されています。

■スーパートラップCRYO-Tの型式



※この型式は、2006年9月中旬より新規設計された製品に適用されます。

それ以前に設計されたものに関しては、この型式は適用されません。

1.2. 通過型・直付型の基本システム

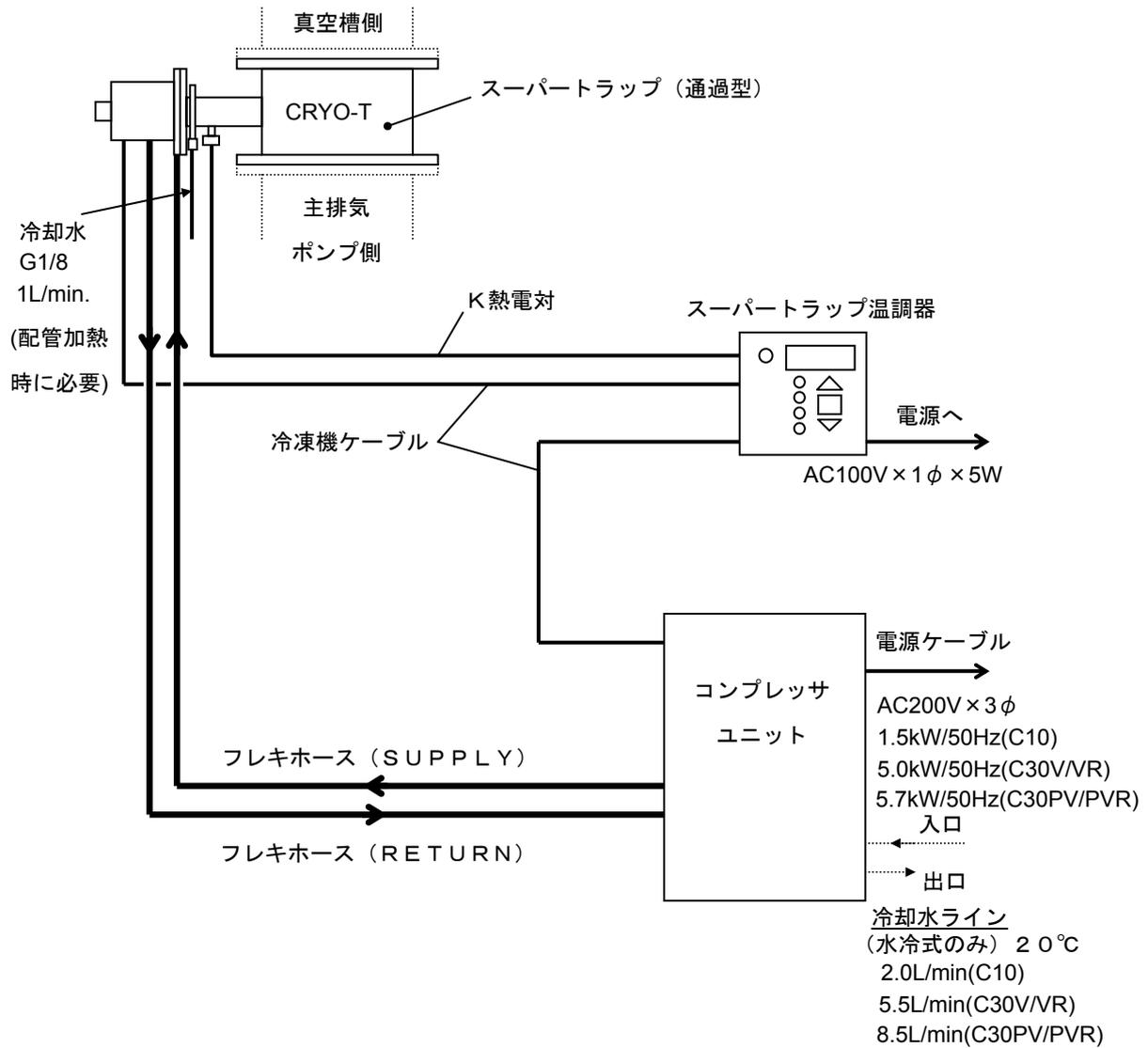
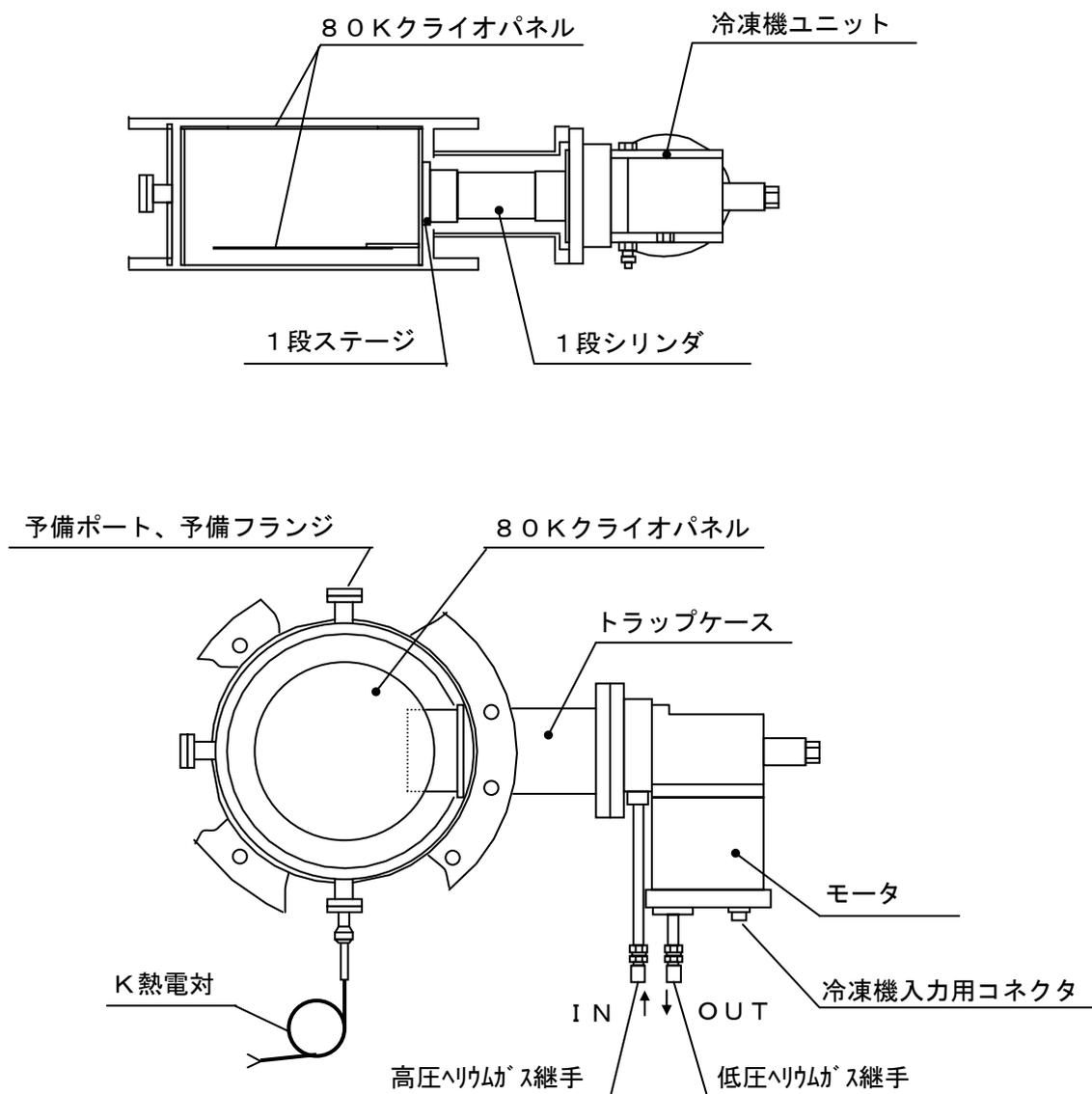


図 1-1 通過型スーパートラップ 基本システム



お客様ご購入されたスーパートラップの外観図は、各スーパートラップの仕様書（別途添付）をご覧ください。

図 1-2 通過型 各部の名称

1.3. ノード型の基本システム

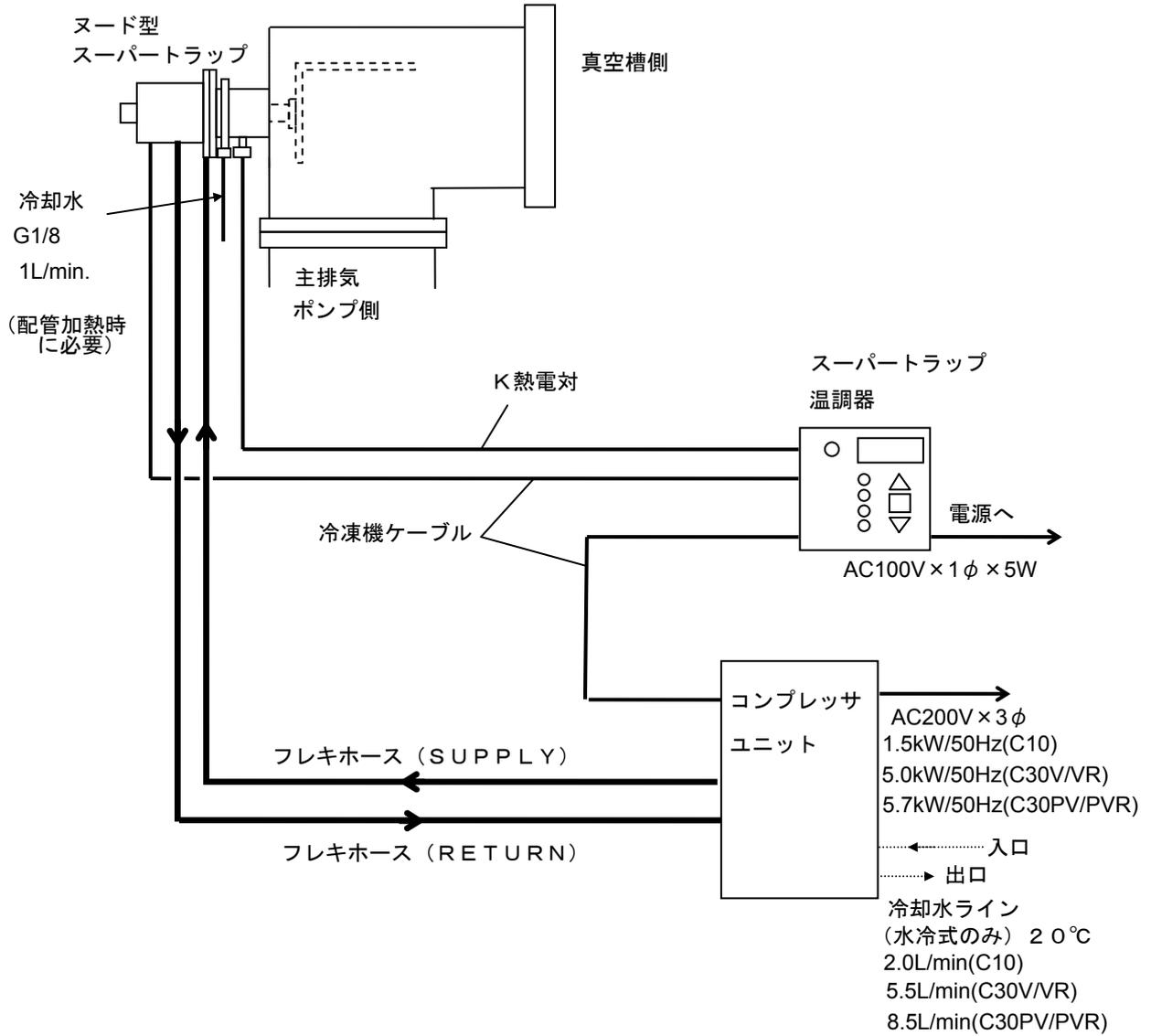
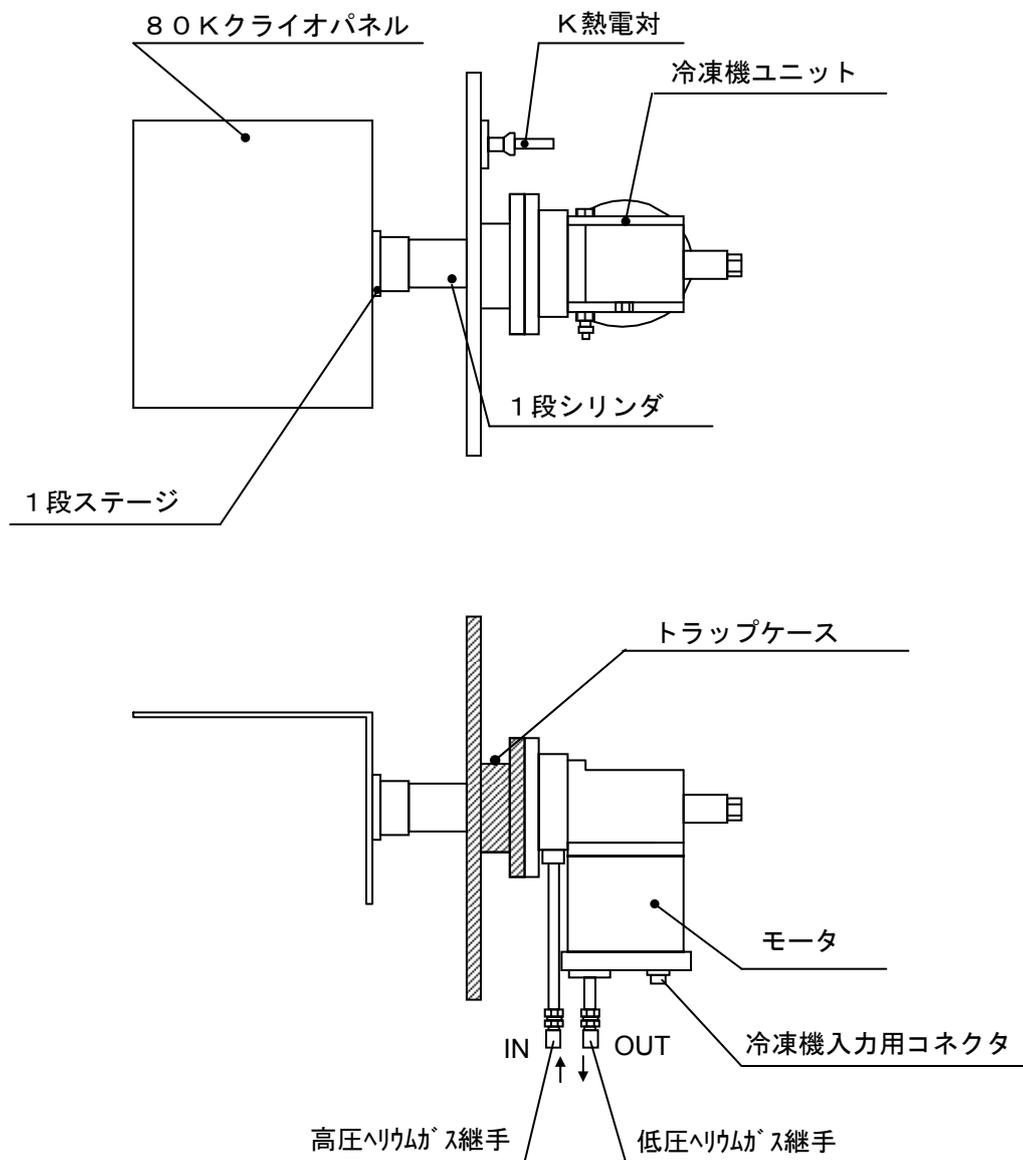


図 1-3 ノード型スーパートラップ 基本システム



お客様ご購入されたスーパートラップの外観図は、各スーパートラップの仕様書（別途添付）をご覧ください。

図 1-4 ノード型 各部の名称

This page intentionally left blank.

2. 製品を受け取ったら

- 2.1. 梱包仕様 2-1
 2.2. スーパートラップの点検 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。

◇スーパートラップをシステムでご購入された場合、通常、スーパートラップ、コンプレッサユニット、アクセサリ類（スーパートラップ温調器を含む）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
CRYO-Tスーパートラップ	1	1
コンプレッサユニット	1	1
アクセサリ類	(* 1)	1
スーパートラップ温調器	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。

◇スーパートラップアセンブリ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
CRYO-T スーパートラップ	1	1
スーパートラップ取扱説明書、仕様書	各1	

2.2. スーパートラップの点検

スーパートラップを箱から取り出し、次の点検を行ってください。

1. スーパートラップの外部に傷やへこみ、付属品の損傷などはありませんか？
2. 保護カバーをはずしてください。80Kクライオパネルに損傷はありませんか？
確認が終わりましたら、保護カバーをつけておいてください。
3. K (CA) 熱電対に損傷はありませんか？

This page intentionally left blank

3. スーパートラップの取付け

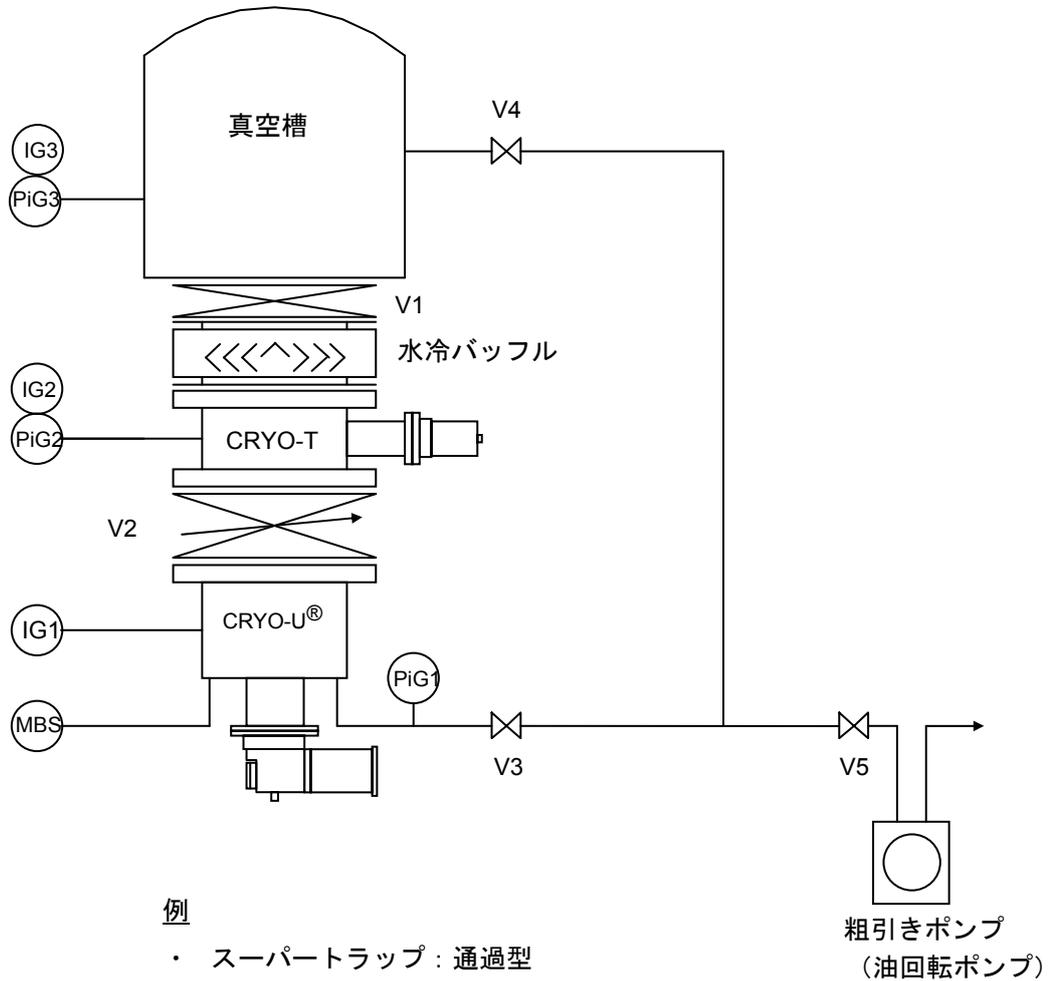
3.1. 取付けに必要な付属機器	3-1
3.1.1. 通過型・直付型スーパートラップの取付け	3-2
3.1.2. ノード型スーパートラップの取付け	3-7
3.2. スーパートラップとコンプレッサユニットの接続 (フレキホースの接続)	3-12
3.3. 電気ケーブルの接続	3-12
3.4. フレキホースの取り外し	3-14

3.1. 取付けに必要な付属機器

CRYO-T スーパートラップで真空槽を排気するときは、次のような機器が必要です。この中で、主排気ポンプ（クライオポンプ，ターボ分子ポンプ，拡散ポンプ）、粗引きポンプおよび粗引きバルブは必ず用意してください。

- ◆主排気ポンプ : スーパートラップで排気できない窒素、アルゴンなどの気体を排気するために使用します。主排気ポンプはスーパートラップ内を 0.1 Pa 以下に排気できる能力のものがが必要です。
例)クライオポンプ、ターボ分子ポンプ、拡散ポンプ
- ◆粗引きポンプ : スーパートラップの粗引き、再生時の放出気体の排気に粗引きポンプを使用します。粗引きポンプは、スーパートラップ内を 1 Pa に排気できる能力のものがが必要です。
- ◆粗引きバルブ : スーパートラップの運転時に、スーパートラップと粗引きポンプ間を遮断するために使用します。
- ◇粗引き用真空計 : 粗引き圧力、再生時の圧力監視に使用します。
大気圧から 1 Pa まで測定できることが必要です。
- ◇本引き用真空計 : スーパートラップ運転時の圧力監視用に使用します。
 $10^{-1} \sim 10^{-6} \text{ Pa}$ の測定ができることが必要です。電離真空計のご使用を推奨します。
- ◇主バルブ : 再生時のスーパートラップからの放出気体による真空槽の汚染を防止するため、真空槽とスーパートラップ間を遮断するために使用します。開放コンダクタンスの大きいゲートバルブ、クラップバルブ、L型バルブが使用されます。

3.1.1. 通過型・直付型スーパートラップの取付け

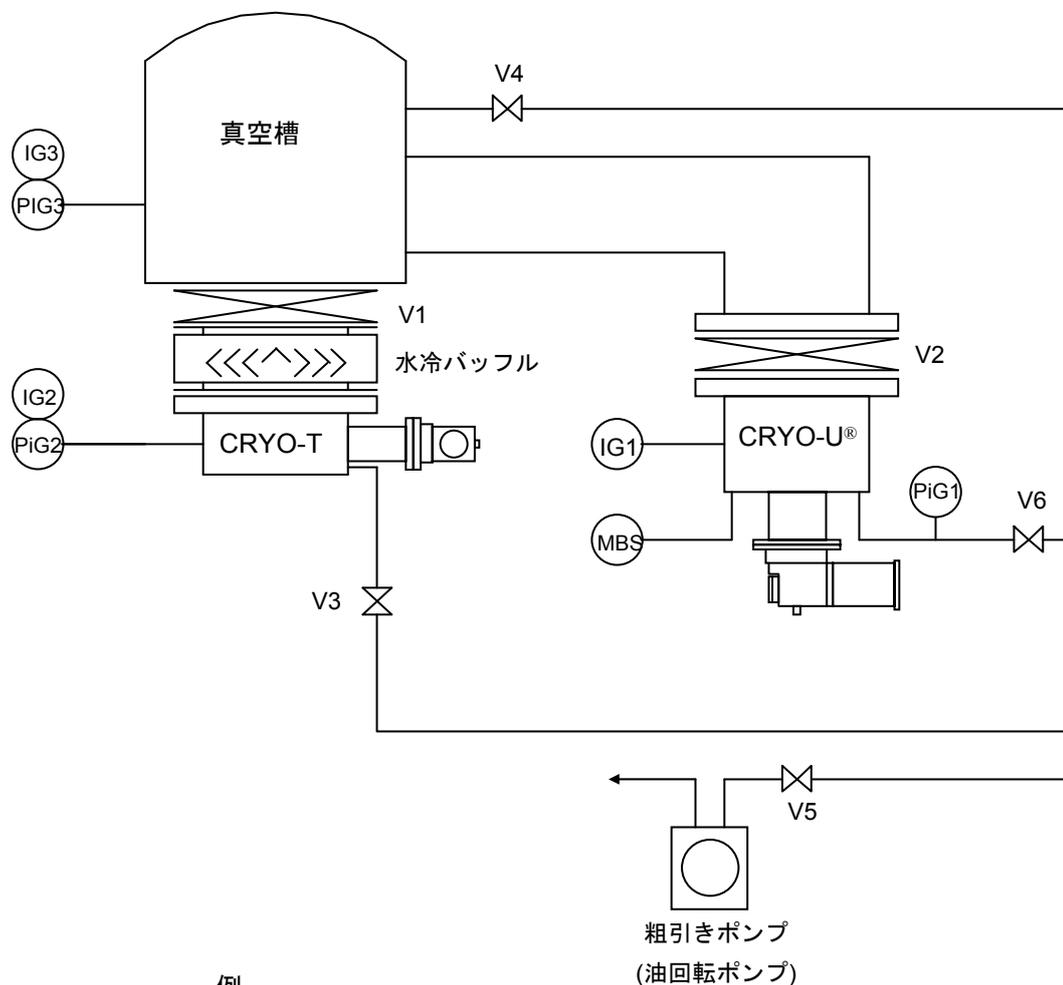


例

- ・ スーパートラップ：通過型
- ・ 主排気ポンプ：クライオポンプ

MBS	：クライオ熱電対温度計MBS型	V1	：主バルブ
PiG1	：クライオポンプ用ピラニ真空計	V2	：コンダクタンスバルブ
PiG2	：スーパートラップ用ピラニ真空計	V3	：クライオポンプ、スーパートラップ用粗引きバルブ
PiG3	：真空槽用ピラニ真空計	V4	：真空槽用粗引きバルブ
IG1	：クライオポンプ用電離真空計	V5	：粗引きバルブ
IG2	：スーパートラップ用電離真空計		
IG3	：真空槽用電離真空計		

図 3-1 通過型 スーパートラップ 排気系の例



例

- ・ スーパートラップ：直付型
- ・ 主排気ポンプ：クライオポンプ

MBS : クライオ熱電対温度計MBS型

PiG1 : クライオポンプ用ピラニ真空計

PiG2 : スーパートラップ用ピラニ真空計

PiG3 : 真空槽用ピラニ真空計

IG1 : クライオポンプ用電離真空計

IG2 : スーパートラップ用電離真空計

IG3 : 真空槽用電離真空計

V1 : 主バルブ

V2 : 主バルブ

V3 : スーパートラップ用粗引きバルブ

V4 : 真空槽用粗引きバルブ

V5 : 粗引きバルブ

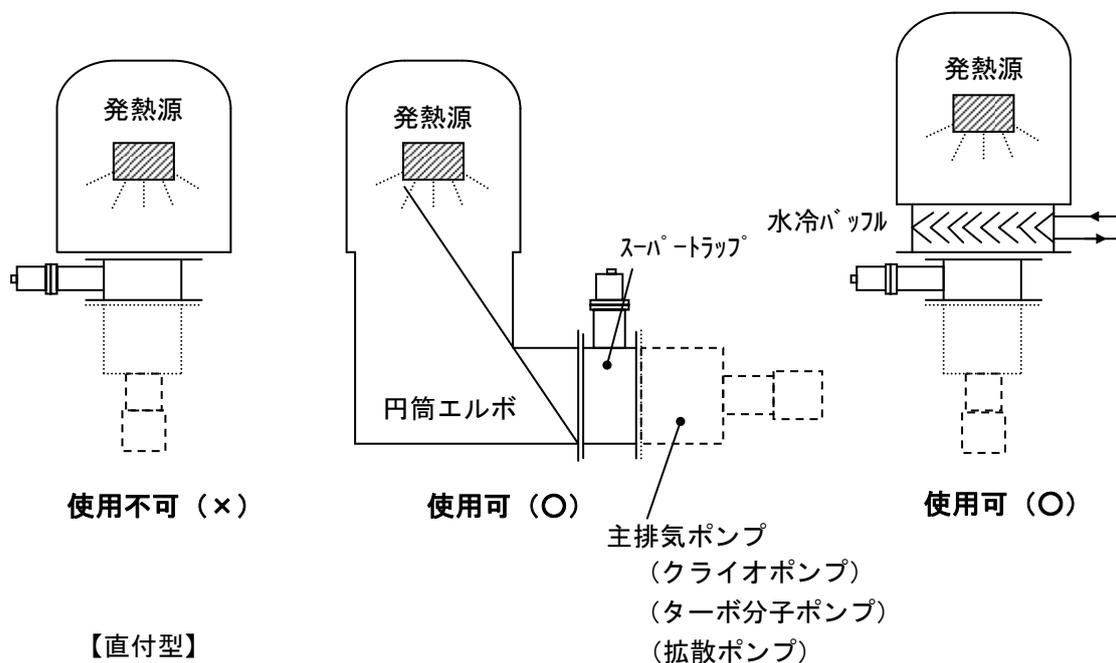
V6 : クライオポンプ粗引きバルブ

図 3-2 直付型 スーパートラップ 排気系の例

■通過型・直付型スーパートラップの装置への取付け

- ◇スーパートラップはどんな方向にも取付けることができます。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。
 - ◇真空槽内に発熱部があるときは、スーパートラップの吸気口が発熱部と直接対向しない位置に取付けてください。図3-3を参照してください。
 - ◇スーパートラップはメンテナンスを考慮し取付けてください。図3-4の(B)寸法を推奨します。
 - ◇スーパートラップと真空槽の間には、主バルブを取付けてください。
1. スーパートラップの保護カバーをはずしてください。
 2. フランジ面をきれいにし、Oリングを取付けてください。
 3. スーパートラップを主バルブ（あるいは真空槽）に取付けてください。
- 全てのボルトがしっかり締まっていることを確認してください。

【通過型】



【直付型】

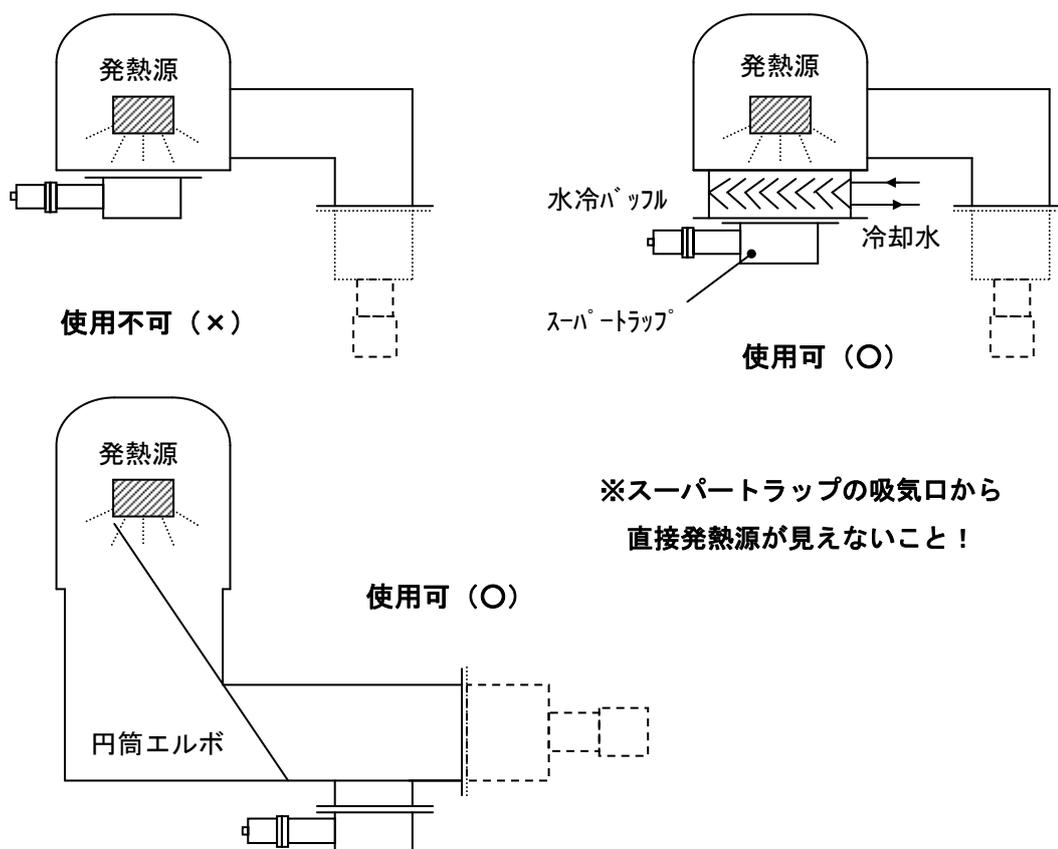
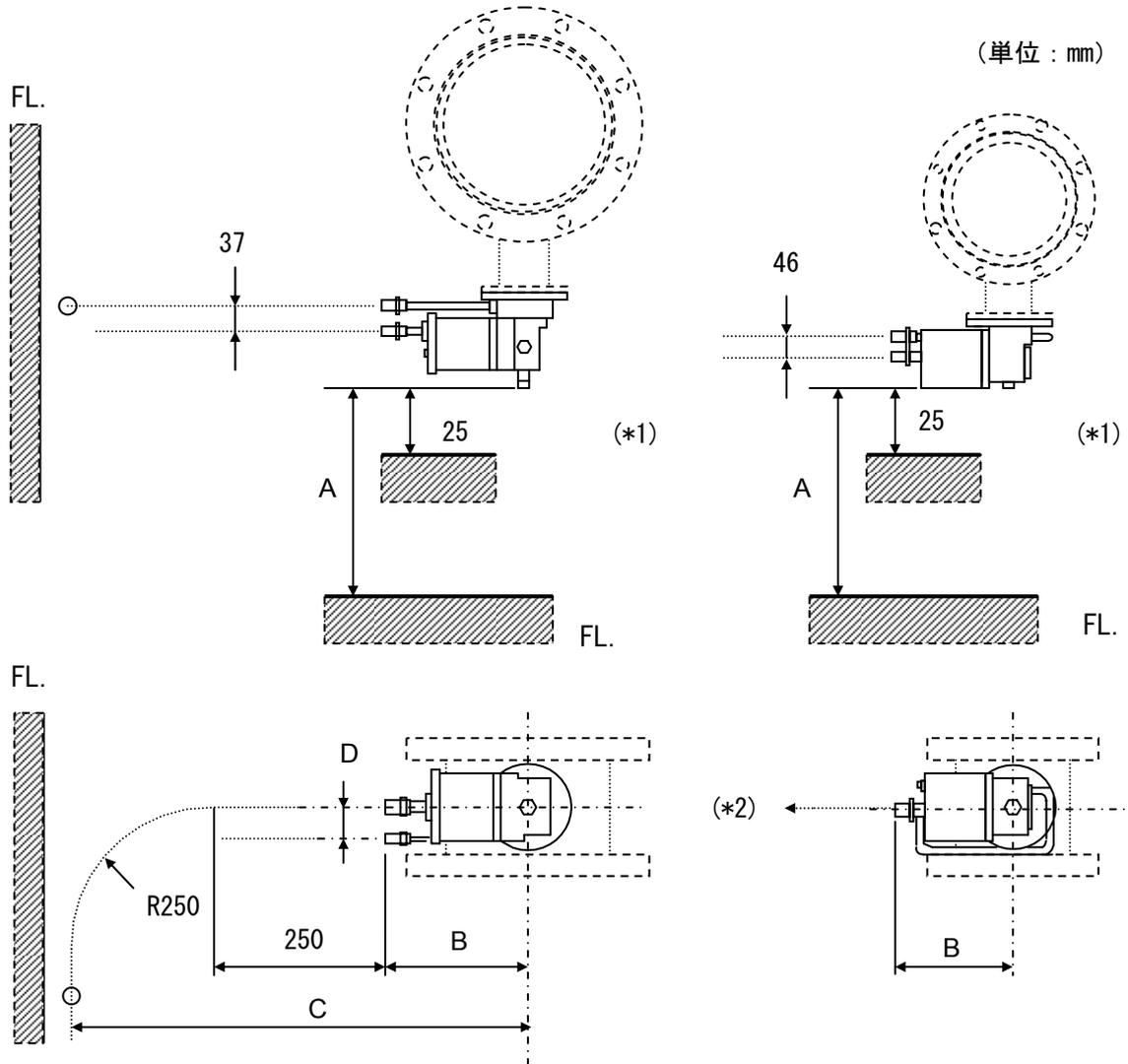


図 3-3 発熱源があるときの取付け例 (通過型・直付型)

〔 冷凍機ユニットが、RMS10 シリーズ、RMS50 シリーズ、RMS80T シリーズ、RMS150T シリーズの場合 〕 〔 冷凍機ユニットが RS5 の場合 〕



注記

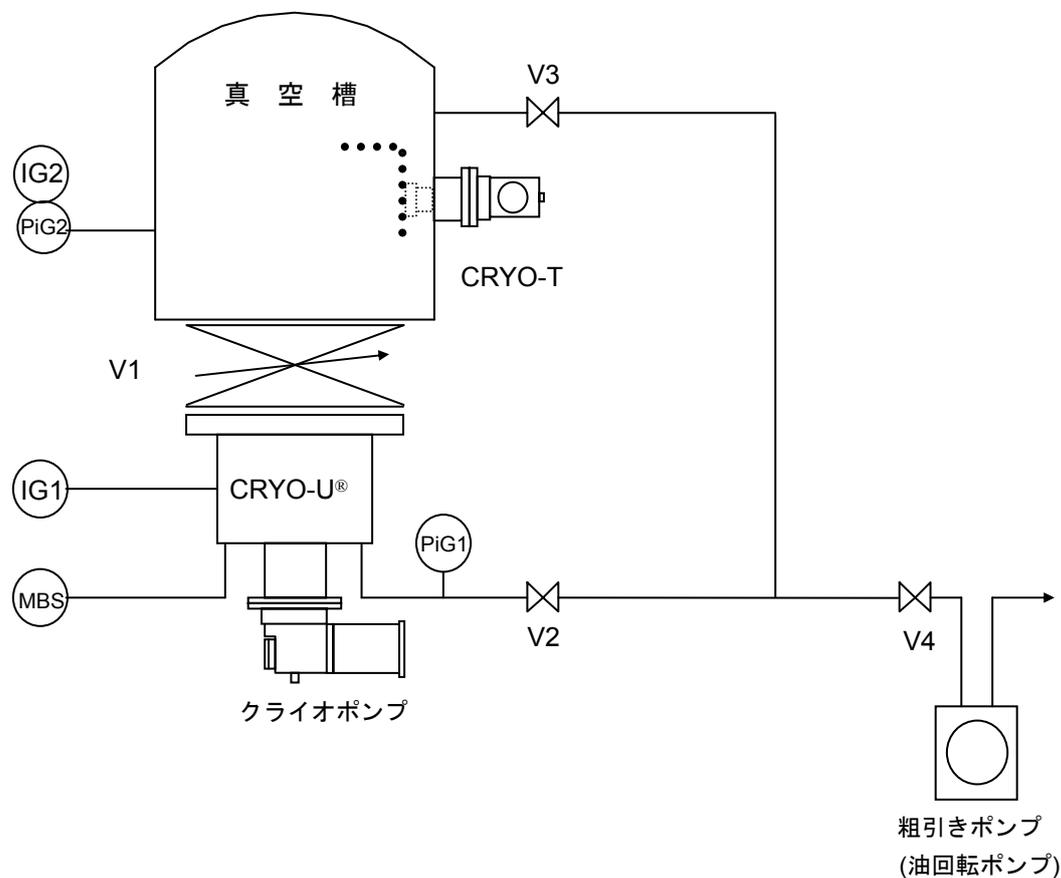
- (*1) 冷凍機ユニットはメンテナンスを考慮し取付けてください。(A)寸法を推奨します。
- (*2) フレキホース分の FL までの寸法は左側の図と同じです。

(単位 : mm)

	RMS10 RMS10T	RMS50 RMS50T	RMS80T	RMS150T	RS5
A	210	210	210	250	115
B	248	295	295	317	197
C	748	795	795	817	697
D	68	68	72	72	-

図 3-4 取付要領図及び保守空間 (通過型・直付型)

3.1.2. ノード型スーパートラップの取付け



MBS : クライオ熱電対温度計MBS型

PiG1 : クライオポンプ用ピラニ真空計

PiG2 : 真空槽用ピラニ真空計

IG1 : クライオポンプ用電離真空計

IG2 : 真空槽用電離真空計

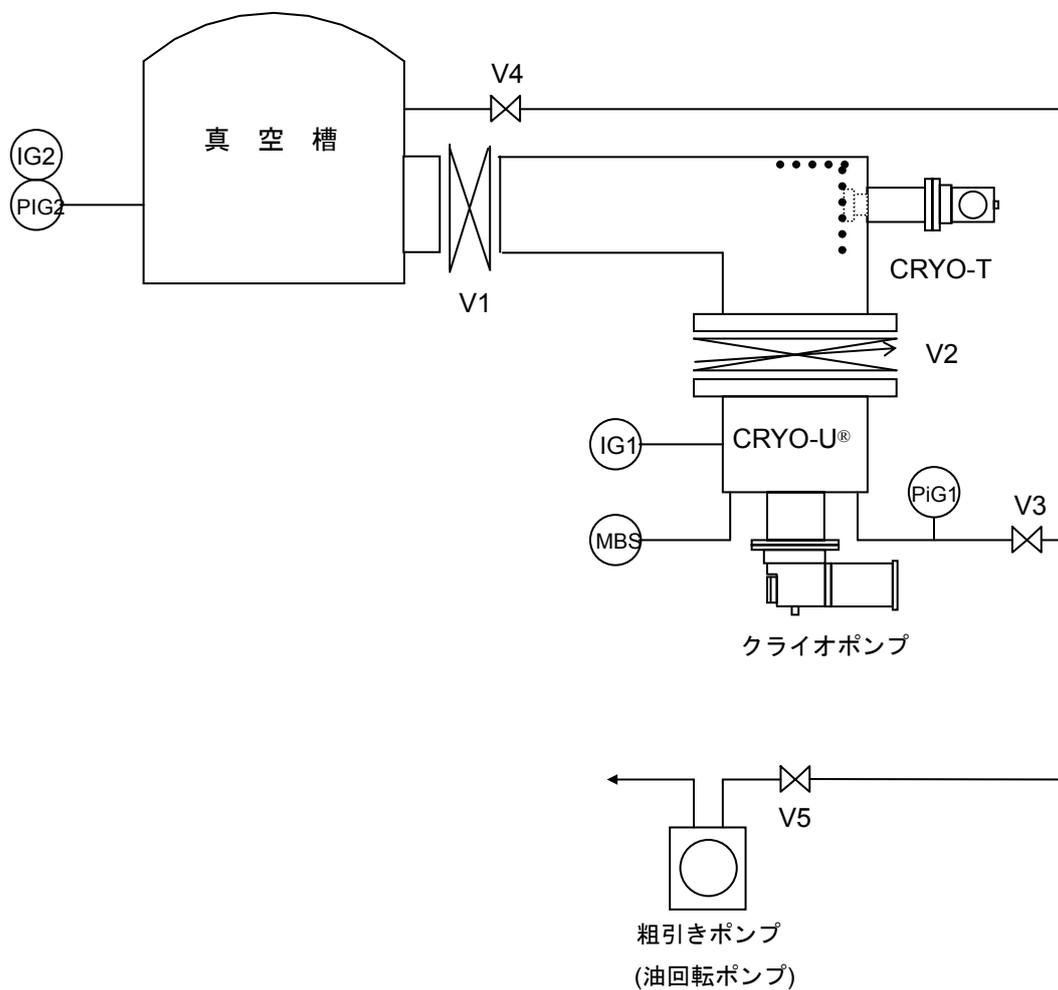
V1 : コンダクタンスバルブ

V2 : クライオポンプ用粗引きバルブ

V3 : 真空槽用粗引きバルブ

V4 : 粗引きバルブ

図 3-5 ノード型 スーパートラップ 排気系の例 (1)



MBS : クライオ熱電対温度計MBS型
 PiG1 : クライオポンプ用ピラニ真空計
 PiG2 : 真空槽用ピラニ真空計
 IG1 : クライオポンプ用電離真空計
 IG2 : 真空槽用電離真空

V1 : 主バルブ
 V2 : コンダクタンスバルブ
 V3 : クライオポンプ用粗引きバルブ
 V4 : 真空槽用粗引きバルブ
 V5 : 粗引きバルブ

図 3-6 ノード型 スーパートラップ 排気系の例 (2)

■ヌード型スーパートラップの装置への取付け

- ◇スーパートラップはどんな方向にも取付けることができます。
- ◇真空槽内に発熱部があるときは、スーパートラップの吸気口が発熱部と直接対向しない位置に取付けてください。必要に応じて熱遮蔽板を取付けてください。形状等は弊社までご相談ください。（図3-7を参照してください。）
- ◇スーパートラップはメンテナンスを考慮し取付けてください。図3-9の寸法を推奨します。
- ◇スーパートラップの取付けは次のようにしてください。

●冷凍機と80Kクライオパネルが一体で納入された場合

1. 開梱してください。80Kクライオパネルは素手で触らないでください。
2. 真空槽のスーパートラップ取付ポート（フランジ）をきれいにし、真空槽側またはスーパートラップ側のフランジにガスケット（Oリングまたはメタルガスケット）を取付けてからスーパートラップ本体をボルトで固定してください。なおK熱電対を現場取付けする場合、同梱のK熱電対先端の圧着端子にインジウム箔を貼り付けてから図3-8およびトラップ仕様書を参照して指定箇所に取付けてください。
3. 取付けボルトに緩みがないことを確認して、リークテストを行ってください。

●冷凍機と80Kクライオパネルが分離されて納入された場合

1. 開梱してください。80Kクライオパネルは素手で触らないでください。
2. 真空槽のスーパートラップ取付けポート（フランジ）をきれいにし、真空槽側またはスーパートラップ側のガスケット（Oリングまたはメタルガスケット）を取付けてから冷凍機をボルトで固定してください。ボルトがしっかり締まっていることを確認してください。
3. 冷凍機のヒートステーション部分にインジウム箔を貼り付けてから80Kクライオパネルを取付けてください。
4. K熱電対先端の圧着端子にインジウム箔を貼り付けてから図3-8およびトラップ仕様書を参照の上、指定箇所に取付けてください。
5. 取付けボルトに緩みがないことを確認して、リークテストを行ってください。

**注意**

- ・K熱電対の取付けに緩みやインジウム箔の貼り忘れがあると、正確な温度を示さないばかりか、80Kクライオパネルまたは冷凍機を破損します。内部ヒータ付のスーパートラップでは特に注意が必要です。
- ・一度締めこんだ部分のインジウム箔は再利用しないで必ず新品に交換してください。

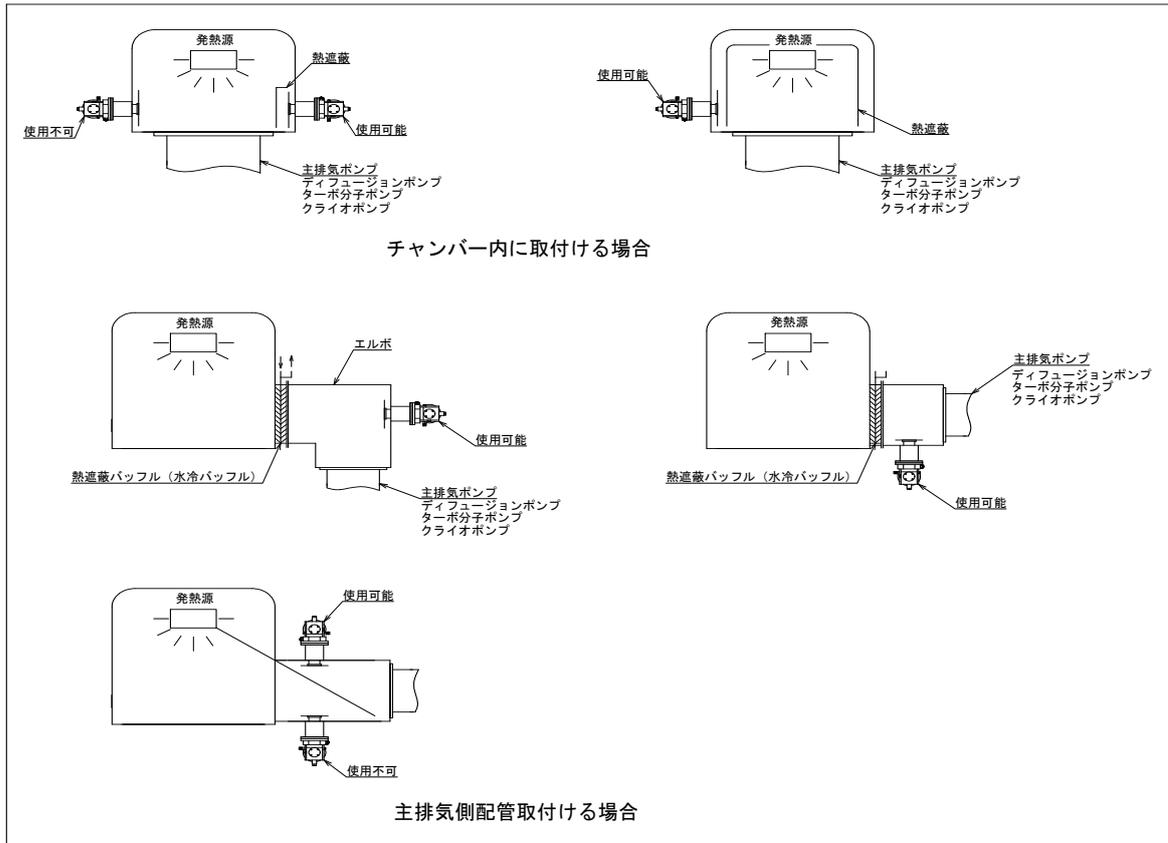


図 3-7 発熱源があるときの取付け方法 (ヌード型)

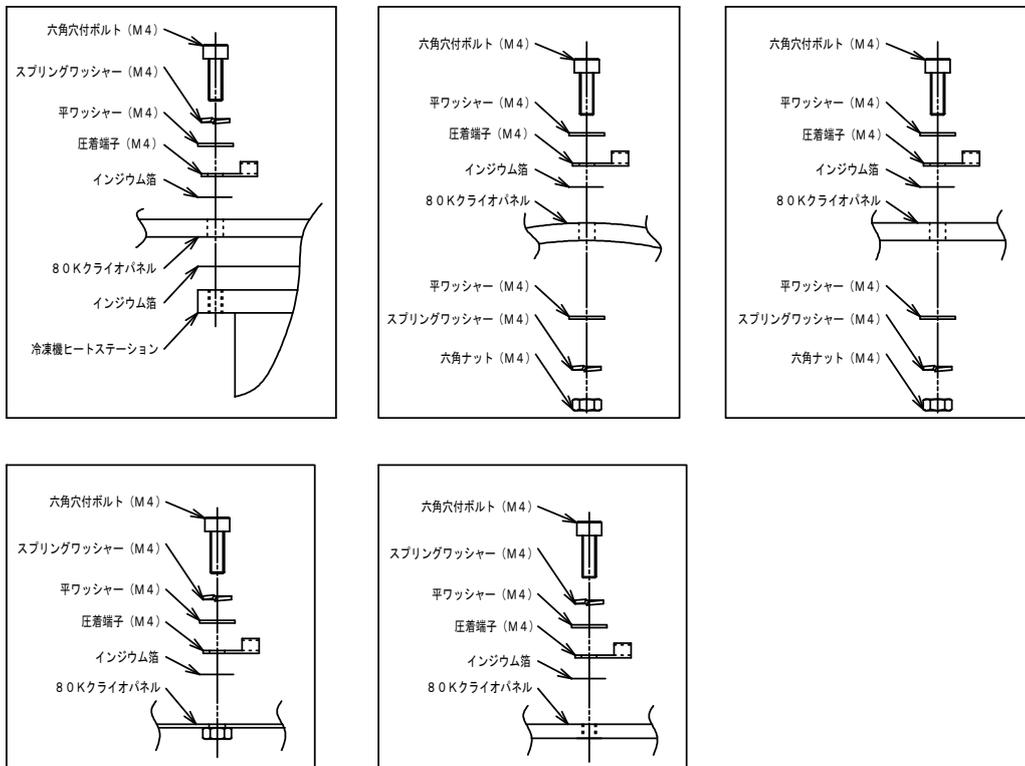
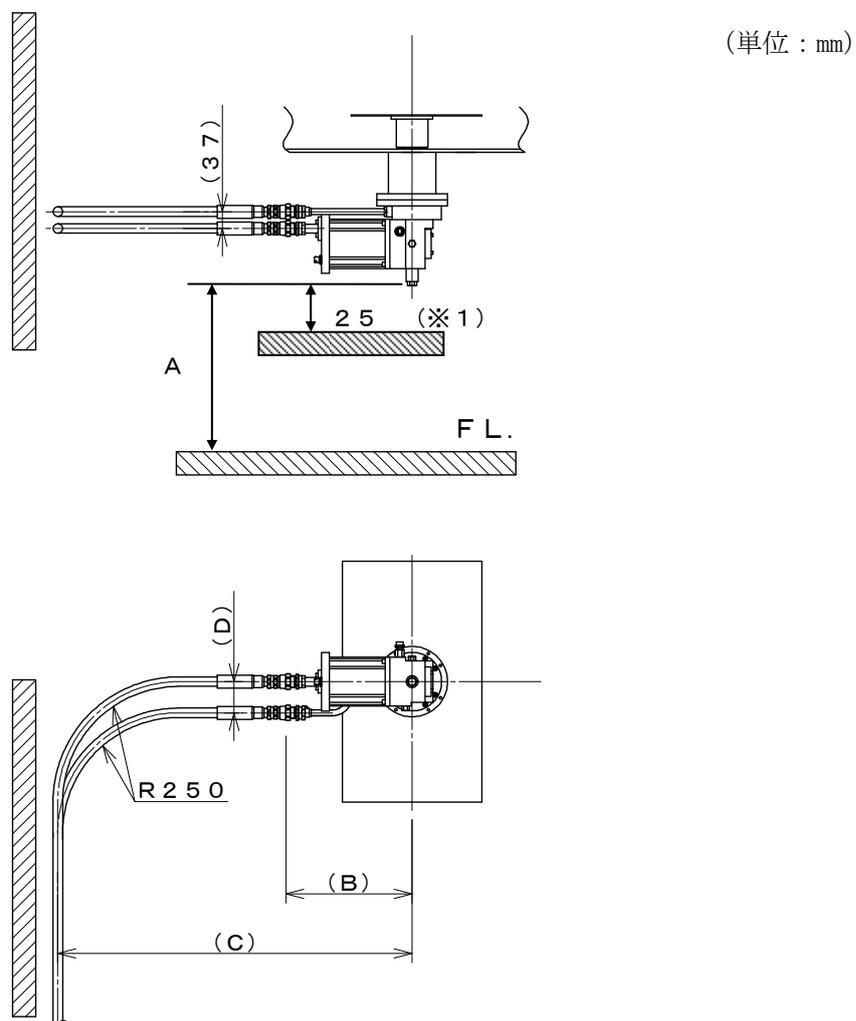


図 3-8 K熱電対の取付け方法 (ヌード型)

**注記**

(*1) 冷凍機ユニットはメンテナンスを考慮して取付けてください。(A)寸法を推奨します。

(単位：mm)

	RMS10 RMS10T	RMS50 RMS50T	RMS80T	RMS150T
A	210	210	210	250
B	248	295	295	317
C	748	795	795	817
D	68	68	72	72

図 3-9 取付要領図及び保守空間 (ノード型)

3.2. スーパートラップ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本の片ロスパナ（2面幅26, 30各1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. スーパートラップ、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. スーパートラップ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3-10参照)。
 - a. サプライフレキホース（「SUPPLY」のラベルが付いています）の一方の端を、コンプレッサユニットの高圧ヘリウムガス接続口（SUPPLY）に接続し、もう一方の端をスーパートラップの高圧ヘリウムガス接続口（SUPPLY）に接続します。
 - b. リターンフレキホース（「RETURN」のラベルが付いています）の一方の端を、コンプレッサユニットの低圧ヘリウムガス接続口（RETURN）に接続し、もう一方の端をスーパートラップの低圧ヘリウムガス接続口（RETURN）に接続します。
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、6.3章に従ってヘリウムガスを充てんしてください。

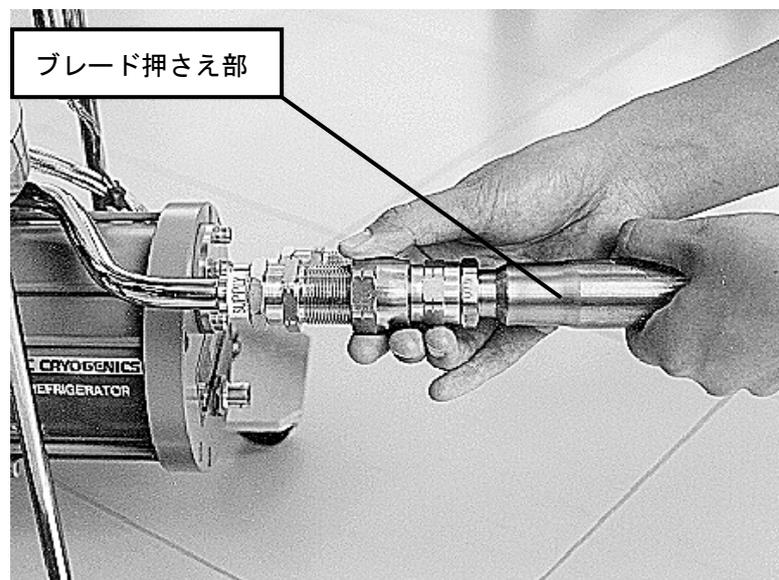
3.3. 電気ケーブルの接続



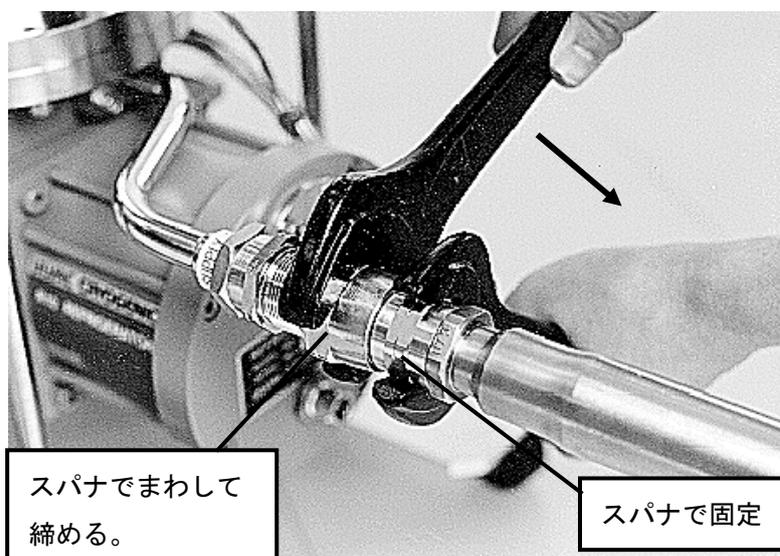
警告

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. スーパートラップ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源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機種によって異なりますので、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。



- 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 3-10 フレキホースの接続

3.4. 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本の片口スパナ（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. スーパートラップが室温になってから、フレキホースを外してください。

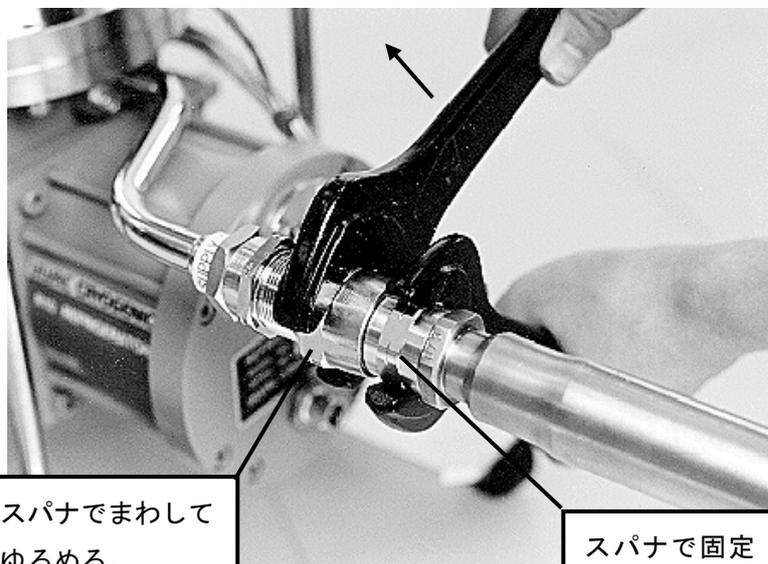


注意

スーパートラップ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6.4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 3-11 フレキホースの取り外し

4. スーパートラップの運転

4.1. 運転の前に.....	4-1
4.2. スーパートラップの粗引き.....	4-2
4.2.1. 通過型・直付型の粗引き.....	4-2
4.2.2. ヌード型の粗引き.....	4-2
4.3. スーパートラップの運転開始と冷却降下.....	4-2
4.4. 通常運転.....	4-4
4.4.1. 通過型・直付型の運転.....	4-4
4.4.2. ヌード型の運転.....	4-4
4.5. 運転停止.....	4-5
4.5.1. 通過型・直付型の運転停止.....	4-5
4.6. スーパートラップの保管.....	4-5
4.7. 危険な物質の取扱い.....	4-6

* 第4章で述べる運転の操作は、図3-1の排気系を例にしています。

4.1. 運転の前に

製品受入時の点検、取付けは大丈夫ですか？

もう1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. 主バルブは閉じていますか？
4. 粗引きバルブは閉じていますか？
5. コンプレッサユニットの充てん圧力は適切ですか？

日常点検を行い、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、トラブル発生の際にも役立ちます。

4.2. スーパートラップの粗引き

4.2.1. 通過型・直付型の粗引き

スーパートラップを単体で運転する場合

真空断熱 ($10^{-1} \sim 10^{-2}$ Pa) が保たれる圧力で粗引きしてください。

スーパートラップと主排気ポンプ (クライオポンプ、拡散ポンプ、ターボ分子ポンプ) の組合せで運転する場合

主排気ポンプの粗引き圧力まで粗引きし、主排気ポンプと同時起動してください。

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、スーパートラップを粗引きしてください。

4.2.2. ノード型の粗引き

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、スーパートラップが取り付けられている真空槽を粗引きしてください。

スーパートラップを単体で運転する場合

真空槽を真空断熱 ($10^{-1} \sim 10^{-2}$ Pa) が保たれる圧力まで粗引きしてください。

スーパートラップと主排気ポンプ (クライオポンプ、拡散ポンプ、ターボ分子ポンプ) の組合せで運転する場合

真空槽を主排気ポンプの粗引き圧力まで粗引きしてください。

4.3. スーパートラップの運転開始と冷却降下

1. コンプレッサユニットの電源スイッチをONにし、スーパートラップを起動してください。
主排気ポンプとの組合せで運転する場合、主排気ポンプと同時起動してください。

† 参考のために †

冷却状態が一定になるところのような音は小さくなります。逆に、ヘリウムガス吸入・吐出音 (シュツ、シュツという音) は大きくなります。

2. スーパートラップの80 Kクライオパネル温度が130 K以下になったら冷却降下は完了です。
ご使用のスーパートラップの冷却降下時間は別途添付の仕様書を参照してください。
3. 運転日誌に130 Kになるまでの時間とこの時のコンプレッサユニットの圧力を記入してください。



注意

- ・本書記載の冷却完了温度130Kは目安です。熱負荷が大きいと思われるプロセス条件やご使用になるスーパートラップの大きさに応じて、お客様にて90～130Kの範囲で適切な温調温度に設定して戴く必要があります。
ご使用になるスーパートラップに対する温調設定値が不明な場合は、弊社営業担当者までご相談下さい。
- ・スーパートラップは水の排気を目的としたものです。90K未滿に温度設定した場合、プロセス圧力によっては水以外の気体（例えばCO₂、Ar）も排気することになり、設定温度によっては真空槽内の圧力が不安定になることがあります。水以外の気体を積極的に排気する場合は、事前にご使用になるプロセスにおける最適な運転条件について、弊社営業担当者までご相談下さい。
- ・コンプレッサ1台に対して複数のトラップをマルチ運転する際には、設定温度によっては圧縮機の運転時におけるヘリウム圧力範囲（寿命に影響を及ぼす）を逸脱することがあります。この時の温調設定については、弊社営業担当者までご相談ください。



注意

真空度が悪い状態で冷却降下を行うとトラップケースが結露します。スーパートラップ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†

放射（輻射）による入熱が大きい場合は、冷却降下時間が長くなります。

4.4. 通常運転

CRYO-T スーパートラップ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。

4.4.1. 通過型・直付型の運転

1. スーパートラップが排気可能な状態になったことを確認した後、粗引きポンプを起動し、粗引きバルブ (V 4) を開け、真空槽を粗引きしてください。
2. 真空槽の圧力が 4 0 P a になったら、粗引きバルブ (V 4) を閉じ、粗引きポンプを停止してください。
3. 主バルブ (V 1) を開けて、真空槽を本引きしてください。
4. 真空槽内の圧力が所定値になりましたら、所定の操作 (蒸着、気体の導入等) を行ってください。真空槽の容積、内容物、内壁の状態等で、所定値になるまでの時間が異なります。

4.4.2. ノード型の運転

1. 8 0 K クライオパネル温度が 1 3 0 K 以下になっていることを確認してください。
2. 真空槽の圧力が所定値になりましたら、所定の操作 (蒸着、気体の導入など) を行ってください。真空槽の容積、内容物、内壁の状態などで所定値になるまでの時間が異なります。

表 4-1 スーパートラップ運転パラメータ (室温 : 20°C)

	単 位	運転停止時	定常運転時(*1)
K 熱電対 (8 0 K シールド温度)	mV	0	< - 5 . 5
	K	2 9 3	< 1 3 0

(*1) 定常運転とは、スーパートラップを無負荷の状態でも運転していることです。



注 意

通常運転操作中に一時的に真空度が悪くなると、真空槽及びスーパートラップ取付け部が結露します。その下に電気回路などがあるとショートする恐れがあります。

4.5. 運転停止

4.5.1. 通過型・直付型の運転停止

1. 主バルブ (V1) を閉じてください。
2. コンプレッサユニットとスーパートラップを停止してください。
3. 80 Kクライオパネル温度が室温に戻ったら、スーパートラップ内を10~100 Paに粗引きしてください。

次のプロセスが開始されるまで、スーパートラップの再生に必要な操作を行ってください。
スーパートラップがいつでも運転できる状態にしておきましょう。

4.5.2. ノード型の運転停止

1. コンプレッサユニットとスーパートラップを停止してください。
2. 80 Kクライオパネル温度が室温に戻ったら、真空槽の大気開放を行ってください。



注意

- ・80 Kクライオパネルの温度が室温 (273 K以上) に戻る前に真空槽を大気開放すると80 Kクライオパネルが結露します。この場合、80 Kクライオパネルの下に水滴を受ける容器を取付けることを推奨します。
- ・結露した80 Kクライオパネルをヒータなどで昇温する時は、80 Kクライオパネルの温度が70℃以上にならないようにヒータを制御してください。

4.6. スーパートラップの保管

◆真空槽に取付けたままのスーパートラップ

真空槽内を真空 (10~100 Pa) にしておくか、露点温度-40℃以下の乾燥窒素またはアルゴンを大気圧よりやや高い圧力で封入しておいてください。

◆真空槽から取り外したスーパートラップ

1. 真空槽よりスーパートラップをはずす際は、室温になっていることを確認してください。
2. フレキホースを外す際は、スーパートラップが室温になっていることを確認してください。
3. フランジとヘリウムガスコネクタに保護カバーをつけてから保管してください。
4. 直射日光、高温、多湿、振動、放射線、雨風、ほこりのかかるような環境での保管は避けてください。

◆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。

◆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スーパートラップは冷凍機内部のヘリウムガス置換をしてください。

4.7. 危険な物質の取扱い

						警告
<p>◆有毒性、腐食性、可燃性、爆発性の気体を排気する場合は、それぞれ必要な法規制に照らし十分な安全対策を講じて、お客様の責任の下に実施ください。</p> <p>なお、これらの物質により再生時にスーパートラップ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、「クライオポンプを正しく安全にお使い頂くために」を参照願います。</p> <p>◆危険物質を排気したスーパートラップを輸送するときは、それぞれの地域、国の法規制に準じて適切な処置を講じてください。</p>						

5. 再生

5.1. 概要	5-1
5.2. 再生の時期.....	5-1
5.3. 再生の方法.....	5-2
5.3.1. 通過型・直付型の再生方法	5-2
5.3.2. ノード型の再生方法	5-2
5.4. 強制昇温	5-3

* 第5章で述べる再生の手順は、図3-1の排気系を例にしています。

5.1. 概要

再生はスーパートラップの性能をもとに戻すために行います。

スーパートラップで排気されたガスは氷のように固まってしまうます。再生とは、補捉したガスをスーパートラップ外に放出することです。一定量の気体を排気した後、凝縮、吸着したガスを固体から気体に戻すため、スーパートラップを室温またはそれ以上の温度に温めます。そして、ガスを大気に放出します。

				警告
◆有毒性、腐食性などがあるガスは、人体などに害を及ぼさないように安全に放出してください。				
◆やけどに注意してください。				

5.2. 再生の時期

通常運転を繰り返し、運転パラメータのいずれか1つが次のようになったら、再生操作を行ってください。

- ・80Kクライオパネル温度：130K以上
- ・排気した気体の量が排気容量になったとき
- ・排気性能が装置のスペックを満足できなくなったとき
- ・主バルブを閉じて装置のスペックの所定圧力に到達できなくなったとき（通過型のみ）

5.3. 再生の方法

再生は、次の3つの操作に分かれます。

- ◇昇温（80 Kクライオパネルを室温に戻すこと）
「自然昇温」または「強制昇温（5.4章）」
- ◇放出気体の排気
- ◇冷却降下

5.3.1. 通過型・直付型の再生方法

1. 主バルブ（V1）を閉じてください。
2. コンプレッサユニット、スーパートラップを停止してください。
3. スーパートラップを昇温してください。



注意

スーパートラップ昇温時、トラップケースが結露します。スーパートラップの下に電気回路等があるとショートする恐れがあります。

4. 80 Kクライオパネル温度が5～10℃になったら、粗引きバルブ（V2）を開けて、スーパートラップ内を40 Paまで排気してください。
5. 40 Paになったら、粗引きバルブ（V2）を閉じてください。
6. スーパートラップを運転し、所定温度まで冷却したら再生は完了です。

5.3.2. ノード型の再生方法

1. コンプレッサユニット、スーパートラップを停止してください。
2. スーパートラップを昇温してください。
昇温中、主排気ポンプで排気を行っても構いません。
ただし、真空中での昇温は長い時間がかかります。
3. 80 Kクライオパネル温度が5～10℃になったら、真空槽を粗引きしてください。



注意

- ・ 昇温中、80 Kクライオパネルから真空槽内に水滴が落ちる恐れがある（多量に水分などを排気している）場合は、真空槽内に水滴を受ける容器を取付けることを推奨します。
- ・ 昇温中、真空槽およびトラップ取付部が結露します。その下に電気回路等があるとショートするおそれがあります。

† 参考のために †

- ・ 80 Kクライオパネルが室温付近になる時間は、排気した水の量によって異なります。

5.4. 強制昇温

◆ 不活性ガス導入（露点温度-40℃以下の窒素またはアルゴンを使用してください）

スーパートラップを昇温するとき、露点温度-40℃以下の窒素（またはアルゴン）導入を行うと、自然昇温（特別なことはせずスーパートラップを停止し室温まで昇温）に比べ効率的に再生を行うことができます。

不活性ガス導入は、次のように行ってください。

1. スーパートラップ停止後、常温の不活性ガスを真空槽内のスーパートラップに導入してください。
2. 80 Kクライオパネルが室温に戻ったらガス導入を停止してください。

◆ 内部ヒータ加熱

前述の強制昇温に加え、オプションのバンドヒータ、または内部ヒータを取り付けることで、昇温時間を更に短縮することができます。

弊社製標準のバンドヒータには70～80℃で自己温度制御するRBH 型とサーモスタットによるON/OFF 制御のシリコンラバーヒータ等があります。詳しくは、別途ご使用されるヒータの各取扱説明書を参照してください。

内部ヒータを用いる場合は必ずオプションのスーパートラップコントローラ（例：S TC-2A）を用いて制御してください。昇温完了の温度設定は300K として下さい。通電停止後に温度がオーバーシュートして、冷凍機ユニットが過度に加熱される場合もありますので、設定温度には注意してください。詳細については、別途コントローラの取扱説明書を参照してください。

なお、ヒータ加熱を行う場合、排気した水の量が多いと、真空槽内の圧力によっては水または氷がチャンパー内に滴下する場合があります。その場合は装置側に適当な水受けをご用意ください。通過型トラップにつきましては、氷の落下により主排気ポンプが故障しないよう十分注意してください。

お客様独自の再生フローで制御される場合は事前に必ず弊社までご連絡下さい。



警告

再生用バンドヒータ表面、内部ヒータ表面及びヒータポートは高温になるため、火災及び火傷防止用として必要な措置や注意喚起の表示といった安全対策を必ず講じて下さい。



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。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。

ベーキングやヒータ等で昇温させる場合は、ステージ部温度が70℃を超えないよう、必ずヒータ温度を監視して制御して下さい。

なお、弊社製標準のバンドヒータは温度自己制御方式のため、特別な温度調整機器を新たに設置しなくても使用できます。また、弊社のスーパーラップコントローラには過加熱防止機能があります。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。

◆ヒータ付き水受けについて

ヒータ付き水受けを使用するときの注意事項を下記に記載します。

運用方法の詳細については、弊社営業担当者までご相談下さい。



注意

- ・納入機器図面または仕様書に記載された溜め込み量以下で運用して下さい。
- ・通電開始は水受けに氷が滴下する温度付近で行ってください。昇温開始と同時に通電すると、空焚きのために過加熱になる恐れがあります。

なお、水受けはクライオパネルとの位置関係によっては、パネル冷却中に放射（輻射）熱により氷点下（例えば-20℃）まで下がる場合があります。

ヒータ通電開始温度がその温度より高いと（例えば-10℃）、プロセス中に意図せずヒータに通電される場合も想定されるので、通電開始の設定温度を見直すか、インターロックを設けて対処して下さい。

- ・ヒータへの負荷を低減するために、ON/OFF 制御はしないで下さい。
- ・温度設定上限値は 70℃ (343K)、過加熱防止設定は 127℃ (400K) として下さい。
- ・水受けに水や氷が残っていないかどうかは、水受けの温度変化から判断して下さい。真空引き時に氷点下まで下がる場合は、水または氷が残っているため、粗引き終了まで通電しておく必要があります。ソフト上のタイマー制御はお勧めしません。
- ・水受け用ヒータは消耗品であるため、使用頻度に応じて定期的に交換して下さい。水受けとヒータは同時交換となります。
- ・通電停止後、十分時間が経過し 40℃以下になったらメンテナンスして下さい。
- ・ヒータポートは高温（100℃前後）になることがありますので注意して下さい。

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.	スーパートラップのメンテナンス.....	6-3
6.3.	スーパートラップシステムへのヘリウムガスの補充.....	6-5
6.4.	冷凍機ユニットのヘリウムガス置換.....	6-7

6.1. 定期メンテナンスと不定期メンテナンス

スーパートラップ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
 再生用ヒータ絶縁チェック

◇不定期メンテナンス : スーパートラップのクリーニング
 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、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 2.4 M、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 6-1 保守間隔

◎定期メンテナンス △故障時交換

保守内容		交換部品	間隔 (h)						備考
スーパートラップ									
△	80K クライパ [®] 祢交換	80K クライパ [®] 祢	適時						組立時には、必ず新しいインジウム箔を使用して下さい。
△	スーパートラップ内クリーニング		適時						
◎	再生用ヒータ絶縁チェック (注1)	ヒータユニットまたはパ [®] 祢アセンブリ (注2)	バンドヒータ、ラバーヒータ：毎月 カートリッジヒータ、シースヒータ：毎月						10MΩ 以下の場合は、交換してください。
△	再生用ヒータ取付ボルトチェック (注1)	ブ [®] ロック、ヒータ本体、ボルト等	バンドヒータ、ラバーヒータ：適時 カートリッジヒータ、シースヒータ：適時						ゆるむと絶縁不良や断線に至ります。
△	K熱電対交換	K熱電対	不定期						経年劣化により、起電力が許容範囲から逸脱することがあります。
冷凍機ユニット			RS5	RS10 RS10T	RS50 RS50T	RMS10 RMS10T RMS50 RMS50T RMS503TK	RS80T RMS80T	RS150T RMS150T	
◎	シールキット交換	シールキット							運用方法によっては、保守間隔の変更があります。
◎	ドライバ [®] アセンブリ交換	ドライバ [®] ベアリング バルブ [®] ベアリング セットスクリュー	10,000	12,000	12,000	16,000	20,000	10,000	
◎	モータ [®] ベアリング交換	モータ [®] ベアリング							
◎	シリンダ [®] ボルト交換	シリンダ [®] ボルト	—						
◎	圧縮スプリング交換	圧縮スプリング	—	—	—	—	20,000	—	
◎	ディスプレイ交換	1段・2段 ディスプレイ	10,000	24,000	12,000	16,000	20,000	10,000	
◎	バルブボディ	吸入・排出 バルブボディ	10,000	適時	12,000	16,000	適時	10,000	
△	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。						

(注1) 再生用ヒータ絶縁性チェックは、ヒータを付属するクライオシステムのみ適用されます。

(注2) 仕様によりパネルアセンブリで交換が必要な場合があります。

6.2. スーパートラップのメンテナンス

スーパートラップの性能を劣化させる原因の大部分は、80 Kクライオパネルの汚れによるものです。汚れの経過をチェックするために、主バルブを閉じた状態での各部分の温度を1週間に1度程度チェックすることを推奨します。また、冷凍機ユニットの保守などでスーパートラップを装置から取り外す場合は、80 Kクライオパネルの点検を合わせて行ってください。

◆ 80 Kクライオパネルのクリーニング

1. 装置からスーパートラップを取り外してください。フランジ面を傷つけないよう、ゴミ、金属粉などのついていないマットを敷いてその上に置いてください。スーパートラップが倒れないように支持してください。
2. 80 Kクライオパネル外面をアルコールで浸したきれいな布で拭いてください。なお、アルコール等で拭いても汚れが落ちない場合は、80 Kクライオパネルを交換してください。
3. クリーニング及び交換で80 Kクライオパネルを脱着する場合は第3章の1項を必ず参照し、80 KクライオパネルとK熱電対を確実に取付けてください。



注意

- ・パネルに熱電対の圧着端子を取り付ける際には、圧着端子根元を確実に押さえてネジを締め付けてください。(M4 締付トルク : 1.5N・m)
- ・熱電対は温調用と過昇温防止用（ヒータ付トラップのみ）があり、取付位置を間違えないようにしてください。
- ・熱電対のシース線を引っ張らないようにしてください。根元に負荷が掛かると折損します。
- ・熱電対の取付けに緩みがあると正確な温度を測定できず、過冷却または過昇温につながり、排気性能の低下や冷凍機の損傷につながります。

◆ 再生用ヒータのメンテナンス（ヒータ付きトラップシステムの場合）

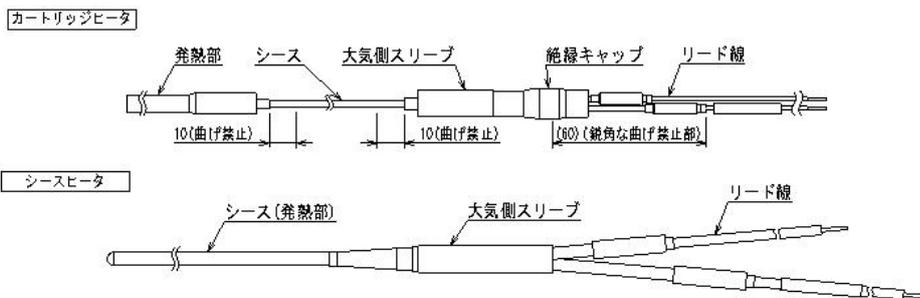


図 6-1 ヒータ各部の名称

トラップシステムに使用されるヒータはカートリッジヒータ、シースヒータの2種類あります。各部の名称を図6-1に示します。

1. 分解前に絶縁抵抗値と抵抗値を測定します。
2. ヒータの取付状態を確認します。
 カートリッジヒータの場合：取付部のボルトの緩みがないかどうか確認します。
 シースヒータの場合：シース表面に亀裂や異常な焼けがないか確認します。
3. 絶縁の劣化や断線がある場合は、ヒータを交換します。
4. コネクタ接続不良や保護キャップの付け忘れ（カートリッジのみ）に注意してください。



注意

再生用ヒータは、シースヒータタイプ、カートリッジヒータタイプいずれも絶縁性が経年変化で劣化する場合があります。そのため、安全対策としてお使い戴く装置側への漏電ブレーカの設置、並びに、漏電の未然防止のための定期点検を行なってください。劣化が確認された場合は、交換をお願い致します。

点検は通電前に実施し、大気側スリーブ外側とリード線間での絶縁抵抗が10MΩ以上（DC500Vメガー）あることを確認してください。



注意

ヒータ交換はクライオポンプのメンテナンス方法及び内部ヒータのメンテナンス方法を熟知し、十分訓練された技能者が行なって下さい。ヒータの取り扱いに当たっては下記に注意してください。取付け不良によるヒータ故障は保証期間内であっても有償となります。

- ・ヒータ通電後にメンテナンスを行なう場合、必ずパネルとヒータが室温に戻っていることを確認した上で、作業に着手してください。
- ・シースは必ず手で曲げ加工を実施し、絶対に曲げ戻し作業は行なわないで下さい。
- ・ヒータ発熱部根元付近または大気側スリーブ根元付近で、シース部を絶対に曲げないで下さい。
- ・最小曲げR以下でのシース部の曲げ（カートリッジ：曲げR10以上、シースヒータ：シース径の5倍以上）は絶対にしないでください
- ・カートリッジヒータの取付けブロックに緩みがあると、発熱部がブロックに密着せず異常過熱し、断線や絶縁劣化を生じます。必ず規定トルクで増し締めしてください。

(M3 締付トルク:1N・m)

- ・メンテナンス作業終了後は絶縁抵抗及び導通の確認を行い、必ず記録に残してください。

6.3. スーパートラップシステムへのヘリウムガスの補充

ヘリウムガスの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**

スーパートラップ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。

◇圧力調整器はヘリウムガス用（左ねじ）、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。

次の手順で、ヘリウムガスを補充します。

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、まず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. 圧力調整器の圧力調整ハンドルを時計回りに少し開けてください。
 - b. 容器弁をゆっくり数秒開けて、ヘリウムガスをブローしてください。
 - c. 圧力調整器の調整ハンドルを反時計まわりに回してガスを止めてください。

**注意**

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して、ヘリウムガスが空気汚染されてしまいます。

**警告**

容器弁を開ける際や圧力調整ハンドルを操作する際には、圧力計の前に顔を絶対に近づけないでください。

2. コンプレッサユニットの前面パネルをはずしてください。
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になるようにハンドルを回し、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。なお、圧力調整器に付属して用意する安全弁の設定圧力は2.4MPaG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（前面パネルに記載）



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. 圧力調整器のハンドルを締め、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。

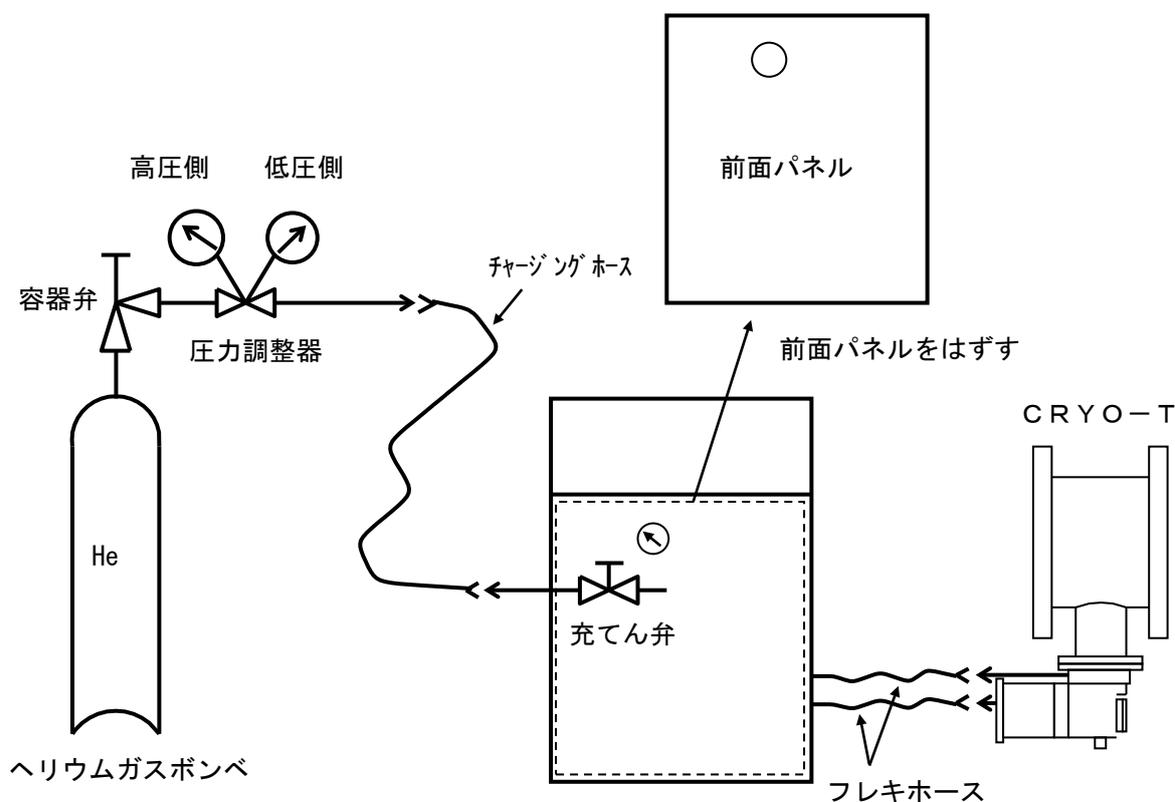


図 6-2 システムのヘリウムガス充てん

6.4. 冷凍機ユニットのヘリウムガス置換

ヘリウムガスの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。

スーパートラップシステム内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）。

スーパートラップ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. スーパートラップ（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) スーパーラップ (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. スーパーラップ (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。

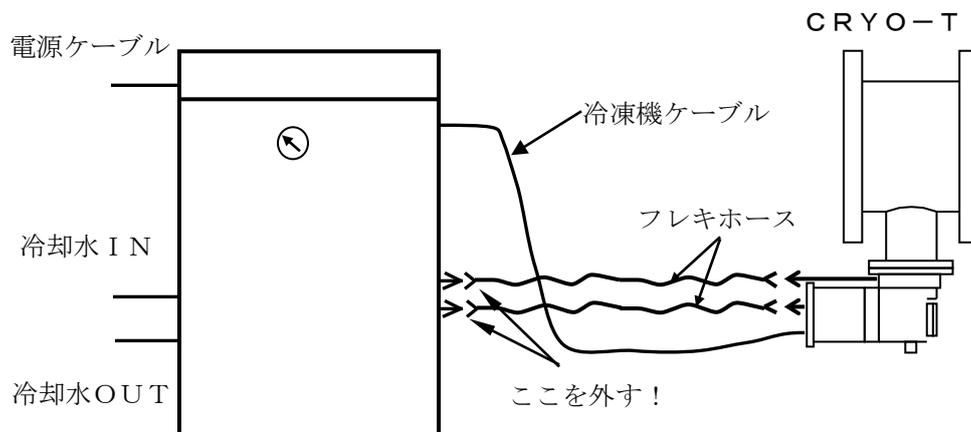


図 6-3 フレキホースの切り離し

3. 停止したらずぐに、コンプレッサユニット側 SUPPLY、RETURN のフレキホースを外してください (図 6-3)。

(注) 停止と同時にフレキ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 のフレキホースを置換治具に接続してください (図 6-4)。
5. 置換治具の V1 を開けて、冷凍機ユニットとフレキホース内の圧力を 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。

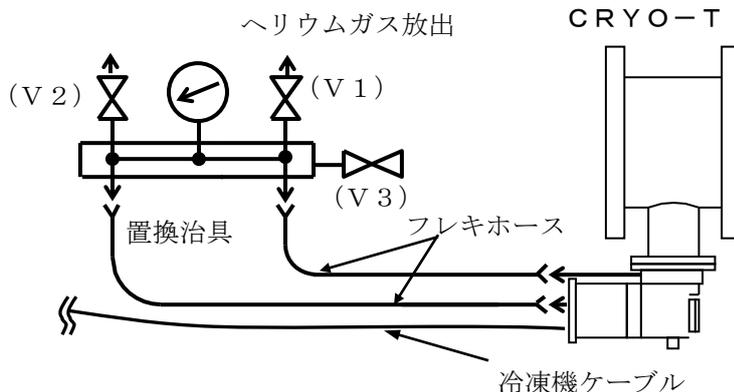


図 6-4 置換治具の接続

6. スーパートラップ（冷凍機ユニット）を昇温してください。
- 80Kクライオパネル（2段ステージ）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 80Kクライオパネル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

スーパートラップ（冷凍機ユニット）の昇温中に大気開放すると、80Kクライオパネル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 †

5. 4 章の強制昇温方法でスーパートラップを昇温すると、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 80Kクライオパネルが室温に戻ったことを確認してから行ってください。

7. ヘリウムガスボンベと圧力調整器を接続してください。「6. 3 スーパートラップシステムへのヘリウムガスの補充」を参照して、ヘリウムガスボンベの容器弁と圧力調整器弁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 6-5 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。

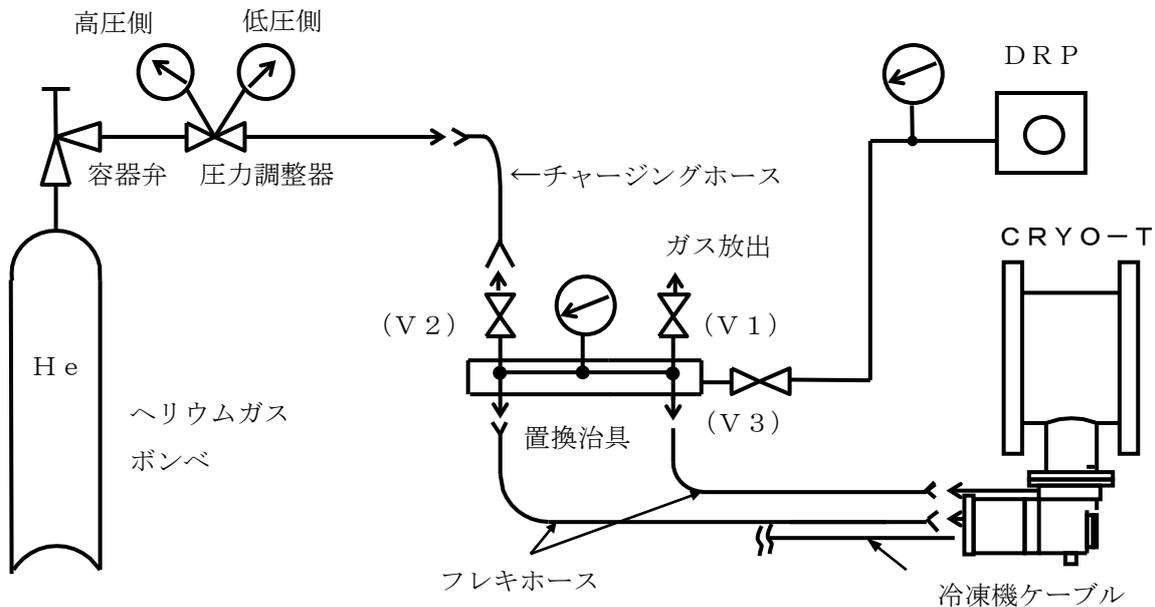


図 6-5 冷凍機ユニットのヘリウムガス置換（1）

- 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. 圧力調整器の低压側を 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、アルバックの小型油回転ポンプ、ドライポンプの最大許容圧力は 0.01MPaG ですので、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. 圧力調整器の低压側圧力を 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6-6)。

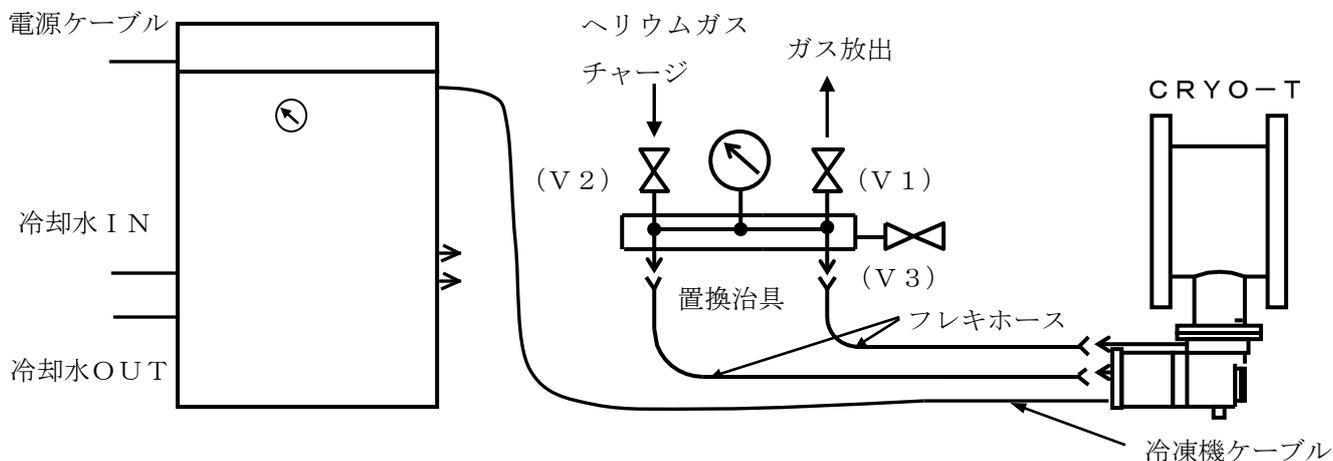


図 6-6 冷凍機ユニットのヘリウムガス置換 (2)



注意

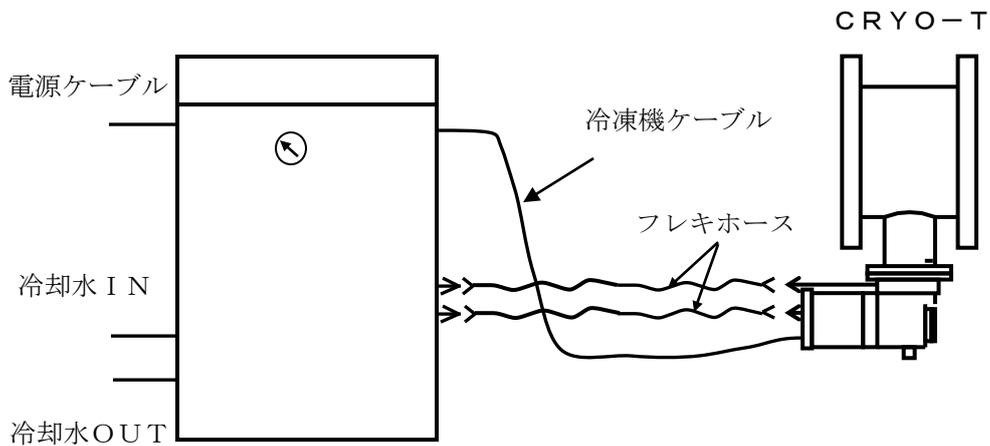
冷凍機ユニット内が負圧の時に冷凍機を運転すると、冷凍機のモータ内で真空放電が起きて故障します。必ずヘリウムガス充てん後に、運転してください。

- h. 冷凍機ユニットを運転したまま、置換治具のV1を開けてガスを放出し、0.4MPaGまで減圧したら、V1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V2を開けて1.5MPaGまで充てんしてV2を閉める。
 - 2) V1を開けて0.4MPaGまでガスを放出してV1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6-7)。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. クライオポンプ（冷凍機ユニット）を再起動してください。

**図 6-7 フレキホースの接続**

付録 A

トラブルシューティング

1. トラブルシューティング

CRYO-Tの故障の大部分は、次の2つの経路を通して、温度上昇、圧力上昇となって表れます。

- (1) 冷凍機ユニットの故障→冷凍能力の低下→スーパートラップ温度上昇→圧力上昇
冷凍機ユニット故障の場合、温度上昇、圧力上昇は、通常、分あるいは時間単位で急激に起こります。
- (2) 80Kクライオパネルの汚染→入熱量の増加→スーパートラップ温度上昇→圧力上昇
80Kクライオパネルの汚染の場合、温度上昇、圧力上昇は使用状況により異なりますが、通常、月、年単位でゆっくりと起こります。
表A-1は考えられる故障の原因（I～VII）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。

2. カスタマーサポート

故障やお問い合わせの時は、弊社にご連絡ください。

弊社の連絡先については、この取扱説明書の巻末に記載されている「サービスネットワーク」をご参照ください。

表 A-1 故障診断表

故障症状	原因	対策
I. スーパートラップとコンプレッサユニットの両方が起動しない。		コンプレッサユニットの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起動するがスーパートラップが起動しない。またはスーパートラップは停止しているがコンプレッサユニットは連続して動いている。	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。 ⚠ 注意 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使用して冷凍機ユニットのヘリウムガス置換を行う。(6.4章参照)
	3) 冷凍機ユニット駆動モータに機械的損傷がある。 ① モータ軸の破損 ② 駆動モータ配線の損傷 ③ ベアリングの破損	弊社までご連絡ください。
III. スーパートラップが130K以下に冷えない。	1) 冷凍機ユニット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。	フレキホースが冷凍機モータ側に接続されているかどうかを確認する。
	2) セルフシールカップリングが正しく接続されていない。	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を確認する。
	3) 冷凍機ユニットの故障。	弊社までご連絡ください。
	4) K熱電対の起電力が納入時に比べ変化している。	冷凍機ユニットやクライオパネルに異常が無い場合、熱電対の経年劣化が疑われます。弊社までご連絡ください。

故障症状	原因	対策
IV. スーパートラップの排気性能が低下した。 (例) ・真空度が悪くなった ・K熱電対起電力が高い値を示す。 ・排気速度が低下している。 ・スーパートラップは動いているが、スーパートラップの温度が上がり、真空度が悪くなった。	1) スーパートラップが気体を大量に排気している。	再生操作を行う。(5章参照)
	2) ヘリウムガス充てん圧力が低下している。	ヘリウムガスを充てんする。
	3) リークがある。 ①真空側(スーパートラップの空気へのリーク) ②ヘリウムのリーク(大気へのヘリウムのリーク)	ヘリウムリークディテクターか質量分析計でリーク箇所を見つける。 ・石鹼水を使った発泡法、ヘリウムリークディテクターを使ったスニファー法でリーク箇所を見つける。 ・各機器を切り離して加圧し、圧力低下の有無でリークをしている機器を見つける。
	4) スーパートラップへの熱負荷が大きい。	熱シールドを熱源とスーパートラップの間に設ける。(図3-2参照)
	5) スーパートラップ内部の機器がゆるんでいる。 ①K熱電対の測温部の取付けがゆるんでいる。 ②80Kクライオパネルの取付けがゆるんでいる。	スーパートラップを分解して、測温部をしっかりと取り付ける。必要ならインジウム箔も取り替える。 スーパートラップを分解して、全てのネジをしっかりと締め付ける。インジウム箔を点検して、必要ならば取り替える。
	6) ヘリウムガスがひどく汚染されている。(冷凍能力の低下)	純度 99.999%以上のヘリウムガスを使って、冷凍機ユニットのヘリウムガス置換を行う。(6.4章参照)
	7) 冷凍機ユニットの故障。	弊社までご連絡ください。
	8) コンプレッサユニットの故障。	コンプレッサユニットの取扱説明書をお読みください。
	9) K熱電対の起電力が納入時に比べ変化している。	冷凍機ユニットやクライオパネルに異常が無い場合、熱電対の経年劣化が疑われます。弊社までご連絡ください。

故障症状	原因	対策
V. スーパートラップの再生を度々行わなければならなくなった。	1) 再生温度が低すぎて、スーパートラップ中の水分が抜けきっていない。	①再生操作を行う。(5章参照) ②露点温度-40℃以下の乾燥窒素導入、粗引きを繰り返し行う。乾燥窒素の導入が一番良い。
	2) 真空系にリークがある。	冷凍機ユニットのシリンダの破損によるものであれば、弊社までご連絡ください。
VI. 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。	冷凍機ユニットのヘリウムガス置換を行う。(6.4章参照)
	2) モータへの入力電圧が低い。	弊社までご連絡ください。
VII. 再生過程における昇温時にパネルの温度が上がらない(ヒータ付トラップの場合)	絶縁不良(ブレーカが作動する)	①定期的に絶縁抵抗値を測定し、劣化が見られたら新品交換する。 ②ヒータの大気側スリーブが湿らないようにする
	断線(ブレーカが作動する)	①定期的に抵抗値及び絶縁抵抗値を点検し、劣化が見られたら新品交換する。 ②取付け状態(緩み)に異常が無いか定期的に点検する。

This page intentionally left blank.

付録 B

フレキホース

1. 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. 取扱い上の注意



注意

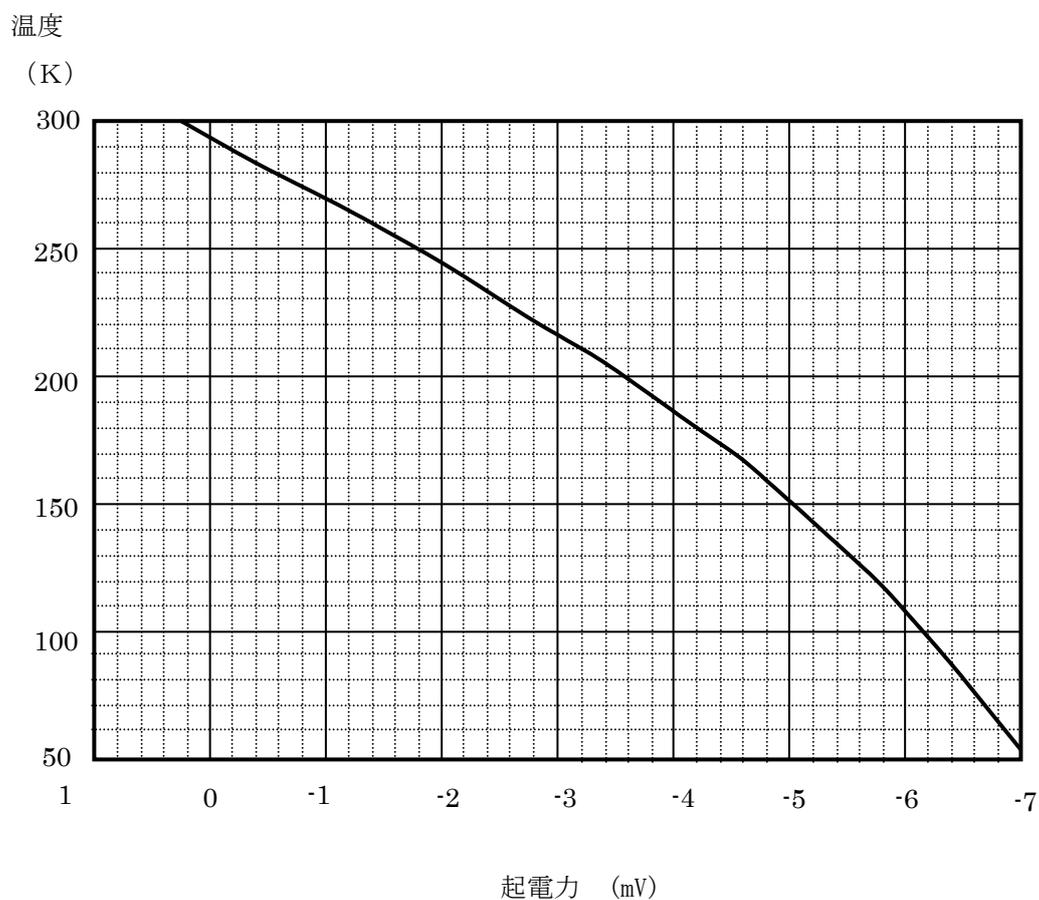
- ・ 運搬時は、破損防止のためブレード押さえ部付近を持ってください。フレキ部分を鋭角に強く曲げると損傷する恐れがあります。
- ・ フレキホースはねじらないでください。連続的な曲げ配管では特に注意してください。
- ・ 保管は、腐食防止のため、できるだけ水分、塩分が付着しないようにしてください。また、フレキホースの変形およびつぶれを防止するため、重いものをのせたりしないでください。

This page intentionally left blank.

付録 C

温度計の換算グラフ

1. K熱電対起電力



K熱電対起電力 (周囲温度 20°C)

This page intentionally left blank.

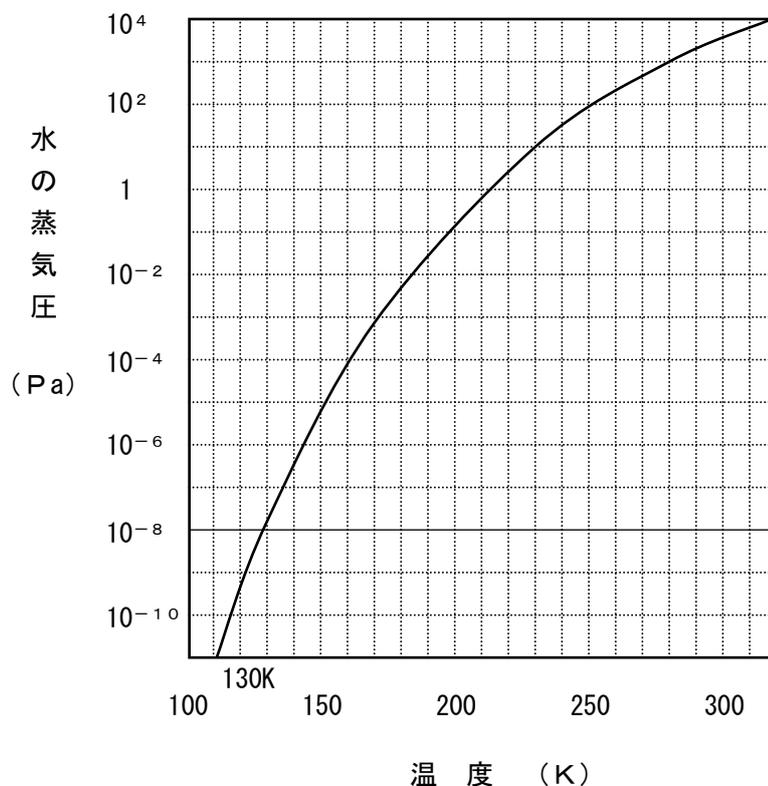
付録 D

スーパートラップの排気原理

スーパートラップの排気動作は、極低温に冷却された面（クライオ面）に衝突した気体分子をクライオ面に凝縮させることによって行われます。

アルバック・クライオ㈱のCRYO-Tシリーズスーパートラップは、クライオ面の冷却にヘリウム冷凍機を使用しています。このため液体窒素が不要となり、簡単な操作で清浄な高真空、超高真空が得られます。

スーパートラップが水を有効に排気できるためには、80Kクライオパネルに凝縮した水の蒸気圧が 10^{-8} Pa 台かそれ以下であることが必要です。そのためには、80Kクライオパネルの最大温度が130K以下であることが必要となります。（図D-1 参照）



図D-1 水の蒸気圧と温度の関係

クライオ面に入射した水分子がそこで捕獲される確率 C_n は次式で与えられます。

$$C_n = C_g - C_s (P_s / P_g) (T_g / T_s)^{1/2}$$

C_g : 凝縮係数

P_g : 水蒸気の圧力 (Pa)

C_s : 蒸発確率

P_s : 温度 T_s での水の蒸気圧 (Pa)

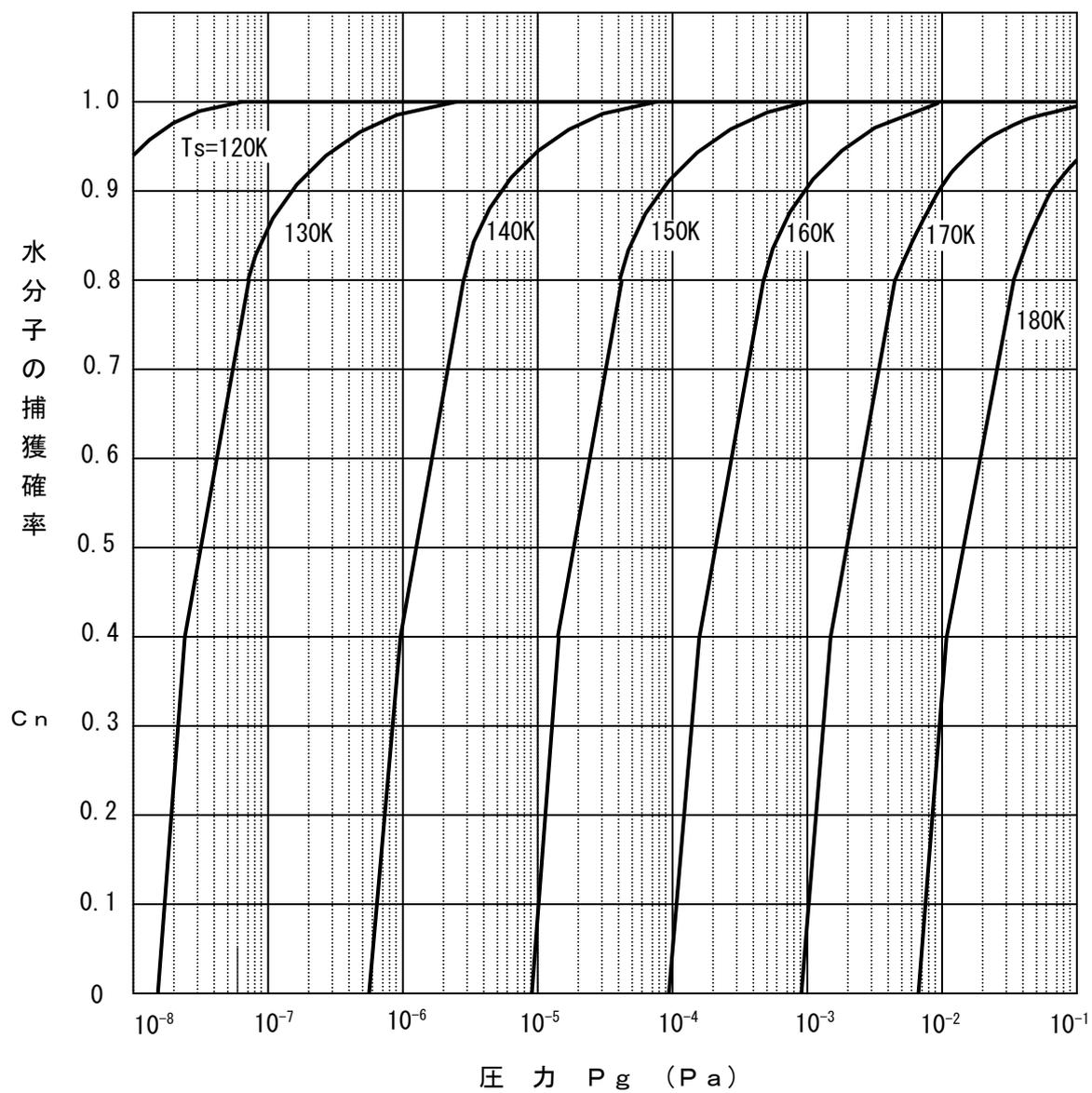
T_g : 水蒸気の温度 (K)

T_s : クライオ面の温度 (K)

通常、 C_s は1とみなしてよく、 C_g は150K以下では0.99以上と考えられるため、ここでは便宜上、全温度領域で1とみなすと、 C_n は次式で与えられます。

$$C_n = 1 - (P_s / P_g) (T_g / T_s)^{1/2} \quad \dots (1)$$

図D-2は(1)式をグラフに表したものです。このグラフからも通常の場合、スーパートラップの温度は130K以下であれば良いことがわかります。スーパートラップの温度は冷凍機の冷凍能力(冷凍機とコンプレッサの組み合わせで決まる)とクライオパネルの大きさ、構造、そして熱負荷(放射(輻射)熱と気体の熱伝導)によって決定されます。スパッタ中のアルゴン圧が ~ 2.7 Pa以下であり、高温部からの放射(輻射)熱の遮蔽が完全であれば、130K以下をキープすることが可能です。



図D-2 水分子の捕獲確率 C_n とクライオ面 T_s の温度、圧力 P_g の関係
($T_g=300K$ の時)

This page intentionally left blank.

付録 E

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。

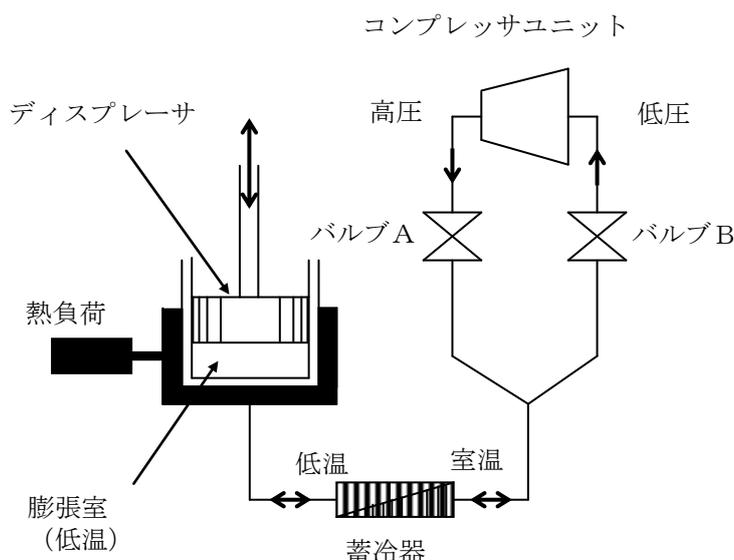
蓄冷器に入ったヘリウムガスは、蓄冷器と熱交換し冷却され、ディスプレイサの上昇に伴い膨張室に導かれます。

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。

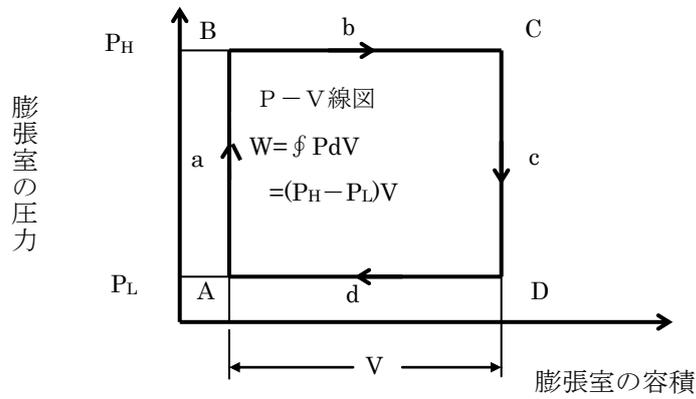
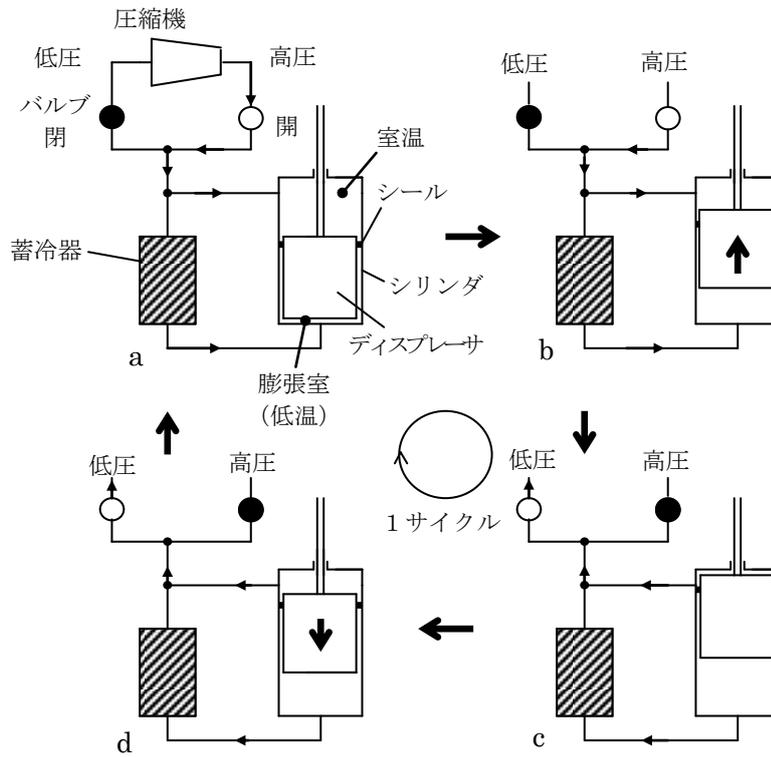


図E-1 冷凍の原理

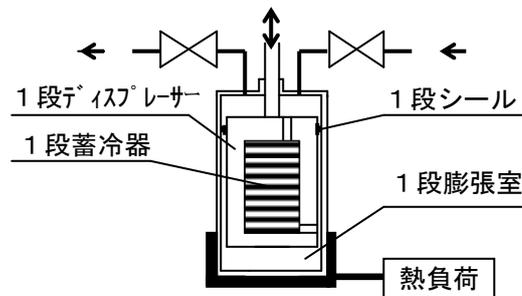
図E-2はG-Mサイクルの作動原理とP-V線図(膨張室の圧力Pと容積Vの関係を示したグラフ)を示したものです。

- 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、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(図E-3)。更に1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E-2 G-Mサイクルの動作原理



図E-3 1段式冷凍機

This page intentionally left blank.

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
2006/10/13	2006.10	初版
2007/05/11	2007MY01	再生用ヒータのメンテナンスに関する記述の追記。 高圧ガス保安法に関する記述の追記。
2009/06/08	2009JE02	「はじめに」の全面見直し。 「スーパートラップの廃棄方法」に UCN 追加。 「6.メンテナンス」表 6-1 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	2009OR03	RM 冷凍機追加。
2011/10/14	2011OR04	全面改訂。
2012/04/12	2011AL05	4.5 章「運転停止」 注意欄記載内容変更。 4.6 章「スーパートラップの保管」乾燥窒素に関する記述追加。 5.4 章「強制昇温」不活性ガスに関する記述追加。 内部ヒータ加熱の説明追加。 昇温用ヒータ使用に関する注意及び警告追加。 付録 A 「トラブルシューティング」 P.A-4 故障症状 V. 原因 1) 対策② 乾燥窒素に関する記述追加。
2012/05/08	2012MY06	表 A-2 「運転データシート」トラップ用に修正。 付録 C 「2. 水素蒸気圧温度計」項目削除 サービスネットワーク四日市 C S 住所変更。
2013/06/18	2013JE07	6.1 章 ◇定期メンテナンスに“再生用ヒータ絶縁チェック” を追加。 表 6-1 保守間隔 再生用ヒータ絶縁チェックに関する記述 及び（注 2）追記。 P.6-3 ◆80K クライオパネルのクリーニング 注意欄追加 P6-3 ◆再生用ヒータのメンテナンス 図 6-1 追加。メンテナンス手順追記。注意欄追加。 表 A-1 故障診断表 故障症状 VII を追加。 サービスネットワーク改訂。
2013/10/09	2013OR08	表紙「輸出する際の注意事項」記述変更。 「はじめに」改訂。 サービスネットワーク改訂。

2013/11/07	2013NR09	サービスネットワーク改訂。
2014/06/03	2014JE10	P.1-1 「1.1 概要」 冷凍機ユニットの機種名を修正。 P.1-5 図 1-4 外観図を修正。 P.3-6 図 3-4、および P.3-11 図 3-9 冷凍機ユニットの機種名を修正、保守空間を一覧表に変更。 P.A-1 「2. カスタマーサポート」 記載内容変更。 P.6-2 表 6-1 冷凍機ユニットの機種を追加。
2014/06/19	2014JE11	P.4-3 温調設定についての注意事項を追加。 P.5-3、5-4 「5.4 強制昇温」 ヒータを使用して加熱する際の 注意事項等を追加。 P.6-2 表 6-1 ヒータに関する項目を追加。 P.A-2 表 A-1 K 熱電対に関する記述を追加。
2014/11/05	2014NR12	P.3-2 コンプレッサユニットとの接続に関する記述を変更。
2017/02/23	2017FY13	「6. メンテナンス」改訂。
2017/06/07	2017JE14	「正しく安全にお使いいただくために」 6.スーパートラップの温度に関する注意 記載内容を修正。 「付録 E 冷凍機システムの動作原理」 図 E-3 を変更。 全般：「輻射熱」 → 「放射（輻射）熱」に変更。
2017/08/21	2017AT15	「 サービスネットワーク」改訂。