

2014年5月26日作成
2014年9月15日改訂

KAGRA クライオスタット 組立手順概要 (EYC,EXC 用) (案)

1. 概要

作業期間：2014年11月27日から約2.5ヶ月（クライオスタット1箇所辺り約25日を想定）

作業完了期限：2015年2月中旬

作業場所：飛騨市神岡町に建設されたKAGRAトンネル内

作業対象：

- KAGRA クライオスタット4基の内、Y-end (EYC)及び X-end (EXC)の2基
並びに附属冷凍機ユニット各4台（計8台）
- Y-end (EYC)及び X-end (EXC)のBRT側断熱真空設備各1基
並びに附属冷凍機ユニット各1台（計2台）

（添付のKAGRAクライオスタットアンカー図面及びクライオスタット組立図参照のこと）

2. 使用治工具類

2-1 東京大学宇宙線研究所が貸与可能な治工具

- | | |
|--|-----|
| (1) 簡易空調装置（添付仕様書を参照の事） | 一式 |
| (2) 簡易防塵室 | 一式 |
| (3) リーチフォーク（ニチユFBRO18-75プラッター） | 1台 |
| (4) 電動牽引車（ニチユNTT75RS-70 3t、ニチユNTT200P-56 8t） | 各1台 |
| (5) 金属ガスケット装着用作業治具 | 一式 |
| (6) M30用トルクレンチ及びメガネレンチ | 一式 |
| (7) ヘリウムリークデテクター及び真空排気装置 | 一式 |
| (8) 荒引用メカニカルブースターポンプ | 1台 |
| (9) ヘリウム試験用ヘリウムガス及びガス圧調整器 | 一式 |
| (10) 加圧用窒素ガス及びガス圧調整器 | 一式 |
| (11) 圧力計 | 一式 |
| (12) 作業用電源（3相200V及び単相100V） | 一式 |
| (13) 作業用用水 | |

- (3),(4)は事前に東京大学・宇宙線研究所とスケジュール調整を行うものとする。
- (3)については資格（技能講習修了証）の確認並びに東京大学・宇宙線研究所が所掌する安

全教育を事前に受けるものとする。

- (12)及び(13)については負荷機器の接続は請負者の所掌とする。

2-2 東京大学宇宙線研究所から支給する部品

- | | |
|----------------------------|----|
| (1) SUS316L 製 M30 プマックスボルト | 一式 |
| (2) 金属ガスケット | 一式 |
| (3) 帯電防止シート | 一式 |
| (4) SPV 養生テープ | 一式 |

2-3 東京大学宇宙線研究所が提供する技術情報

- | | |
|---|----|
| (1) Y-end (EYC)クライオスタット本体組立に伴う現地アドバイザーの派遣
(技術情報提供：(株) 東芝、略称：TO) | 一式 |
| (2) クライオスタット用冷凍機ユニット接続に必要な現地アドバイザーの派遣
(技術情報提供：(株) ジェック東理社、略称：JT) | 一式 |

後述の 3 の組立条件で東大宇宙線研の略称を TU、三井金属エンジニアリングの略称を ME と表記する。

2-4 請負者側が所掌する治工具類

- | | |
|--|-----|
| (1) 簡易防塵室（上部フランジ及び側面フランジ用各 1 台）の据付 | 一式 |
| (2) 金属ガスケット装着時に使用する保護用コマ | 一式 |
| (3) 防塵作業服（マスク、メガネ、手袋等の消耗品を含む） | 一式 |
| (4) 電動カニクレーン 吊り上げ荷重 4 ton （機種：前田製作所製 MC-405C 相当） | 1 台 |
| (5) 荷役用工具類（チェンブロック、スリング等） | 一式 |
| (6) アルコール並びに清掃用不織布等の消耗品類 | 一式 |
| (7) 作業用電気配線（分電盤から各機器類への接続、配線類は請負業者の所掌） | 一式 |

3. 組立条件：

- (1) クライオスタットは仮鏡板を装着した状態でアンカーにより床面に予め固定されているものとする。← 本作業請負者(以下、ME と略す)の所掌外
- (2) クライオスタットは床面上の基準線（墨出し線）に対して高さ並びに水平方向が調整済みとする。←ME の所掌外
- (3) クライオスタットに接続する断熱真空設備並びに冷凍機ユニットはラインオフの状態とするが、架台固定用のアンカー穴加工は施工済みとする。←ME の所掌外
- (4) 簡易防塵室内での作業については防塵衣（シューズ、マスク等を含む）を着用すること。防塵衣（シューズ、マスク等を含む）は ME の所掌とする。
- (5) 組立作業で生じた消耗品類を除く廃棄物品（木箱、SUS304 製仮フランジ）の処理は ME の所掌範囲とする。

- (6) 冷凍機ユニットの伝導冷却帯並びに真空フランジ相互の締結作業は請本作業請負者(ME)の所掌の範囲とするが締結に必要な技術情報は本学から提供する。

4. 作業員数

宇宙線研職員並びに技術提供者 (TO 並びに JT) を除き、監督者を含む最大 5 名 (内 1 名はクレーン操作者) とする。

5. 組立手順 (X-front 及び Y-front とも共通)

- 1) 段取り (Y-front 開始) (作業時間 : 0.5 日) (担当 : ME)
治工具類並びに簡易防塵室部品の現場搬入並びに組立準備。
- 2) 簡易空調装置の据付・接続 (作業時間 : 1 日) (担当 : ME)
 - 簡易空調装置の電源を指定の作業用分電盤に接続する。(簡易空調装置仕様参照)
 - クライオスタット側部に設置された充填バルブを開きクライオスタット内に充填された窒素ガスを大気に放出する。
 - クライオスタット側面の ICF250 穴無しフランジを取り外し、簡易空調装置をクライオスタットに接続する。
 - 簡易空調装置のフィルターユニット内フィルターの調達と定期的な交換は請負者の責務とする。
- 3) 木箱梱包の解体 (作業時間 : 0.5 日) (担当 : ME)
木箱内に梱包された側面大口径フランジ並びに上部大口径フランジの取り出し準備を行う。
必要に応じて梱包材の搬出並びにフランジ表面の清掃を行う。
- 4) 作業用足場の一部設置 (作業時間 : 0.5 日) (担当 : TU 並びに ME)
(以下、7 の KAGRA クライオスタット組立工程説明図を参照)
 - 作業用足場を片側面大口径フランジ並びに上部大口径フランジの周囲に設置する。
 - 作業用足場は宇宙線研究所から貸与する。
- 5) 片側面大口径仮フランジの取り外し No.1 (作業時間 0.7 日)
(担当 : TU、ME 並びに TO (技術情報提供))
 - 片側面大口径仮フランジを取り外す。仮フランジの吊り上げはリーチフォーク又は電動カニクレーンを使用する。
 - クライオスタット本体の側面大口径フランジ No.1 の表面を帯電防止シートで覆う。
帯電防止シートの固定には本学で用意する SPV 養生テープを使用する。
 - 取り外した仮フランジは End 室の指定場所に仮置きする。
帯電防止シートの固定には本学で用意する SPV 養生テープを使用する。
- 6) 片側面大口径仮フランジの取り外し No.2 (作業時間 0.7 日)

(担当：TU、ME 並びに TO (技術情報提供))

- 片側面大口径仮フランジを取り外す。仮フランジの吊り上げはリーチフォーク又は電動カニクレーンを使用する。
- クライオスタット本体の側面大口径フランジ No.2 の表面を帯電防止シートで覆う。帯電防止シートの固定には本学で用意する SPV 養生テープを使用する。
- 取り外した仮フランジは End 室の指定場所に仮置きする。帯電防止シートの固定には本学で用意する SPV 養生テープを使用する。

7) 簡易防塵室の設置 (作業時間：2 日) (担当：TU 並びに ME)

- TU から貸与する簡易防塵室をクライオスタットの周囲に設置する。
- 簡易防塵室の構造は添付資料を参照すること。

8) 上部大口径仮フランジの取り外し (作業時間 0.7 日)

9) (担当：TU、ME 並びに TO (技術情報提供))

- 仮フランジの吊り上げは簡易防塵室の天井板を開放状態にする。
- 上部大口径仮フランジの固定ボルトを緩めて仮フランジ持ち上げる。
- ライオスタット本体の上部大口径フランジ面を帯電防止シートで覆う。帯電防止シートの固定には本学で用意する SPV 養生テープを使用する。
- 仮フランジを防塵室外に移動する。
- 仮フランジの吊り上げ後、簡易防塵室の天井板を閉止状態にする。
- 取り外した仮フランジを 5)、6) と同一 E の場所に仮置きする。

本項の作業の仮フランジの吊り上げは電動カニクレーンを使用すること。

10) 上部大口径仮フランジ～シールド間輸送用固定治具の取り外し (作業時間 1 日)

(担当：TU、ME 並びに TO (技術情報提供))

上部大口径仮フランジとシールドを連結している輸送時の損傷防止用固定治具の取り外しを行う。

11) 上部輻射シールド部品の交換 (作業時間 2 日)

(担当：TU 並びに ME (作業助勢))

上部輻射シールド部品を懸架装置吊り上げ対応品と交換する。

交換後、専用フランジ表面に MLI を取り付ける。

本作業は宇宙線研職員により行われる。請負者は部品持ち上げ等の助勢を行う。

12) 上部大口径フランジの取り出し (作業時間 0.5 日)

(担当：TU、ME 並びに TO (技術情報提供))

- 木箱梱包から上部大口径フランジを取り出す。
- 上部大口径フランジに設置された充填バルブを開き上部大口径フランジ内に充填された窒素ガスを大気に放出する。放出後、内圧が大気圧であることを確認すること。

- 上部大口径フランジと保護用フランジとの結合ボルトを緩め、クライオスタットへの取付準備を行う。

予行練習

- 13) 上部大口径フランジ用金属ガスケットの準備
(次項の 14)と併せて作業時間 0.5 日) (担当: TU、ME 並びに TO (技術情報提供))
木箱梱包から使用済みの上部大口径フランジ用金属ガスケットを取り出し、専用取付用治具に装着する。
- 14) 上部大口径フランジ用金属ガスケット取付
クライオスタット側シール面溝を清掃した後、目視により塵埃並びに傷の確認を行う。
専用取付用治具を用いて金属ガスケットをシール面溝に装着する。
装着後、作業手順に問題が無いことを確認し、その後 15)以降の作業に着手する。
簡易防塵室天井の開放並び閉止を適宜行うこと。大口径フランジ溝の防塵に注意を払うこと。必要があれば SPV テープ等を使用して溝の防塵対策を行うこと。(本番も同様とする)

本番

- 15) 上部大口径フランジ用金属ガスケットの準備
(次項の 156 と併せて作業時間 0.5 日) (担当: TU、ME 並びに TO (技術情報提供))
木箱梱包から上部大口径フランジ用金属ガスケットを取り出し、専用取付用治具に装着する。
- 16) 上部大口径フランジ用金属ガスケット取付
クライオスタット側シール面溝を清掃した後、目視により塵埃並びに傷の確認を行う。
その後、専用取付用治具を用いて金属ガスケットをシール面溝に装着する。
- 17) 上部大口径フランジの取付 (作業時間 0.5 日)
(担当: TU、ME 並びに TO (技術情報提供))
- 上部大口径フランジをクライオスタットに装着し SUS316L 製 M30 ブマックスボルトにより結合する。
 - ボルトはトルクレンチを用いて締め付け力を管理することし、作業員 2 名による対角締め付けとする。ボルトの締め付け力は複数段階の締め付けを経て規定締め付け力を確保すること。
 - 締め付けトルク量は、7 (10) の金属ガスケット締め付け標準トルク量で指示された値とする。
- 18) 片側面大口径フランジ NO.1 の取り出し (下記 19) の作業作業と併せて 0.5 日)
(担当: TU、ME 並びに TO (技術情報提供))
木箱梱包から側面大口径フランジを取り出す。
片側面大口径フランジに設置された充填バルブを開き、片側面大口径フランジ内に充填された窒素ガスを大気に放出する。放出後、内圧が大気圧であることを確認すること。

片側面大口径フランジと保護用フランジとの結合ボルトを緩め、クライオスタットへの取付の準備を行う。

19) 手摺りの取付

(担当：TU、ME 並びに TO (技術情報提供))

クライオスタット作業用手摺りを片側面大口径フランジの真空接面側に装着する。

20) 片側面大口径フランジ NO.1 用エラストマーガスケット取付 (下記 21) の作業と併せて 0.5 日)

クライオスタット側面のシール面溝を清掃し、仮フランジとの締結に使用されていたエラストマーガスケットをシール面溝に装着する。このとき、エラストマーガスケットについても清掃すること。

21) 片側面大口径フランジ NO.1 の取付 (担当：TU、ME 並びに TO (技術情報提供))

側面大口径フランジをクライオスタットに装着し、M30 ブマックスボルトにより結合する。

ボルトはトルクレンチを用いて締め付け力を管理すること。作業員 2 名による対角締め付けとする。別途、宇宙線研職員から指示される締め付けトルク量を確認すること。

22) クライオスタット用冷凍機ユニットの接続作業

(作業時間 4 日、1 日/台) (担当：TU、ME 並びに TO (技術情報提供) と JE (技術情報提供))

クライオスタット 1 台辺り 4 台

本作業はジェック東理社技術員並びに (株) 東芝の技術指導 (1 台目のみ) の基に行う。

作業内容は以下の通り；

I. 輸送用保護フランジの取り外し

II. 伝導冷却路の接続

III. SI の施工

IV. 真空フランジ締結

23) 片側面大口径フランジ NO.2 の取り出し (下記 24) の作業と併せて 0.5 日)

(担当：TU 並びに ME)

木箱梱包から側面大口径フランジを取り出す。

片側面大口径フランジに設置された充填バルブを開き、片側面大口径フランジ内に充填された窒素ガスを大気に放出する。放出後、内圧が大気圧であることを確認すること。

片側面大口径フランジと保護用フランジとの結合ボルトを緩め、クライオスタットへの取付の準備を行う。

24) 手摺りの取付 (担当：TU 並びに ME)

クライオスタット作業用手摺りを片側面大口径フランジの真空接面側に装着する。

25) 片側面大口径フランジ NO.2 用エラストマーガスケット取付

(下記 26) の作業と併せて 0.5 日) (担当：TU 並びに ME)

クライオスタット側面のシール面溝を清掃し、仮フランジとの締結に使用されていたエラストマ

ーガasketをシール面溝に装着する。このとき、エラストマーガasketについても清掃するものとする。

26) 片側面大口径フランジ NO.2 の取付

側面大口径フランジをクライオスタットに装着し、M30 ブマックスボルトにより結合する。ボルトはトルクレンチを用いて締め付け力を管理すること。作業員 2 名による対角締め付けとする。別途、宇宙線研職員から指示される締め付けトルク量を確認すること。

27) BRT 側断熱真空設備部品追加（作業時間 0.5 日）（担当：TU 並びに JE（技術情報提供））

断熱真空設備に追加する部品（バッフル板及び SI）の取付は宇宙線研究所職員が行う。

28) クライオスタット BRT 側ビームポートの開口と養生（作業時間 0.5 日）

（担当：TU 並びに ME）

クライオスタット BRT 側ビームポートの閉止フランジを取り外し、その後開口部を帯電防止シートと SPV テープで養生する。

29) BRT 側断熱真空設備の据付及び接続（作業時間 1.5 日）

（担当：TU、ME 並びに JE（技術情報提供））

BRT 側断熱真空設備を規定位置まで移動し、据え付ける。この時、断熱真空設備の突起部（27）の追加部品がクライオスタットに接触しないよう水平に移動すること。

30) BRT 側断熱真空設備用冷凍機ユニットの接続作業（作業時間 1 日）

（担当：TU、ME 並びに JE（技術情報提供））

本作業はジェック東理社技術員（Y-end のみ）の技術指導の基に行う。

作業内容は以下の通り；

- I. 輸送用保護フランジの取り外し
- II. 伝導冷却路の接続
- III. SI の施工
- IV. 真空フランジ締結

31) 簡易空調装置の取り外し（0.5 日）

簡易空調装置を取り外し、接続ポート（ICF250）に封止フランジを取り付ける。

32) ヘリウムリークデテクター及び真空排気装置の接続（作業時間 1 日）

ヘリウムリークデテクター及び真空排気装置(ゲート弁、ターボポンプ、荒引ポンプ)を真空ダクトの排気ポート（ICF305）に接続する。

荒引用のメカニカルブースターポンプをクライオスタットの側面大口径フランジの ICF250 に接続し、真空引きを開始する。

7 日間の真空引き期間を予定。

33) 簡易空調装置と簡易防塵室の解体・移動（作業時間 1 日）

取り外した簡易空調装置と簡易防塵室を次の組立作業場所（X-end）に移動する。移動後、作業

場所の後片付けを行う。

34) ヘリウムリーク試験 (作業時間 10 日、但し真空引きの期間を含む)

X-end の組立作業中、Y-end のクライオスタット並びに断熱真空設備全体のヘリウムリーク試験を行う。

真空引き期間は凡そ 7 日間とし、クライオスタット内の圧力が 10^{-2} Pa 以下でヘリウムリーク試験を行う。

必要に応じてアルコール等を用いた発泡法によるリークチェックを行う。

本作業は宇宙線研職員により行うものとし、請負者の所掌範囲外とするが機材の運搬・移動等については助勢を行うこと。

6. その他

- (1) 作業にあたって KAGRA トンネル内安全規則並びに労働基準法で定められる諸規則を遵守すること。
- (2) KAGRA トンネル内安全規則に関する事前講習を受講すること。
- (3) 作業開始前に ICRR 側監督者を含めた工程確認打合せを行うこと。
- (4) 技術情報の提供は Y-end 組立のみとする。

7. 組立用参考資料

- (1) C-03_線形図_5 Y-end (2)_140822
- (2) C-03_線形図_5 X-end (2)_140822
- (3) ECS-AE-009868-クライオスタット組み立て図
- (4) KAGRA クライオスタット組立工程説明図
- (5) 簡易空調装置仕様
- (6) 大口径ガスケットの取付 (参考用)
- (7) 1KN005991A_クライオスタット出荷梱包
- (8) ECS-AE-010506 クライオスタット本体および鏡板等の梱包状態と出荷品リスト
- (9) EKN110466a-LCGT 金属ガスケット締め付け機構設計
- (10) 金属ガスケット締め付け標準トルク量