

# 第 1 荷電変換装置 TR 予備機の改修 仕様書

## 1. 一般仕様

### 1.1 件名

第1 荷電変換装置 TR 予備機の改修

### 1.2 目的

本仕様書は、日本原子力研究開発機構(原子力機構)にある大強度陽子加速器施設のうち、3GeV シンクロトロン加速器 (RCS) で使用する第1 荷電変換装置 TR 予備機の改修に係るもので、加速器の大強度化に対応するための機器高度化に必要な役務作業である。

本装置は RCS のビーム入射システムを構成する装置の一部で、大強度陽子ビームの実現に必須の基盤装置である。そのため、荷電変換ビーム入射の際に発生する強い放射線にさらされるため故障した際に速やかに交換できるよう予備機を準備しているが、加速器本体の大強度ビームを実現するためには、本予備機に対しさらなる機能付加が必要となった。そこで、本予備機に対し高機能化に向けた改修を行うが、本機は令和 6 年の夏期メンテナンス時に既設機との交換を予定しているため、それまでに必要な機能付加改修作業を完了させることが求められる。

本契約における改修対象の第1 荷電変換装置 TR 予備機は、3GeV シンクロトロン荷電変換システムの一部であり、荷電変換フォイルの位置調整だけでなく、フォイル交換や収納など、多くの機器と連動して動作している。そのため、本機器だけでなく、関連する機器との取り合いや干渉、受渡精度などに十分熟知し、予め必要な検討・対策を施して、本予備機の改修計画に反映させること。

### 1.3 契約範囲

下記の異常動作の解消に必要な装置設計、改修、試験検収及び梱包を本仕様範囲とする。また材料選定や加工・処理方法等の検証のための試験片を用いた要素開発試験や、実機製作後の性能評価試験も本仕様範囲とする。

(1) 第1 荷電変換装置 TR 予備機の改修	1 式
(2) TR ロッド材の性能評価試験	1 式

### 1.4 納期

(1) 第1 荷電変換装置 TR 予備機の改修	令和 6 年 9 月 27 日
(2) TR ロッド材の性能評価試験	令和 7 年 2 月 21 日

## 1.5 納入場所及び納入条件

### (1) 納入場所

茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4  
 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
 大強度陽子加速器施設 3 GeV シンクロトロン棟指定場所

### (2) 納入条件

持込み渡し

## 1.6 検収条件

第1章5項に示す納入場所に納入後、員数検査・外観検査及びあらかじめ原子力機構によって承認された試験検査要領書に基づく試験検査に全て合格し、かつ1.7項に示すの提出書類が完納していることを持って検収とする。

## 1.7 提出書類

図書名	提出時期	部数	確認
体制表 (※1)	契約後・変更後直ちに	3部	不要
工程表 (※2)	契約後・変更後直ちに	3部	不要
打合せ議事録	打合せ後直ちに ※承認後コピー3部提出のこと	1部	要
改修仕様書	改修着手前 ※承認後コピー3部提出のこと	1部	要
改修図面	改修着手前 ※承認後コピー3部提出のこと	1部	要
改修・製作要領書	改修・製作着手前 ※承認後コピー3部提出のこと	1部	要
工場試験検査要領書	試験検査着手前 ※承認後コピー3部提出のこと	1部	要
工場試験検査成績書	試験検査直後直ちに	3部	不要
完成図書 ※図書類最終版、材料証明書、図書類 電子データ、提出書類一覧表及び納 入品一覧表等を含むこと	納入時 ※承認後コピー3部提出のこと	1部	要

### ○提出場所：

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター 加速器第2セクション

### ○確認方法：

「確認」は次の方法で行う。

原子力機構は、承認のために提出された図書を受領した時は、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期日までに審査を完了し、確認しない場合には修正を指示し、修正等を指示しないときは、確認したものとする。

※1 本契約に係る設計、製造、試験検査及びアフターサービスに関する体制表

※2 月単位工程表案（設計、部材手配、加工及び試験検査等の項目を含む）

## 1.8 支給品

特になし

## 1.9 貸与品

### (1) 品名

- 第1荷電変換装置 TR1 予備機

### (2) 数量

- 1式

### (3) 支給場所

- 大強度陽子加速器施設 3 GeV シンクロトロン棟 指定場所

### (4) 支給時期

- 契約後ただちに

### (5) 支給方法

- 引取り渡し

## 1.10 試験検査

本仕様書で規定する試験検査概要に従って、受注者が試験検査要領書を作成し、試験検査着手前までに原子力機構の承認を得たうえで受注者が試験検査を実施すること。試験検査に必要な機材・設備は原則として受注者が準備すること。また本試験のために準備した機材等は試験終了後に原則装置本体とともに納品すること。

試験検査結果は、試験検査後速やかに試験検査成績書として提出すること

## 1.11 グリーン購入法の推進

(1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。

(2) 本仕様書に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

## 1.12 保証

設計範囲の使用において発生した不具合は、検収後1年以内であれば受注者が無償にて修理・交換等を行い、完全なものとする。

### 1.13 特記事項

- (1) 本契約に関わる特許等の申請あるいは外部公表に関しては、原子力機構と受注者で協議して決定すること。
- (2) 本契約に係わり発生した疑義は、速やかに原子力機構と受注者で協議して決定すること。
- (3) 本契約に係わる図書は原則として日本語または英語を使用すること。
- (4) 原子力機構が要請した場合、製作方法及び製作状況に関して報告すること。
- (5) 原子力機構が要請した場合、工程の途中でも立会に応じること。
- (6) 受注者は原子力機構内施設へ購入品を設置する際に異常事態等が発生した場合、原子力機構の指示に従い行動するものとする。また、契約に基づく作業等を起因として異常事態等が発生した場合、受注者がその原因分析や対策検討を行い、主体的に改善するとともに、受注者による原因分析や対策検討の結果について機構の確認を受けること。

### 1.14 検査員及び監督員

#### 検査員

- (1) 一般検査 管財担当課長

#### 監督員

- (1) 改修後の動作試験 加速器ディビジョン 加速器第二セクション 監査担当者
- (2) ロッド材評価試験 加速器ディビジョン 加速器第二セクション 監査担当者

## 2. 設計条件

第1荷電変換装置は、フォイル導入機構・予備フォイル保管容器・真空排気機構（超低速排気・パージ機能含む）・連動式真空仕切弁等を組み合わせた高度かつ複雑なシステム構成となっている。またこれらを安全に且つ潤滑に連動操作させるために多数の安全監視機構及び制御システムを付帯している。本契約における改修対象は、第1荷電変換装置におけるフォイル導入機構のみであるが、高度かつ複雑なシステム全体を十分に理解した上で、大強度ビームを実現するために必要な高度化のための機能付加に必要な設計及び改修を実施すること。第1荷電変換装置を設置している RCS 主トンネル入射部は様々な機器が複雑に設置されており互いに干渉しているため、改修設計に際してはこれらの干渉等についても事前に十分検討・考慮して、設計に反映させること。

### 2.1 基本構成

図1に第1荷電変換装置の概念図を示す。また、図2に TR 装置部を中心にみた第1荷電変換装置の基本設計図を示す。TR 装置は、荷電変換フォイルフレームの把持・開放動作、挿入・退避動作、および水平・垂直の挿入位置調整を担っている。その際、周辺装置との連動し、フォイルフレームの輸送及び受け渡しなど高い精度での駆動動作が要求される。また、フォイルフレームに装着している荷電変換薄膜は厚さ  $2\mu\text{m}$  の非常に薄い炭素薄膜のため、異常振動等による破損リスクの徹底した低減が必要となる。

本契約における改修対象の TR 予備機に着目し、各要素を分解すると次のようになる。

- (1) TR 駆動機構
  - TR 本体
  - クランプ機構
  - 脱調検出
- (2) 中間チャンバー
  - LS 及び信号取出し部（脱調検出含む）
- (3) 上下駆動機構
- (4) 吊り上げベース及び保護カバー
- (5) 架台

改修作業に当たっては、荷電変換ビーム入射システムおよび第1荷電変換 TR 装置部の構成を十分に理解することが必要である。

### 2.2 高度化に向けた付加機能

- (1) ガイドローラー収納真空容器の改修と組立

図2に示す通り、荷電変換フォイルは T 字型ロッドの先端部で把持されており、その T 字型ロッドは中心部のガイドローラーにあるベアリングで挟み込む形式で支持されている。そのため、フォイルの位置や傾きは T 字型ロッドの伸長方向や位置による自重たわみ量や

傾きなどに依存しており、これらのパラメータはガイドローラーの調整で一意に決まる。一方で T 字型ロッドは後端部でマグネットカップルに接続されているが、マグネットカップルの動作は真空パイプによって強制されている。つまり、フォイルの詳細な位置調整のためには、マグネットカップルと真空パイプとがスムーズに動作する範囲内で、ガイドローラーのベアリング取付位置の微細調整が必須となる。しかし、現行のガイドローラーを収納している真空容器には T 字型ロッドを収納した後にベアリング調整を可能とするアクセスポートが存在しない。特に、T 字型ロッドを挿入方向に前進させると、片持ち構造のためにロッド分の荷重による回転モーメントがマグネットカップルを真空パイプに押し当てる方向に作用するため、想定外の摩擦抵抗による振動を発生させる。そこで、マグネットカップルの可動領域の各点において、真空パイプとの干渉が最小限になるようにベアリングの微調整を実現するためのポート付真空容器への改修を実施する。

#### (2) リミット位置決めブロックの再調整と配線変更

TR 軸には、真空容器内でのフォイル位置を検出するためのリミットスイッチ (LS) が取り付けられている。主に、原点位置までの退避確認のための原点 LS、挿入時のうち、センター入射位置範囲に対応するセンターLS、ペイント入射位置範囲に対応するペイント LS、の三つがある。令和 6 年夏期メンテナンス時の TR 予備機への入れ替え作業の際に、並行して制御システムの更新を計画しており、新しいシステムにあわせてリミットスイッチの配線変更と位置決めブロックの再調整を実施する。

#### (3) 脱調検知用リードスイッチの取り付け方法の高度化

本 TR 装置にはマグネットカップルの脱調を検知するリードスイッチが存在する。(マグネットカップルの真空容器側に永久磁石があり、大気側に磁場を検知するリードスイッチが取り付け構造になっている。) マグネットカップルの脱調には、直進方向の脱調と回転方向 (位相方向) の脱調の 2 パターンが存在するが、後者の回転方向の脱調の場合、大気側と真空側のマグネットの位相がずれるだけなので、リードスイッチの位置を再調整すれば比較的容易に復旧できる。そこで、リードスイッチの取付穴位置を現在の 4 回対称から 8 回対称に増設させ、位置調整の自由度を向上させる。

#### (4) 真空ベアリングの交換

現在の予備機は 2017 年に製作しており、これまでに 2 号機への更新を見据えた大気試験を実施してきた。そのため、本装置の真空ベアリングで採用している銀コーティングが酸化等により劣化している懸念があり、マグネットカップル脱調等の大きな事故を引き起こすリスクとなる。一度加速器本体に組み込んでしまうと、強い放射線により、ベアリングのみの交換は不可能であるため、今回の改修作業に合わせ、真空用ベアリングの全数交換を行う。

### 2.3 付加機能に係る性能評価

本契約による機能強化によって、荷電変換フォイルと入射および周回ビームとの位置調整精度が向上することが期待され、陽子加速器のビーム強度増強に向けて資すると考えている。そこで、本改修後に以下の評価試験を実施する。

#### (1) 組立後の TR 軸の精密調整

本改修により、TR 本体の組立後にガイドローラーの各ベアリングの微調整が可能となる。ベアリングの精密調整により TR 軸の直進動作がスムーズに実現できることを以下の評価ポイントに基づき、確認すること。

- TR 軸の直進動作時に真空パイプ内でマグネットカップルやベアリングが接しているような音がしないこと。
- TR 軸の直線動作時に T 字型ロッドの脈動が発生しないこと。ただし、真空中のリミットスイッチとの接触・離脱に伴う振動は対象外とする。
- TR 軸の直線動作時の振動等による変位は 0.5mm 以下(目標値)とする。ただし、T 字型ロッドの自重によるたわみの変位は対象外とする。

#### (2) 精密調整後の TR 軸の精密位置測定

精密調整により TR 軸の直線動作がスムーズに行えることが確認できた後に、TR 軸の精密位置測定を実施すること。測定に際しては、TR 位置確認用ターゲットフレームを使用すること。また、セオドライトおよびオートレベラー等の光学測量機器を使用し、測定精度は 0.2mm 以下(目標値)とする。

- TR 軸の全動作領域(0mm~1465mm)にわたり、モーターによる移動設定値が 100mm 毎の T 字型ロッドの挿入量(水平方向の移動量)と自重によるたわみ量(垂直方向の変位量)を測定すること。
- TR 軸のフォイル挿入領域(1390mm~1465mm)にわたり、モーターによる移動設定値が 5mm 毎の T 字型ロッドの挿入量(水平方向の移動量)と自重によるたわみ量(垂直方向の変位量)を測定すること。
- 真空中のリミットスイッチとの接触・離脱に伴う水平方向の変位量(直進方向からみた左右のずれ量)を測定すること。

### 2.4 その他付属品類

#### (1) 真空封止用ケースの製作

TR 予備機の保管に際し、真空ベアリングの劣化を抑制するためには、保管時に内部を真空状態、もしくはアルゴンガスなどを封入した状態に保つ必要がある。しかし、TR 軸を最も後端部まで退避させても T 字型ロッド先端部のクランプ機構が真空フランジ面からはみ出す構造になっている。そのため、この先端部のクランプ機構を収納できかつ真空排気やガス置換を行うためのバルブのついたケースを準備する。



## (2) TR 予備機移動用架台の製作

TR 予備機は全長約 2m と長く、既存の台車での運搬は困難である。また TR 予備機を架台に乗せてビショモン等で運搬させることも可能ではあるが、転倒対策等を考慮して安全に運搬するためにはかなりの労力を要する。そこで、架台を除く TR 本体の運搬に特化した移動用架台（おおよそ 2m×0.5m で低頭かつ持ち手つき）を準備することで、交換作業における効率化を図る。

## (3) TR 上部保護カバーの製作

TR ロッドの上部には、埃除けと落下物等による保護を兼ねたカバーが取り付けられている。第 1 荷電変換装置は、第 2、第 3 荷電変換装置と異なり、この保護カバーが片持ちとなっているため、強い衝撃には耐えられない。そこで、本契約における改修に際して、第 2、第 3 装置のように、両側からサポートができる構造のカバーにする。

## (4) TR 軸位置精度確認用ターゲットフレームの製作

TR 軸の位置確認は、最終的に先端部のフォイルを高精度で測量する必要があるが、実際のフォイルで測量することは困難である。そこで、水平・垂直方向の変位を測定するための精密メモリがのっているターゲットフレームを別途製作する。

## (5) モーターマウント用ベースプレートおよびカップリングの交換

現行の TR 装置に使用しているモーターは山洋電機製の耐放射線特注仕様である。一方で、TR 予備機はオフライン試験用に汎用性モーターを使用している。令和 6 年夏期メンテナンス時の入れ替え作業の際には、現行機の耐放性モーターを予備機に付け替えることを計画している。そこで、モーターの入れ替えにモーターマウント用ベースプレート及び回転軸接続のためのカップリングを製作し交換する。

## (6) テフロン製アウターリングガイドの予備の製作

現行の TR 装置では、アウターリング（大気側マグネットカップル）の支持にボールベアリングを採用している。しかしマグネットカップルの回転動作の際にボールベアリングが真空パイプを傷つけていることが分かった。そこで、TR 予備機では、ボールベアリングの代わりにテフロン性ガイドを採用している。一方で、テフロン製ガイドでは耐放性能は高くないため、比較的短期間で交換が必要になる。以上のことから、予備品を一式分製作する。

## 2.5 次期予備機作成に向けた TR ロッド材の性能評価試験

荷電変換装置に使用している T 字型ロッドおよびそれを支えているガイドローラーに使用しているベアリングには、真空中での長期間高圧力接触による固着トラブルを防ぐため

に特殊な材料を使用している。しかし、本 TR 予備機を製作する際、TR 現行機の製作時に流通していた寸法の材料が入手できなくなっていた。そのため、材料評価計算を元に寸法変更(厚みを 5mm から 9mm に変更)したが、想定通り自重たわみによる変位量は増加した。そこで、本契約において、次期 TR 予備機の製作に向けて自重たわみの変位量を削減すべく、軽量化に向けた手法を検討する。また、実際に T 字型ロッドの試験材を製作してひずみ試験において、最適な軽量化手法を確立する。比較・評価のポイントは主に次の通り。

- 入手可能な代替材料(通常のスチール材)を用いて、厚さ 5mm と 9mm とのひずみ量を比較する。
- 9mm 材に対して、5mm 材と同等になるような軽量化処理(不必要な個所に穴をあけるなど)を実施して、ひずみ量を比較する。
- 入手可能な 9mm 厚特殊材料を機械加工にて 5mm まで削り出した際のゆがみ等加工精度の評価と、T 字型ロッド形状にした際のひずみ量を比較する。

### 3. 改修・製作仕様

#### 3.1 改修仕様内訳

第2章の設計条件に基づき、本契約に係る改修仕様の内訳を以下にまとめる。

##### (1) 第1 荷電変換装置 TR 予備機の改修

- ガイドローラー収納真空容器の改修と組立
- リミットスイッチ位置決めブロックの再調整と配線変更
- 脱調検知リードスイッチ取付方法の高度化
- 真空ベアリングの交換
- 組立後の TR 軸の精密調整
- 精密調整後の TR 軸の駆動動作試験
- 真空封止用ケースの製作
- TR 予備機移動架台の製作
- TR 上部保護カバーの製作
- TR 位置確認用ターゲットフレームの製作
- モーターマウント用ベースプレートおよびカップリングの交換
- テフロン製アウターリングガイドの予備の製作

##### (2) TR ロッド材の性能評価試験

- 試験用 T 字型ロッドの作成
- 試験用 T 字型ロッドによるひずみ試験

また、改修に際して、TR 予備機の製作時に定めた以下の仕様も同様に順守すること。

#### 3.2 真空基本性能

##### 3.2.1 真空部品材料

真空チャンバー本体及び真空中で使用する部品は、オーステナイト系ステンレス鋼、アルミニウム、チタン、アルミナセラミックス、及び相当品を主材料とし、磁性体金属材料、有機材料や炭素鋼等は使用しないこと。購入品に有機材料が使用されている場合には、原子力機構担当と協議、承認の上、原則的には金属部品と交換すること。またやむを得ずフェライト系及びマルテンサイト系ステンレス鋼等の磁性体金属材料を採用する場合は、原子力機構側担当者との協議、承認の上で使用する。

##### 3.2.2 真空シール

真空シールには金属ガスケット（デルタシール、メタル中空リング、銅ガスケット等）を用いること。やむをえずバイトンOリングの使用が必要な場合は原子力機構担当と協議・承認の上で対応を決定すること。

### 3.2.3 摺動機構部

真空中の摺動機構には、原則として転がり接触による軸受け等を使用し、摺動部は基本的には無潤滑で対応すること。固体潤滑材として  $\text{MoS}_2$  や Ag コーティングを使用する場合には原子力機構担当と協議・承認の上で対応を決定すること。

大気中の摺動機構に関しては、特に接触方法等は規定しない。但し、潤滑材を使用する場合は、放射線による劣化等の問題を考慮し原則として耐放射線性能を有する物を使用すること。

### 3.2.4 機械加工及び溶接方法

真空チャンバー内部に設置する機械加工部品や締結用ボルトまた溶接箇所等に空気溜まりが生じないように、エア抜きの溝加工や貫通穴加工を施すこと。また真空チャンバーの溶接は原則として内側溶接を行うこと。やむを得ず外側溶接が必要な場合は原子力機構側担当者との協議、承認の上で実施すること。

### 3.2.5 脱ガス処理/表面処理

真空中で使用する部材については、徹底した放出ガス低減処置を行うことを目的として、各工程段階で以下の処理を行うことを原則とする。

1. 母材段階で真空炉を用いた脱ガス及び残留応力除去のための熱処理を行うこと。真空炉の選定及び温度条件等については事前に承認を得ること。
2. 一次加工後に、各材料に適した表面処理及び洗浄を行うこと。表面処理及び洗浄の方法については事前に承認を得ること。
3. 溶接に関して、溶化材（溶化棒）を使用する場合は材料選定にも留意し、事前に承認を得ること。必要に応じて事前に溶化材の熱処理も行うこと。
4. 溶接終了後に真空炉を用いた脱ガスのための熱処理を行うこと。真空炉の選定及び温度条件等については事前に承認を得ること。
5. 組立完成後に装置全体のベーキングを行うこと。温度条件等については事前に承認を得ること。

ただし、材料の種類や加工・処理方法の都合で実施が困難な場合、また機械精度に悪影響を及ぼす場合は、個別部品ごとに代替処置を検討し、原子力機構担当者と協議の上、承認を得ること。また、材料の段階から表面を洗浄に保つなどの取り扱いには注意すること。

### 3.2.6 放出ガス特性

本装置の真空チャンバーに使用する金属製の真空部品に関しては、徹底した放出ガス低減処置を行うこと。製品組み立て後に原則として  $250^\circ\text{C}$  以上のベーキング処理を施し、室温におけるガス放出速度を 100 時間の真空排気後の値として、

(a)  $1 \times 10^{-10}$  [Pam<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>] 以下

とすること。やむを得ない場合に限り

(b)  $1 \times 10^{-9}$  [Pam<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>] 以下

とすること。但し、(b)については、原子力機構の承認を要するものとする。

#### ○許容リーク量

本装置の真空チャンバーにおいて真空シール部及び接合箇所等の許容リーク量は、1箇所あたり以下の値とする。

(a)  $1 \times 10^{-11}$  [Pam<sup>3</sup>/s] 未満

ただし、やむを得ない事情により検出感度が出ない場合には別途協議とする。

### 3.3 駆動機構基本性能

本装置においてフォイルフレームの挿入および交換は TR 軸駆動方式を採用する。また、フォイルフレームを保持するためのクランプ機構は TR の軸回転を利用する。

#### 3.3.1 TR 支持ロッド及びローラクラウニング

TR 駆動機構の操作時に発生する最大負荷荷重が印加した時の TR 支持ロッド及びローラクラウニング間に印加される最大面圧を計算し、十分に余裕がある許容面圧を有する材料選定及びローラ寸法を含めた力学的構造設計を行うこと。原則として、印加される最大面圧が材料の許容面圧の半分以下にすることを目標とすること。また材料選定時には、磨耗による表面荒れを抑えるために TR 支持ロッド及びローラクラウニング間にはある程度の硬度差が出来るように考慮すること。材料選定は事前に十分検討したうえで、原子力機構担当と協議し承認を得た上で決定すること。

#### 3.3.2 支持ロッドの強度

支持ロッドの強度については、測定子取り付け前後でのたわみ量と駆動軸停止後の振動減衰時間の2つで規定する。取付前後のたわみ量は

(a) 1 [mrad] 以下

とすること。やむを得ない場合に限り

(b) 5 [mrad] 以下

とすること。但し、(b)については、原子力機構の承認を要するものとする。また、駆動軸停止後の減衰時間は

(a) 0.5 [秒] 以下

とすること。やむを得ない場合に限り

(b) 3 [秒] 以下

とすること。但し、(b)については、原子力機構の承認を要するものとする。

### 3.3.3 駆動軸

駆動方式は台形ネジ及び LM ガイドを採用し、ステッピングモータ（電磁ブレーキ付）で TR の磁気結合子を駆動させる。駆動速度は立ち上がり・一定速度・立下りの台形波形でコントロール出来ること。また最大速度は 5mm/sec 程度とし、1mm ステップでの調整駆動が可能であること。位置決め精度は±0.5mm とし、基準点位置検出及び挿入・退避確認を目的としたリミットスイッチを真空内側及び大気側に設置すること。

### 3.3.4 フレーム保持（クランプ）機構

荷電変換フォイル用フレームの取り付けを容易にするためのクランプ機構を採用する。クランプ機構によるフレーム保持力はバネの反力を利用し、クランプの開閉には TR の回転軸を利用して駆動させる。ヒンジやバネの材料については非磁性体金属で摩耗しにくく放射線による劣化が少ないものを選ぶこと。材料選定に当たっては原子力機構担当と協議し承認を得ること。

### 3.3.5 TR 外側磁石の支持構造

これまで外側磁石の支持構造に使用していたボールブッシュは全面的に禁止する。その代替として、摺動板で受ける構造を検討すること。摺動板の材料は非金属の使用を可とする。但し、可能な限り摩耗しにくく放射線による劣化が少ないものを選ぶこと、そして定期的に交換することが可能な構造とすること。特に、材料選定に当たっては原子力機構担当と協議し承認を得ること。

## 4. 試験検査概要

本仕様書で実施する改修作業に際し、以下の項目について、受注者が試験検査要領書を作成し、試験検査着手前までに原子力機構の承認を得たうえで受注者が試験検査を実施すること。試験検査に必要な機材・設備は原則として受注者が準備すること。

### 4.1 工場試験検査

- (1) 外見検査
- (2) 員数検査
- (3) 寸法検査（一般寸法検査、熱処理前後の変形検査）
- (4) 材料検査（材料証明書で代用可）
- (5) ヘリウムガスを用いた真空リーク試験
- (6) 組立後の TR 軸の精密調整
- (7) 精密調整後の TR 軸の駆動動作試験

### 4.2 TR ロッド材の性能評価試験

- (1) 外見検査
- (2) 員数検査
- (3) 寸法検査（一般寸法検査、熱処理前後の変形検査）
- (4) T字型ロッドのひずみ試験

## 5. 梱包

- 取り扱いや輸送に際しては、汚染・破壊・劣化を引き起こさないような梱包を行うこと。製造の各工程において、後工程を考慮した通箱を製作し、各工程施工時の工場内及び工場間では製品ともども、清浄保全に努めること。
- 溶接・ロー付け等の接合後、真空漏洩試験に合格した製品は、直ちに両端に金属フランジを接合すること。直ちに実施できない場合は、ダクト内にアルゴンガスを充填し、脱酸素剤を入れた容器に保管した状態でフランジ接合工程に移すこと。気密封止に必要な封止治具等は受注者で準備すること。
- 真空漏洩試験に合格した製品は、高純度乾燥アルゴンガス 1 気圧充填の状態での保持すること。アルゴン充填は、ヘリウムリーク試験合格後速やかに行うこと。この時大気暴露は温度及び湿度管理されたクリーンルーム内で行い、大気暴露時間は必要最小限とすること。気密封止に必要な数の封止治具、真空シール等は受注者で準備すること。但し、封止治具は超高真空対応である必要はなく、金属製の簡易フランジが良い。真空シールは真空脱ガスしたバイトンOリングが良い。封止治具には溝をつけ、Oリングが止まるようにする。締結は簡易金属が良い。

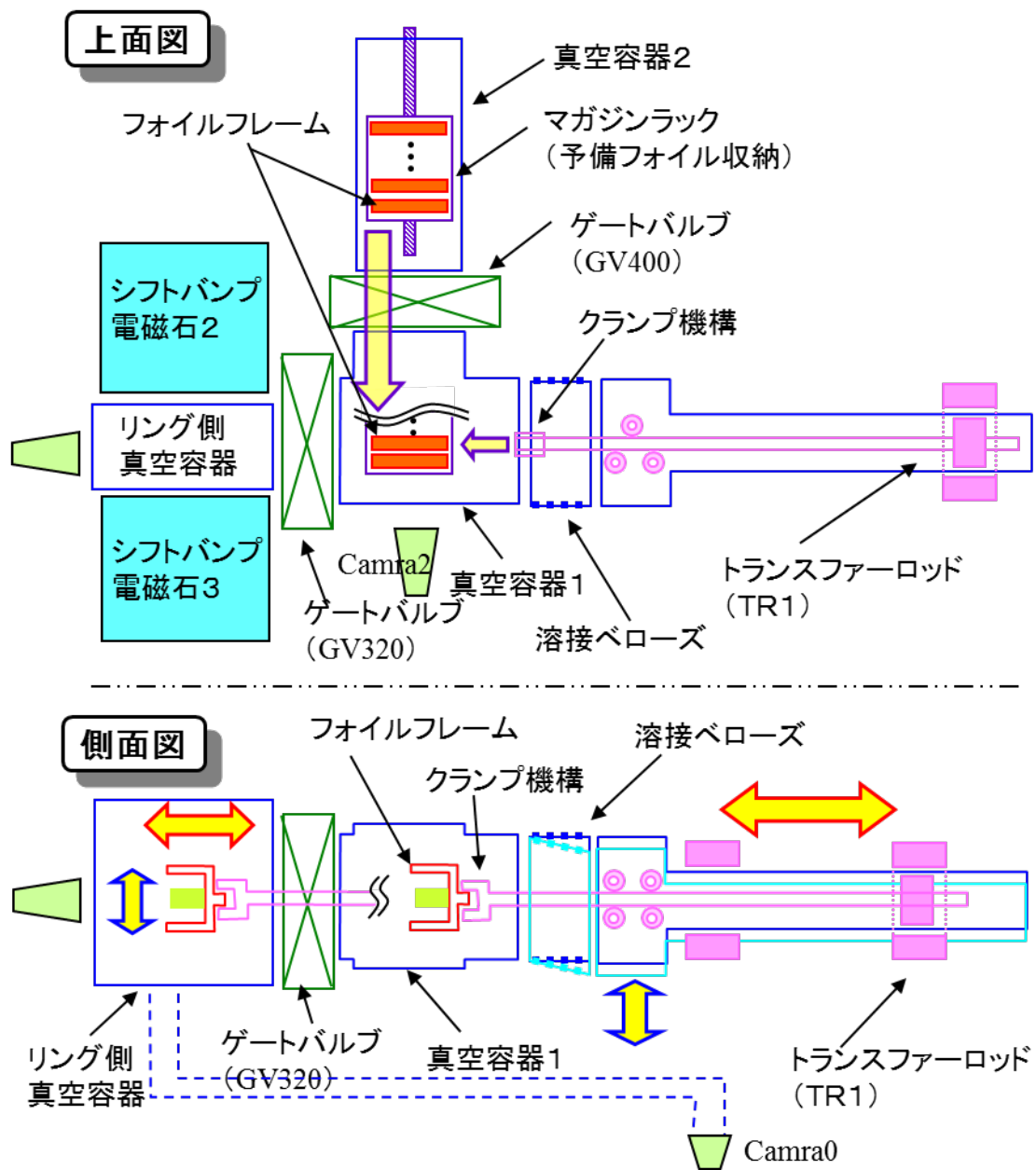


図1. 第1荷電変換装置の概念図



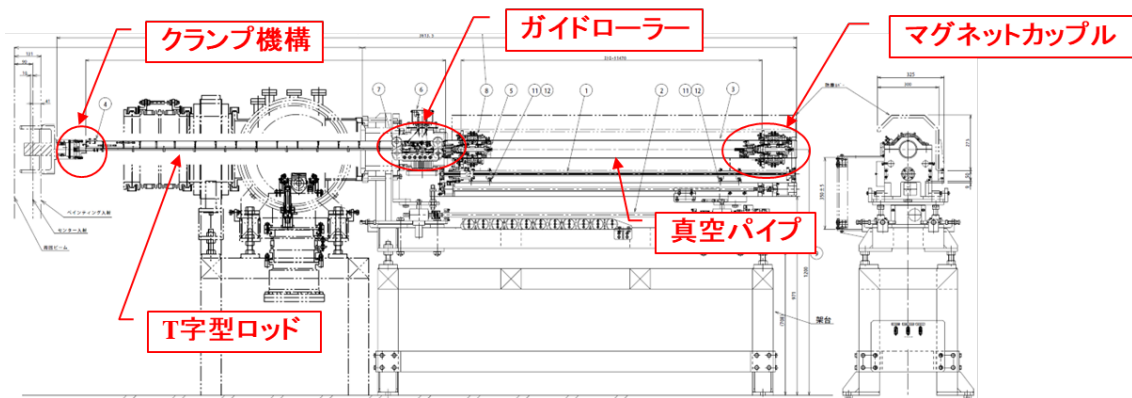


図2. 第1荷電変換装置の基本設計図 (主にTR装置部を中心に)