

## DEVELOPMENT OF SEMI-REMOTE HANDLING SYSTEM OF VACUUM FLANGE

○Hiroshi Oki <sup>A)</sup>, Masahiko Uota <sup>B)</sup>, Takao Ogoe <sup>B)</sup>, Tomio Kubo <sup>B)</sup>, Yoshio Saito <sup>B)</sup>, Yoshihiro Sato <sup>B)</sup>, Masashi Shirakata <sup>B)</sup>, Yoichiro Hori <sup>B)</sup>, Yasunori Takeuchi <sup>B)</sup>, Masakazu Yoshioka <sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> KDC Engineering Co., 1-58-4 Yayoichyo, Nakano-ku, Tokyo, Japan

<sup>B)</sup> KEK 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaragi, Japan

### Abstract

The residual radiation level of the J-PARC 50 GeV synchrotron will be rather high at the injection, extraction, and collimator sections. To reduce the radiation dose of workers, a “semi-remote” handling system of vacuum flange is being developed for devices in the high radiation sections. It enables us to couple/decouple vacuum flanges “semi-remotely”. The present status of development is described in this paper.

### 真空フランジセミリモート連結機構の開発

#### 1. はじめに

J-PARC 50GeVシンクロトロン (MR) においては、大強度ビーム加速のため、図1に示すようにビーム入射路 (3-50BT) 及びリングにコリメーターを設置してビームロスを中心に局在化させ、一般部のビームロスを0.5W/m以下に抑える方針である。またビーム入射および二箇所でのビーム取り出し部の高効率化をはかることも大強度陽子加速器実現の鍵であるが、ここではある程度のビームロスは想定しなければならない<sup>[1]</sup>。これらの5箇所を放射化エリアとし、機器が故障した場合の交換作業において作業者の被ばくを可能な限り減らすためのシステムの開発を行っている。その一つとして放射線作業三原則の、距離、遮蔽、作業時間短縮、を満たすため、真空フランジ着脱を機器から数メートル離れた位置から行えるような機構 (セミリモート機構と称する) の開発を行った。



図1. 3-50BT及びMR高放射化エリア

真空フランジセミリモート機構を取付ける予定機器の間隔は150~260mm程度と狭い。この狭い空間に、ベローズ伸縮とフランジ着脱の二つの機能を入れることが技術的な課題である。対象機器の真空ダ

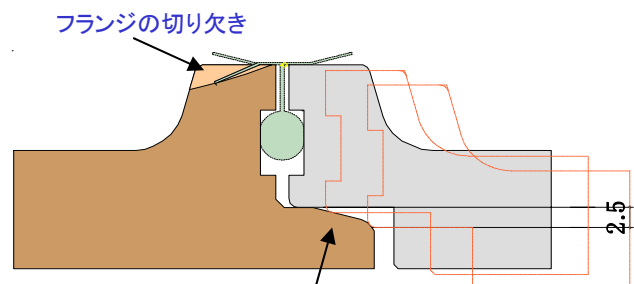
クトフランジ外径は5種類 (180、240、290、370、450φ) あるが、可能な限り共通の設計にする。また連結機構自身も放射化することを考慮して、使用する部品は単純で信頼性が高いものを選定すると共に、出来るだけ既存加速器施設で使用実績がある、既製品を用いることとした。

#### 2. 連結機構の構成要素と機能

##### 2.1 連結機構の構成要素

連結機構はベローズを伸縮させる駆動装置とフランジ芯を合わせる機能及びセミリモートで、フランジ締結可能なCEFILAC製クランプチェーンとで構成される。現在までに二種類の連結機構を試作した。一つはフランジ外径が大きい370φ及び450φ用のもので、フランジ連結用クランプチェーンの単体重量がそれぞれ22kg、25kgと重いため、ベローズ伸縮駆動装置と機能分離することで重量分散を図った (タイプI)。もう一つはクランプチェーンの重量が12kg以下と軽い小型フランジ用で、クランプチェーンの支持を駆動装置と一体にした (タイプII)。

##### 2.2 はめ合い機能付きテーパフランジ



芯ズレが生じて、このテーパにより連結出来るようになっている<sup>[1]</sup>

図2: テーパー付きフランジ

図2.に示すように相対するフランジ内側円周に沿って凹凸加工し、フランジが嵌め合う時の芯あわせ機能をフランジ自身にもたせた<sup>[2]</sup>。J-PARC標準のヘリコフレックスガスケットを使用するが、フランジ外周3個所に、ガスケットのつばの一部が折り曲げられる様に切り欠きを入れることで、ガスケットがフランジ側に確実に固定できる様にしている。

2.2 クランプチェーン

J-PARCで使用するCEFILACクランプチェーンの一つ300RHSP型は、図3.のようにクランプ保持円盤に、ピン10本の内4本（タイプ I は8本）で支持されている。

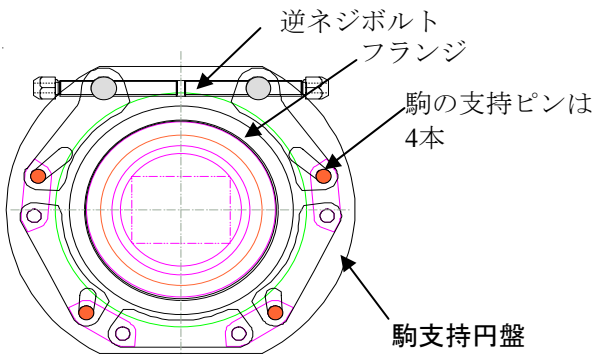


図3: リモートハンドリング・クランプチェーン

2.3 ベローズ

タイプ I 試験機は外径428mm、内径368mm、長さ106mm(実長96mm)の口金付きのステンレス溶接ベローズで、縮み代41mmである。このベローズは速い取り出し部のセプタムマグネット用で、試験台も実機に取付けた状態を再現した。写真を図4.に示す。

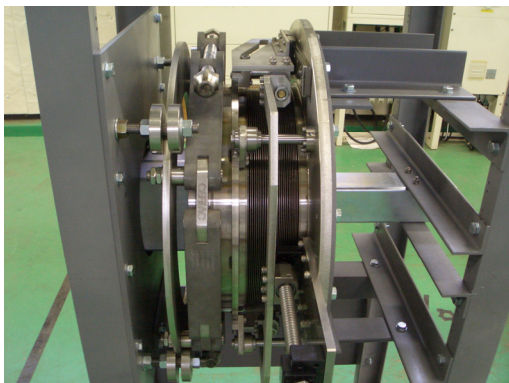


図4: タイプI試験機写真

タイプ II 試験機は外径235mm、内径205mm、長さ200mmのチタン製成型ベローズで縮み代は50mmで、BTコリメータ部の四極マグネットに取付けた状態

を再現した。ベローズのバネ定数は9.7N/mmを目標に製作した。図5.にベローズ伸縮装置の概略を示す。ベローズ取り付け用フランジ上下に16mmφのカムフォロアを固定する。図6.に示すくさび構造の溝付きプレートを、リニアモーションガイドで伸縮方向と直角方向(通路側)から押し引きして、ベローズフランジの上下に取付けたプレートをスライドする。このことで、カムフォロアが駆動方向を転換してベローズを収縮させることができる。このスライドプレートの特徴は、ベローズを圧縮してフランジが開放状態になったときの溝位置をフラットにすることで、開放状態を固定できることである。また、フランジが連結する際、フランジの芯ズレがあっても、カムフォロアが拘束される方向は押し込まれている一方のみであるため、変形応力は装置の駆動には影響しない。但し、溶接ベローズの芯ズレ許容限度は0.5mmであり、装置全体の製作精度はここで決まる。更に、フランジが連結されガスケットをクランプで締めこむ際のガスケット潰れ代は1.0mmあり、この動きも吸収できるように溝とカムの隙間を2.0mm以上取っている。また、芯ズレは、リニアガイドのピンにも働くので、先端テーパ加工を施しシャフトとリニアブッシュとの隙間をつくるようにしている。

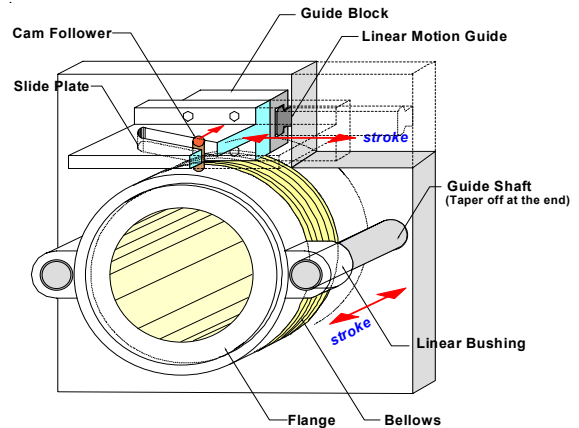
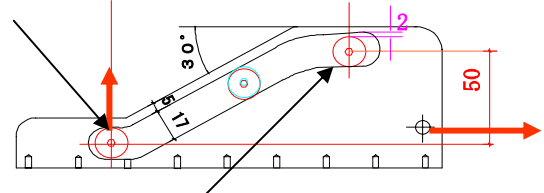


図5: ベローズ伸縮装置の概略

カムフォロアの方変換とロック機構



緩いくさび効果で  
フランジのはめ合い力を補助する

図6: スライドプレートの働き

## 2.4 連結駆動装置

上下にあるスライドプレートを平行に駆動する部品は、ネジとブロックタイプのナットにアームを取付けて、其の先端を、ロッドエンドを介し、スライドプレートを動かすもので、図7.にその概略を示す。

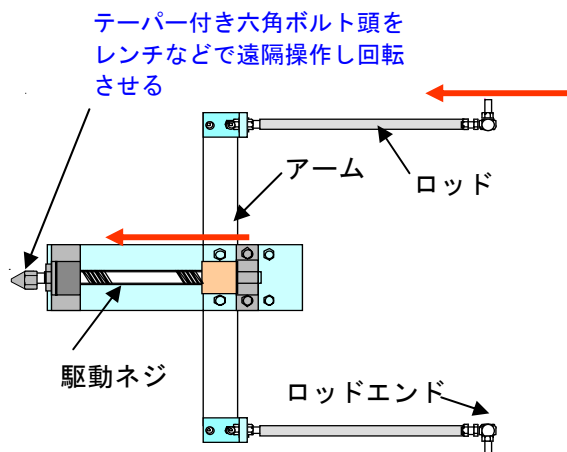


図7：アーム駆動装置

駆動補助部品のうち、リニアガイドはフランジの重量を支えるとともに、連結するフランジをガイドする役目もある。「タイプⅠ」の初期段階では、4本あるリニアガイドのブッシュは、ガイドシャフトの外径に対して長さが短い為、フランジの少しの傾きでもガイドピンに噛みベローズ圧縮方向への駆動ネジによる動きは円滑でなく、セミリモートで動かせるものではなかった。改善策として、長めのブッシュに交換した結果、駆動ネジを手で回しても軽く動くようになった。図8.にフランジ上面のセミリモート機構で駆動した時のフランジ面の変化量を測定した結果を示す。

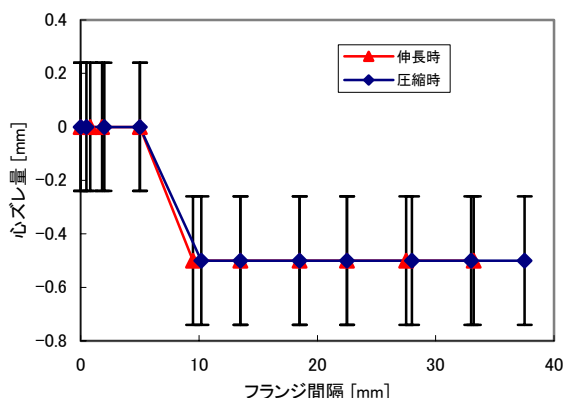


図8：フランジ間の変位と垂直方向変位

## 3. 装置の試験

「タイプⅡ」のクランプ締込みとフランジの真空リーク試験を行った。

CEFILAC 300RH240SP指定の締付けトルク15kgfmまで、6段階(@2kgfm)で締付けた。使用したフランジは、チタン製200SP240ブランクフランジと、片側排気ポート付きフランジに、ヘリコフレックス HNV290P OD240 ID224.6 厚さ4.9mmを取付けて、ヘリウムリークディテクターASM122Dでリークチェックした。真空リーク試験の結果は良好であった。図9.にガスケットの変形計測結果を示す。

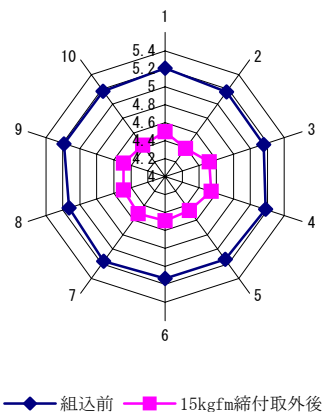


図9：CEFILAC300RH240SP 締込試験

## 4. まとめ

これまでの駆動試験で、ベローズ伸縮機構は「タイプⅠ」「タイプⅡ」の各タイプ別でも共通に使用可能であることを確認した。

今後の課題は、高放射化部の各機器について、真空フランジセミリモート機構取付けの条件を精査し、機構の最適化を図ると共に、遠隔で操作出来る治具の製作をすすめ、検証することである。

## 謝辞

真空フランジセミリモート機構開発にあたり、Graeme Murdock氏 (ORNL-SNS)には、相談に乗って頂き感謝します。

## 参考文献

- [1] Accelerator Technical Design Report For J-PARC KEK Report 2002-13 / JAERI-Tech 2003-044/J-PARC 03-01, March 2003
- [2] K.Yamamoto, et al., "Development of the collimator system for the 3GeV rapid cycling synchrotron", Proc. PAC05 (2005); K.Yamamoto, et al., "Present Status of Beam Collimation System of J-PARC RCS", Proc. PAC06 (2006)