

Development of a Radial compressed Seal and its remote handling devices

山野井豊、上利恵三、家入正治、加藤洋二、皆川道文、野海博之、
里 嘉典、鈴木善尋、高橋 仁、高崎 稔、田中万博、広瀬恵理奈、山田善一、
KEK、高エネルギー加速器研究機構、〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

土屋将夫、堀越良一、
IHI、石川島播磨重工業株式会社、〒235-8501 神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地

今井兼敬、渡辺直幸、太田光彦、
臼井国際産業株式会社、〒410-2204 静岡県田方郡伊豆長岡町堀之上150-1

ラジアルシールとそのための遠隔装置は、東海村に建設中のJ-PARC原子核素粒子実験施設（NPホール）で使用される真空ビームパイプの接続装置である。NPホールは50GeV- 3×10^{14} pppの陽子を実験に利用できる施設で、この施設は現在運転しているKEK 12GeV-PSに比べ約100倍強いビームパワーをハンドリング出来るように設計を進めている。

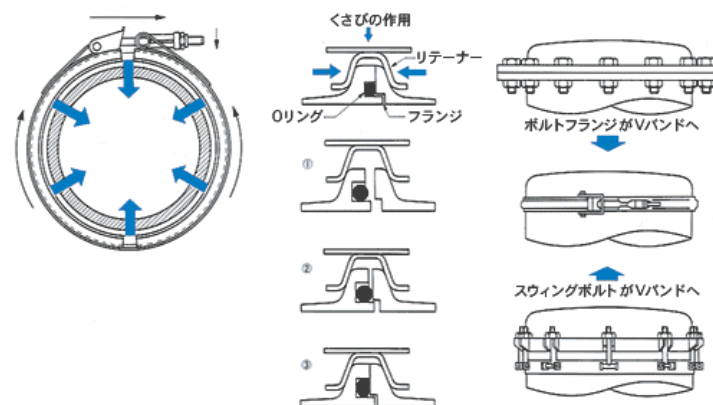
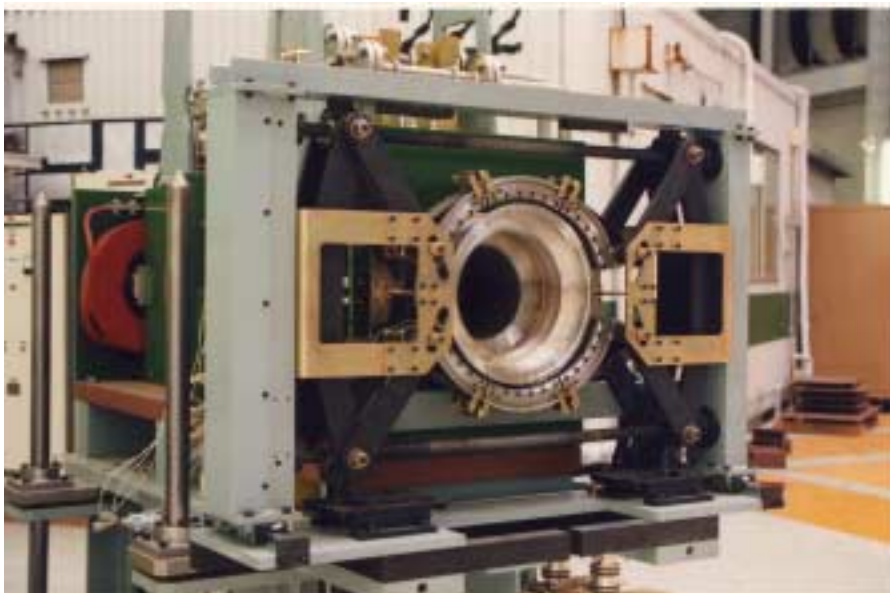
ラジアルシールとその遠隔装置は、大強度ビームラインにおける放射線損傷、およびビームライン要素類の着脱の際の作業者の放射線被曝を避けることから開発を始められた。

現在、金属シール材を使用して、従来のスラスト圧縮の10分の1の圧縮力で同程度の真空気密性を達成することを確認している。また、この機構を備えたフランジ着脱装置を製作し、気密性能 10^{-10} Pa.m³/sec以下を確認した。

真空ビームパイプの接続

- ボルト-ナット結合 (コンフラットフランジ、JIS、ISO、・・・)
 - メタルシール材が使用可能
 - × 作業時間が長い、部品点数が多い、ボルト締め自動化はコスト大
- V型リテーナー (メタル対応)
 - メタルシール材を使用可能
 - × V型リテーナー自身 (装置全体) が大型、重い
- ピローシール (1991年1月、KEK製)
 - ボルト、ナット、Vリテーナーが不用、遠隔から圧縮空気で駆動可能、狭い間隙 (3cm@PSI) でも設置可能、耐放射線劣化無し
 - × リーク量大、設置時にシール面の擦過傷が問題、フランジ面の平行度、同軸性を要求する、製作コストが高い

V-Retainer



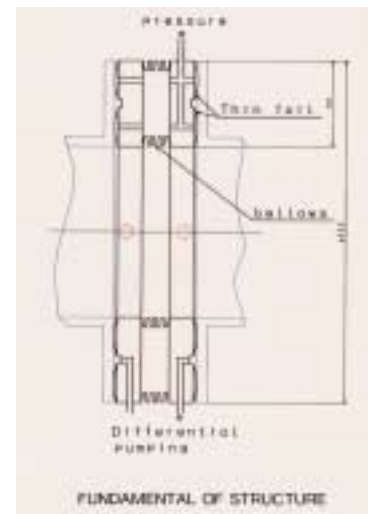
←Vバンドカップリングをメタル対応、自動化

- 1990年1月製作
- 金属中空Oリング（線径8.4mm、KEK310）を使用
- 気密性能 ($8 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$)
- リテーナーの開放と退避動作を連続して行う

問題点

- 装置設置の自身が大きい（ビーム軸方向305mm）
- その内退避動作の移動量 80mm
- シールリング圧縮動作力の数倍の引っ張り動作力が必要
- 直径が大きくなると締め付け圧力が不均一

KEK-Pillow Seal



- ダイアフラム: SUS304-t200 μm
- ダイアフラム内径: $\phi 250\text{mm}$ (有効径)
- ダイアフラム外径: $\phi 350\text{mm}$
- ダイアフラムフランジ厚: 16mm
- ベローズ自由長: 34mm
- 可動長: 29 ~ 39mm
- Heリークテスト: $2.0 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$

KEK-Pillow Seal

- ◎ボルト、ナット、リテーナーが不用
- 遠隔から圧縮空気でシール動作可能
- 狭い間隙 (3cm@PSI) でも設置可能
- ◎完全無機化 (耐放射線劣化無し)

- × リーク量 (実績 $2.0 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec} @ \text{He}$ 、中間排気有り)
- × 設置時にシール面に擦過傷がつき易い
- × フランジ面の平行度、同軸性を要求
- × 製作コストが高い

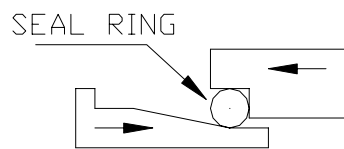
1. SIN, Jahresbericht (1984), JB11-18
2. Y.Yamanoi et al., KEK Preprint 89-165, December(1989)

動作

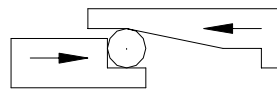
ラジアルシールは、フランジ間のシール材を周方向に広げる、または、周方向に圧縮してその気密効果を生ずるものである。

左図はシールリングを広げて締めつける方法の例を模式的に示す。通常は斜面を持つフランジ側が移動する方法が一般的である。右図はシールリングを斜面を持つ外側フランジにより圧縮する方法の例である。

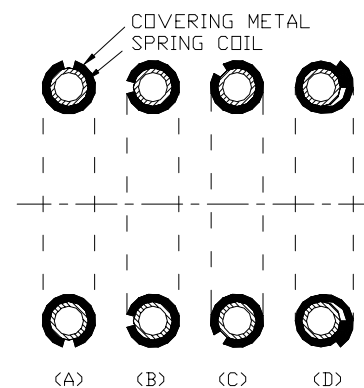
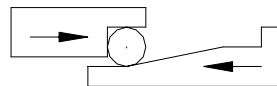
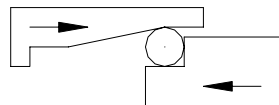
金属外皮とスプリングで構成されるシールリングの断面形状には切れ目があるが、一般的なスラストシール用では(A)に示す方向に切れ目があり、ラジアルシール用では(B)、(C)、(D)のような方向に切れ目を持っている。



INTERNAL COMPRESSION



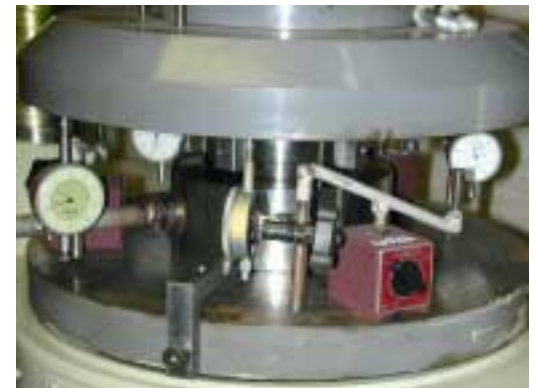
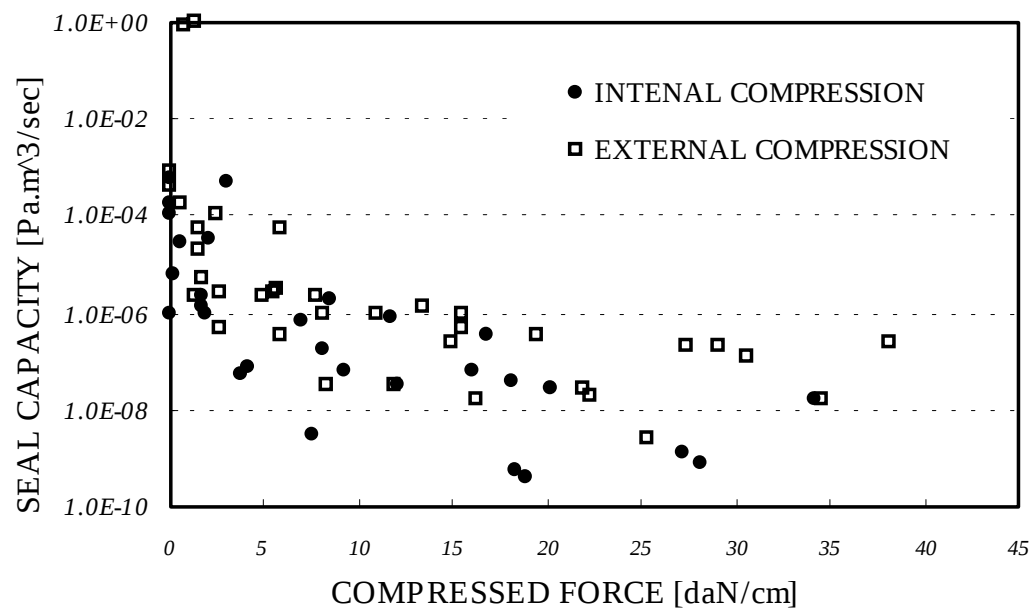
EXTERNAL COMPRESSION



Radial Seal

- ◎設置時にシール面に擦傷を付けない
- ◎フランジ面の平行度を気にしない。
- フランジの同軸性を要求しない、自己誘導機能を持つ
- ◎シール圧縮力を対向型フランジの数分の一に出来る
- リーク量が小さい
- ×プラグ／ソケットフランジが必要
- ×使い捨て金属シールリングを使用
- ×プラグ長の分スペースを使う

Seal capacity performance



表面潤滑

1. 目的

アルミニウムにフッ素コートをしたときの表面の状態を確認する。

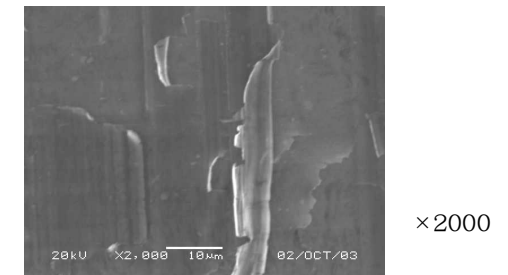
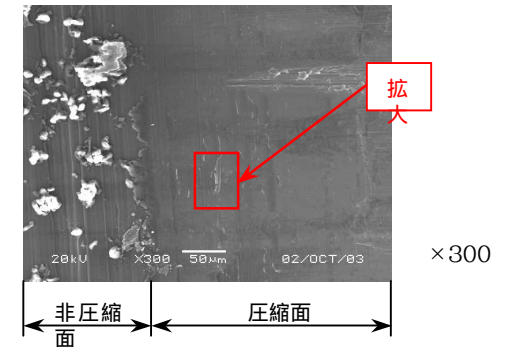
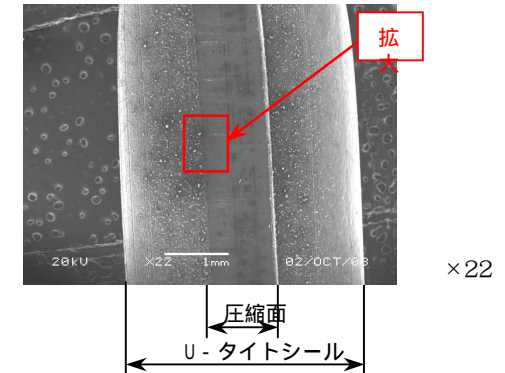
2. 試料

- アルミニウム板 : 角10mm×10mm
- U-タイトシール : <内径> φ210、<断面径> φ4.0 (オーバーラップ)

3. フッ素コート剤詳細

メーカー : オキツモ株式会社

名称	フッ素コートA	フッ素コートB
仕様	ドライタイプ 耐熱260℃、半透明	ウェットタイプ 耐熱260℃、透明
成分	フッ素樹脂、シクロ ヘキサン、トウエン、 DMEガス	フッ素樹脂、IPA、 LPG
主な用途	耐熱潤滑・離型用 樹脂及びゴム製品 成型 焼付異常磨耗防止	耐熱潤滑・離型用 樹脂及びゴム製品 成型 焼付異常磨耗



模様はアルミ接触表面（分析でアルミ成分であることを確認）

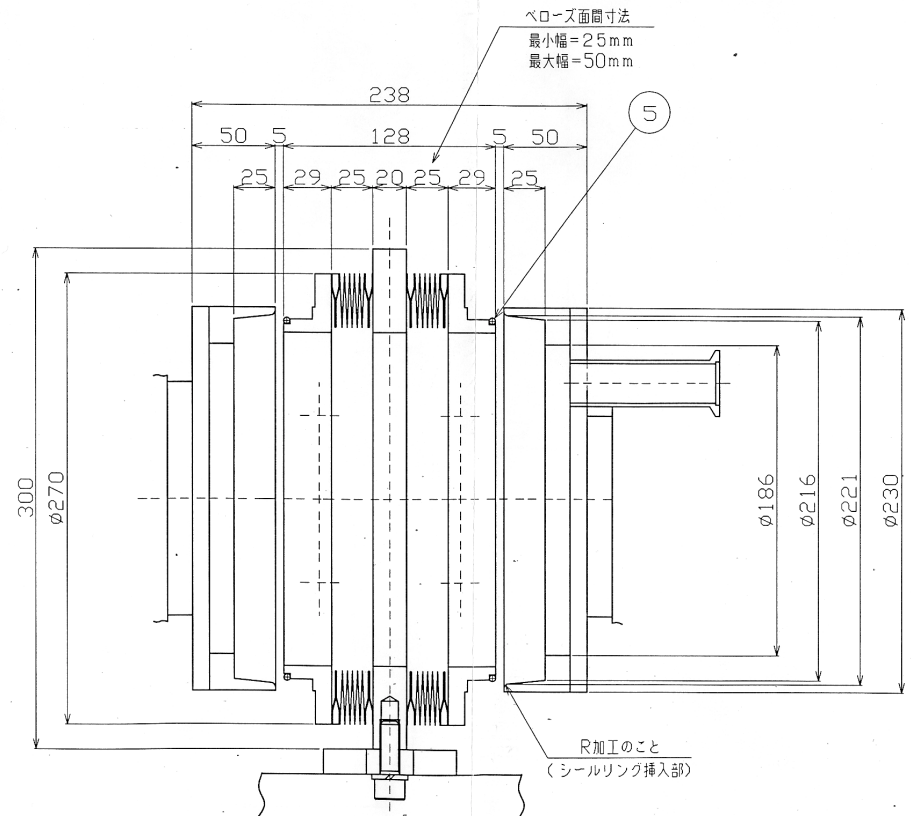
試験結果

- シール材(外被:Al、スプリング:SUS316)
- フランジ材SUS304、表面粗さ0. 2 μ m以下(中心線平均あらさ)
- シール材、フランジとも表面処理無し
- Heリーク量 $1\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}=7.5\text{Torr}\cdot\text{L}/\text{s}$
 - 水平平行(内テーパー): $1\times 10^{-8}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{sec}$
 - 垂直平行(外テーパー): $3\times 10^{-6}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{sec}$

外テーパー型 - 1号機



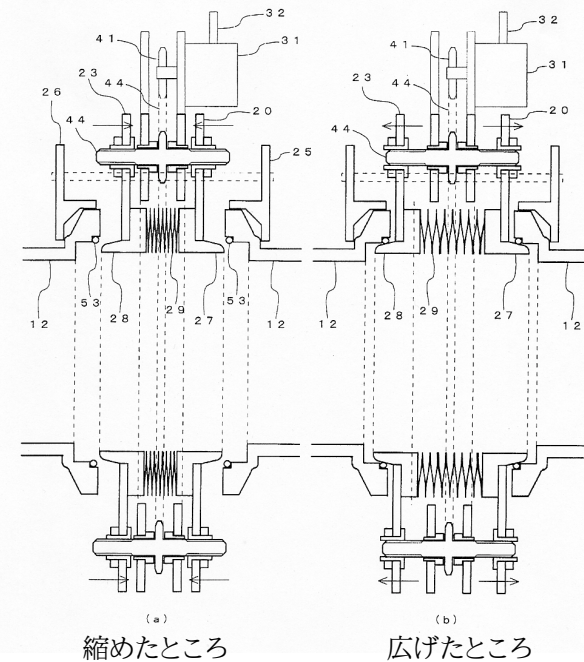
- 有効径186mm
- プラグ-プラグ着脱
- 外テーパー
- Uタイトシール
線径4mm、ID 210mm



内テーパー型 - 2号機

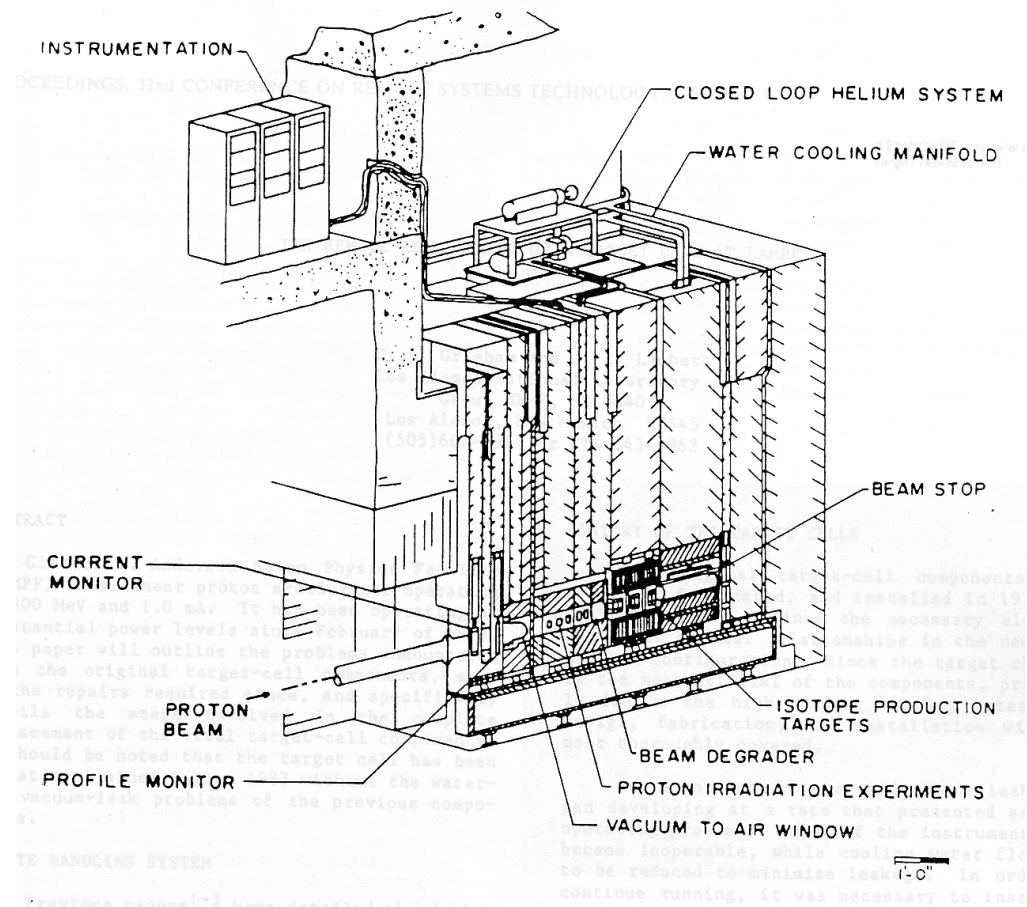


【図6】



- 有効径 200mm
- プラグ-プラグ着脱
- 内テーパー
- 従来規格フランジ内壁を改造して使用可
- 最大圧縮力 50daN/cm
- 最小フランジ間隔 80mm
- Uタイトシール：線径 4mm、ID210mm

設置イメージ



まとめ

1. ラジアルシールは十分高真空ビームパイプのシールシール方法として十分使用出来ることが確認された。
2. シール材の締付力は、従来のスラストシールに対して、テーパー角度以下の縮小率で気密性能が得られた。
3. 挿入型の2種類の自動機を製作し、気密性能を測定した。
4. シール材表面の潤滑性能が重要であると思われる。

今後の予定

- H15年度：
 - 内テーパー、外テーパーの検討 →内テーパー型を採用
 - リンク構造のコンパクト化 →85mmを達成
 - シール材の改良 表面の潤滑処理 現在進行中
- H16年度：
 - 設置イメージに基づく実機の製作

References

1. The Joint Project Team of JAERI and KEK, “The Joint Project for High-Intensity Proton Accelerators”, KEK Report 99-4, July 1999.
2. Y. Yamanoi, et al., “Development of A high-Intensity Beam Handling System at KEK-PS New Experimental Hall”, The 7th Symposium on Accelerator Science and Technology, KEK-Preprint-89-165, December 1989.
3. M. Takasaki, et al., “Handling of High Intensity Proton Beam at 12Gev”, the 2nd International Symposium on Advanced Nuclear Energy Research Evolution by Accelerators, KEK-Preprint-89-180, January 1990.
4. Y. Yamanoi, H. Ishii, K.H. Tanaka, M. Takasaki, M. Tsuchiya, “Development of the pillow seal flange for a high intensity proton beam line”, Gijutsu-kenkyukai-hokoku, p.86-p.88, August 1993.
5. K.H. Tanaka, “Technical design report for the slow-extraction beam facility at the 50-GeV PS in KEK-JAERI joint project”, KEK Internal 2002-8, July 2002.