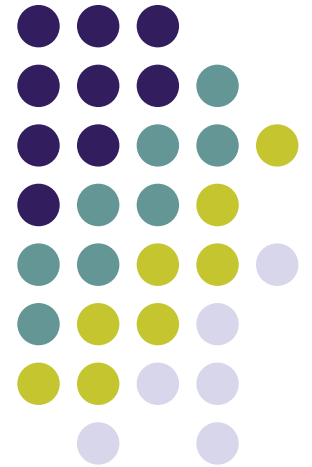
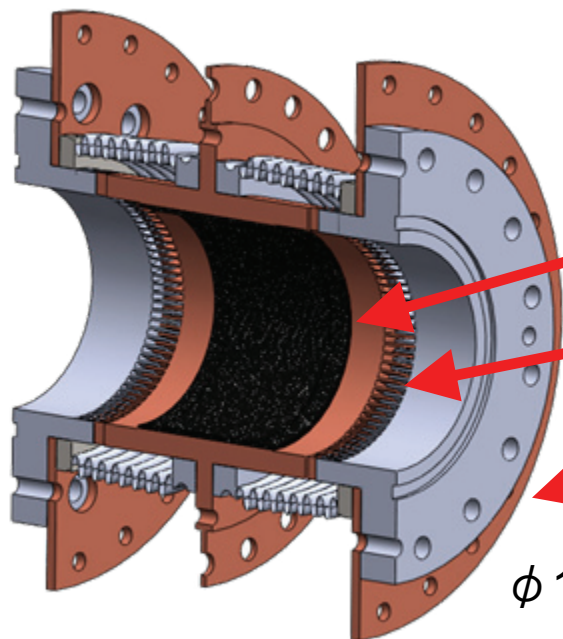


主空洞HOMダンパー 開発の現状報告

沢村 (JAEA)
古屋、阪井、佐藤、篠江、梅森 (KEK)



HOMダンパー



- HIPフェライト
 - IB004(新)
- 櫛歯型RFブリッジ
- 5K、80Kアンカー

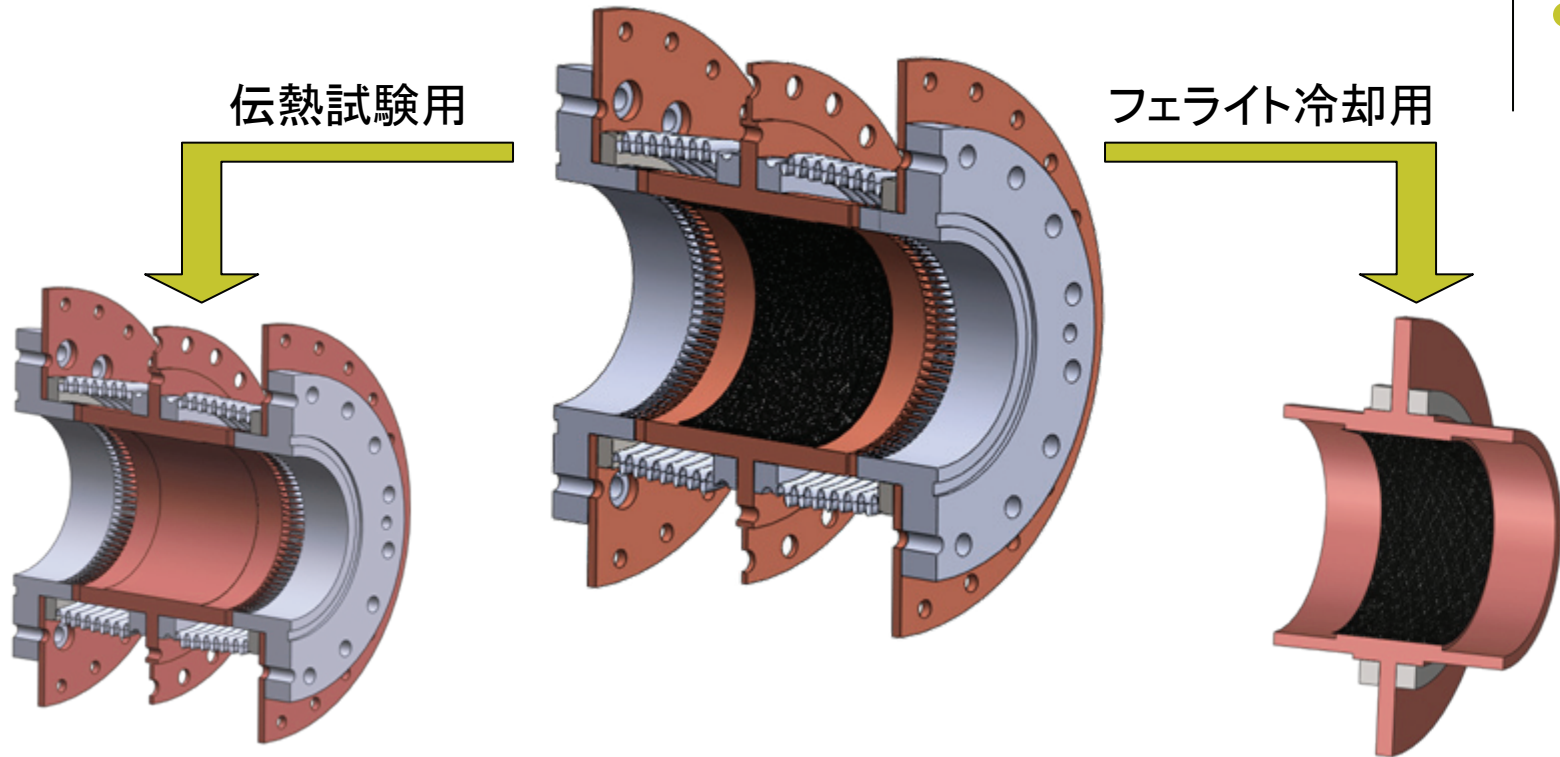
φ 123(LBP) 2個

φ 100(SBP) 1個

● 試験項目

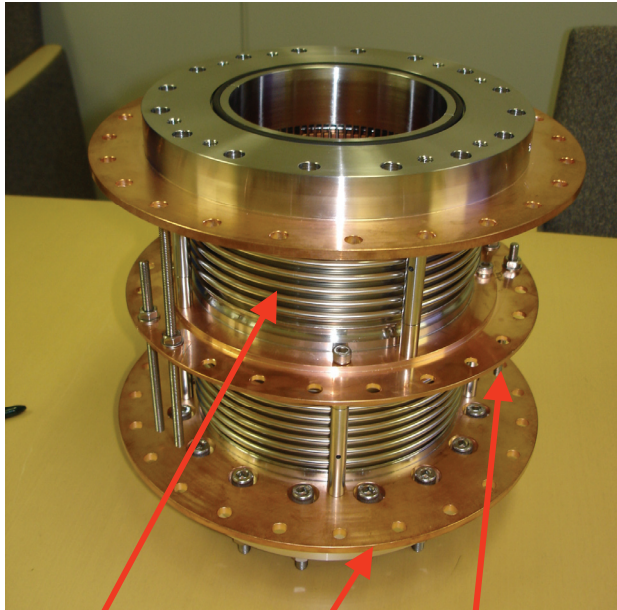
- 伝熱試験 → 2Kヘリウムへの入熱を減らす
- 発熱試験 → フェライト発熱時の除熱
- 冷却サイクル試験 → 冷却に対する耐性

HOMダンパーモデルの製作



- フェライトなしHOMダンパーモデル
 - 伝熱測定(ベローズ間、櫛歯の接触時)
 - HOMダンパーの冷却能力
- 中央部のHIPフェライトモデル
 - HIPフェライトの冷却サイクルに対する耐久性のチェック

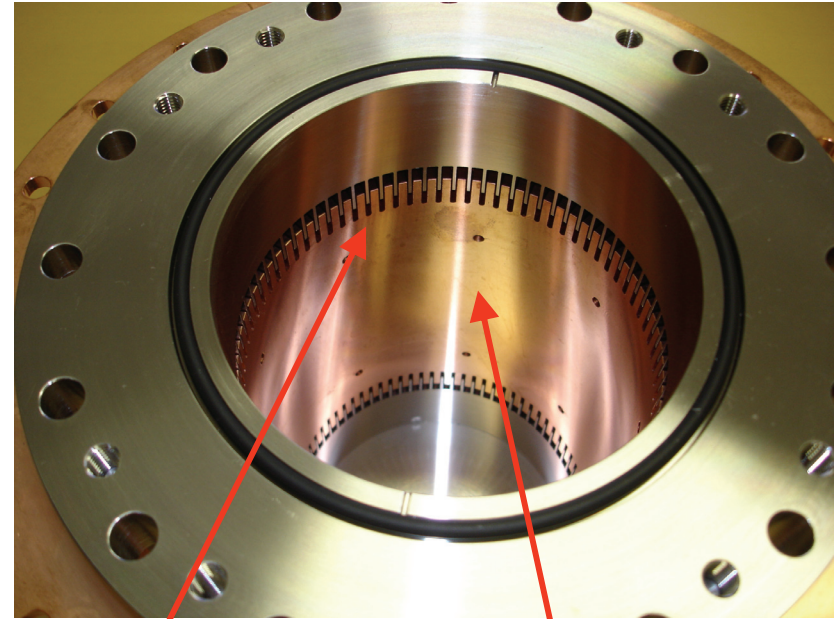
フェライトなしHOMダンパーモデル



ベローズ

5Kアンカー

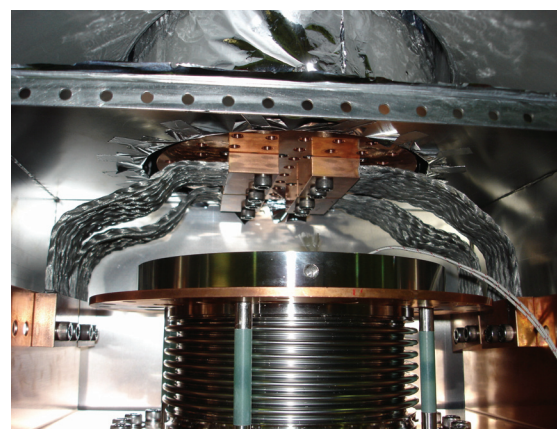
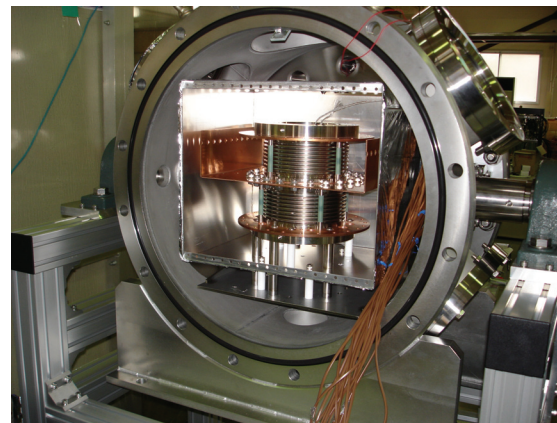
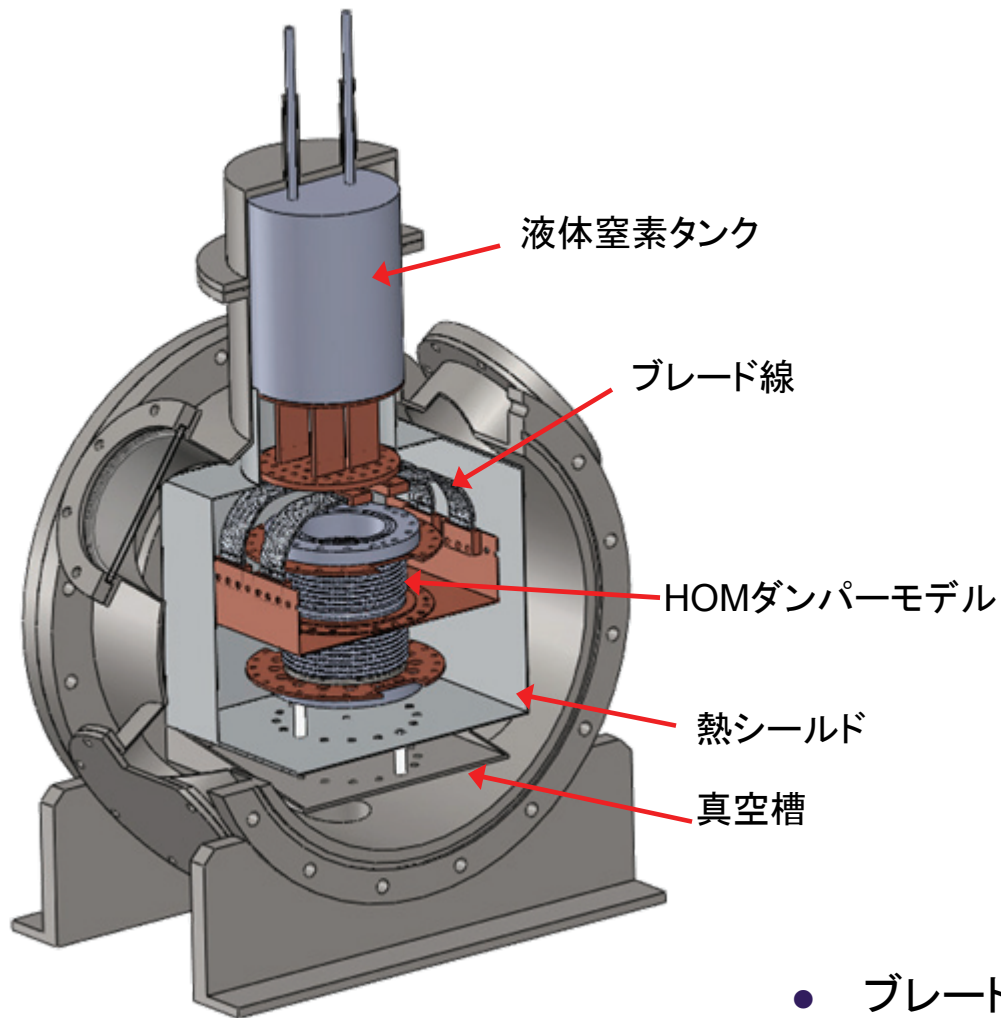
80Kアンカー



櫛歯

HIP Ferriteが付く場所

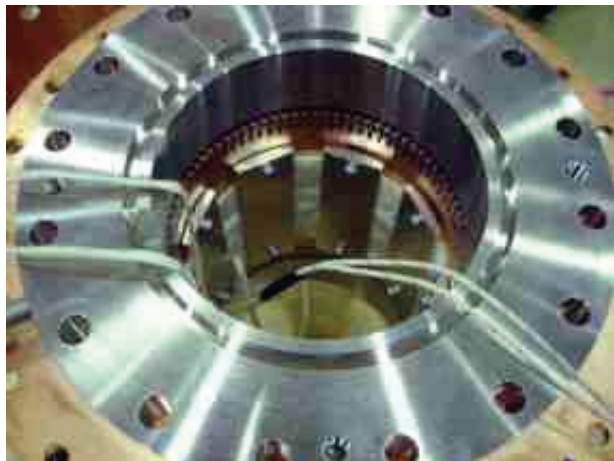
断熱真空槽での冷却試験



- コップラー試験用の断熱真空槽を利用

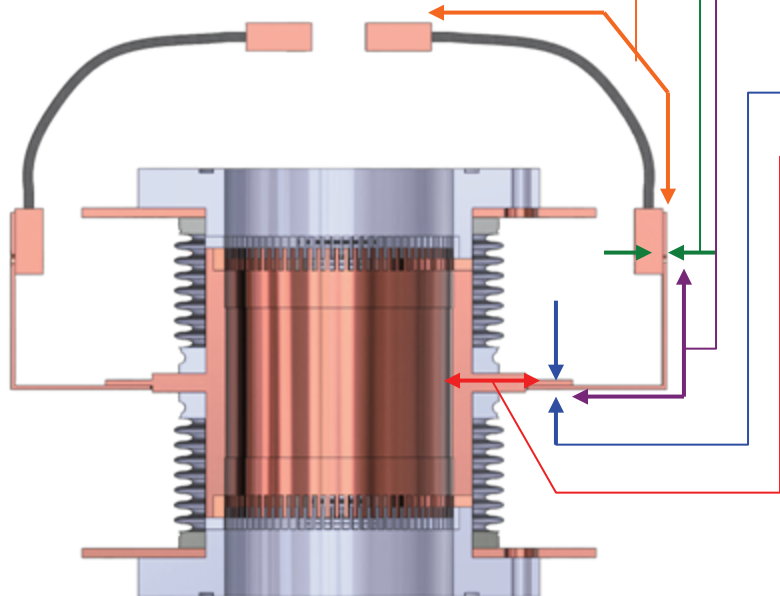
- ブレード線(液体窒素タンク-HOMダンパー間)
 - 断面積100mm² 長さ200mm 4本
- HOMダンパーは2本のテフロン棒で支持

発熱試験



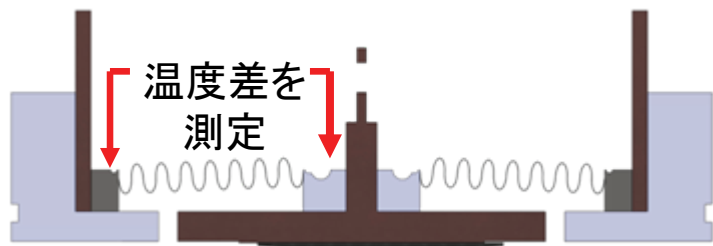
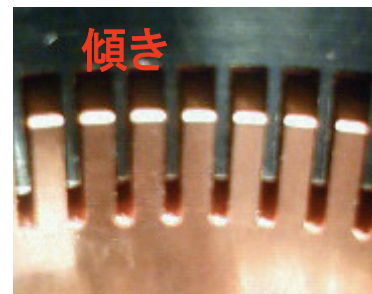
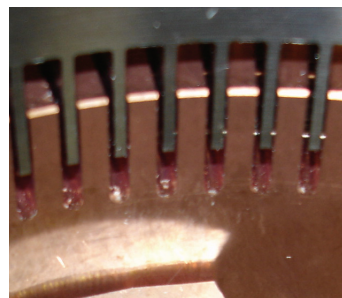
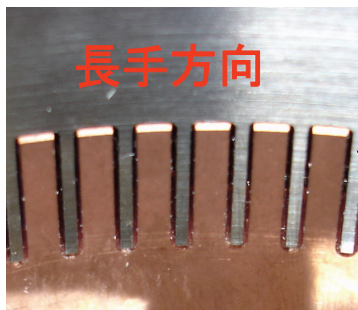
リボンヒーターをフェライト取付位置に固定

	0 W	38.5 W
ブレード線両端	2.4	40.8
ブレード線と伝熱板	0.0	4.1
伝熱板両端	0.1	8.1
伝熱板と80Kアンカー	0.0	2.9
80Kアンカーとフェライト面	0.6	0.9



- 100Wにするためには
 - ブレード線 4本→8本
 - 長さ200mm→100mm
 - 伝熱板 厚さ 2mm→4mm

櫛歯接触の影響比較

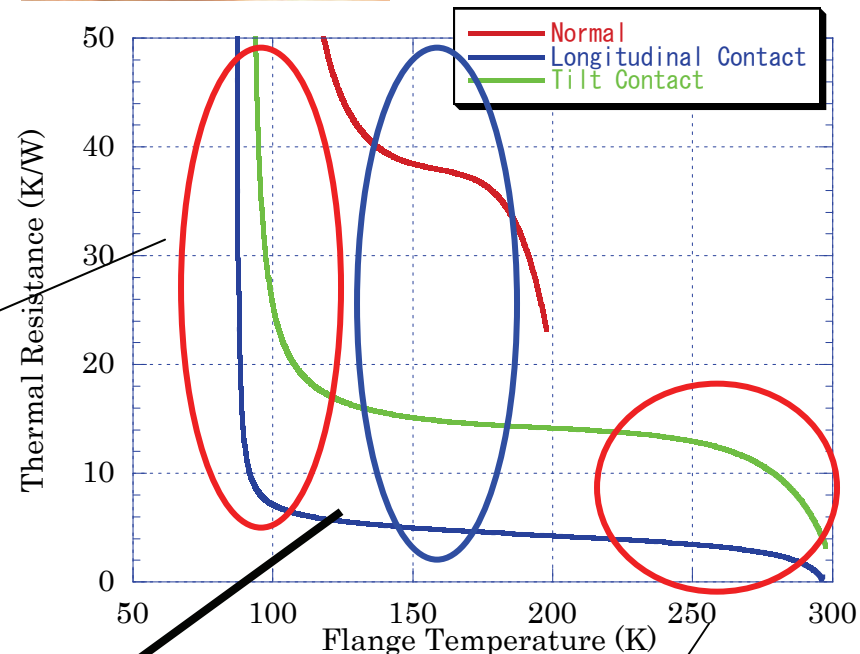


温度が変化しなくてもフランジと80Kアンカーの温度に差がある

熱の移動がなくて温度差があると高い熱抵抗になる

→たぶん測定誤差

- たぶんこのあたりが正確か
- サポート棒からの伝熱を含む



たぶん輻射冷却の影響

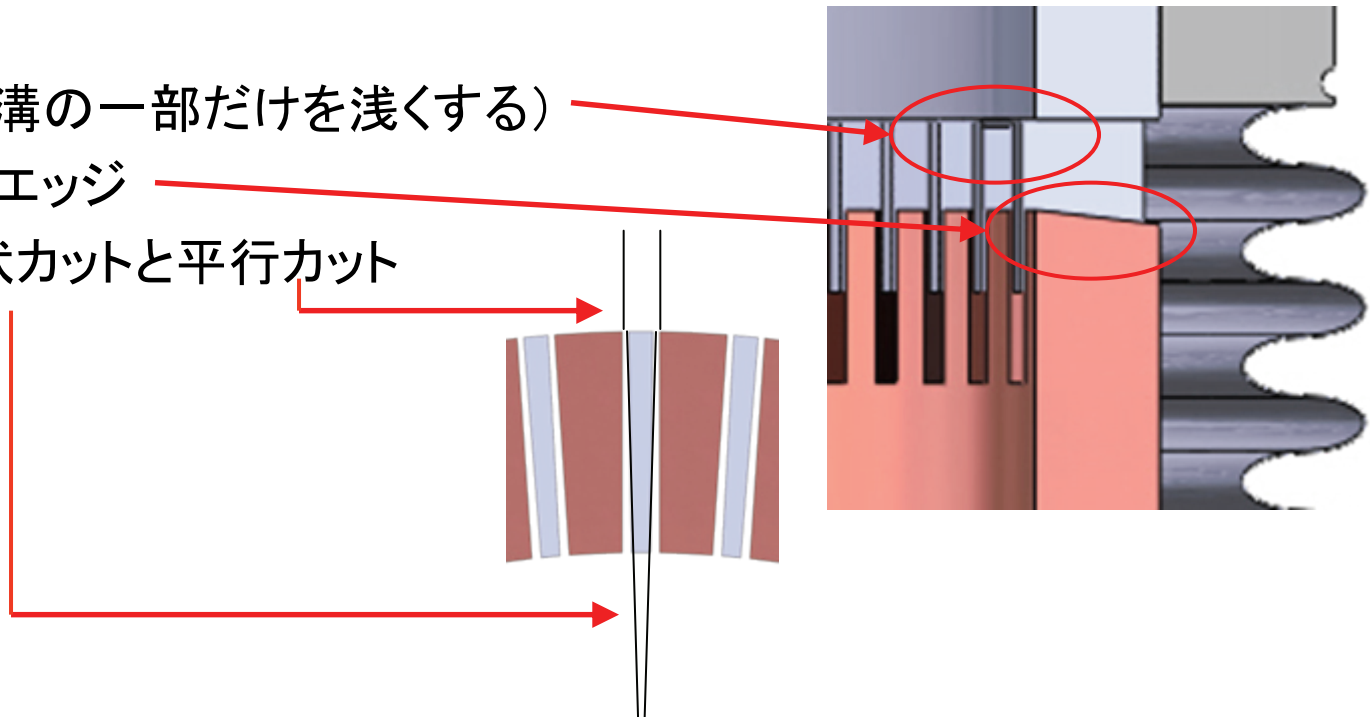
ベローズ以外を通しての冷却があると熱抵抗は小さく見える

櫛歯形状の変更



- 櫛歯型RFブリッジでの入熱
 - 通常位置 $(80\text{K}-5\text{K})/37(\text{K}/\text{W}) = 2\text{W}$
 - 長手方向の接触 $(80\text{K}-5\text{K})/5(\text{K}/\text{W}) = 15\text{W}$
- 入熱対策
 - 対向する櫛歯が接触しても点接触になるようにする

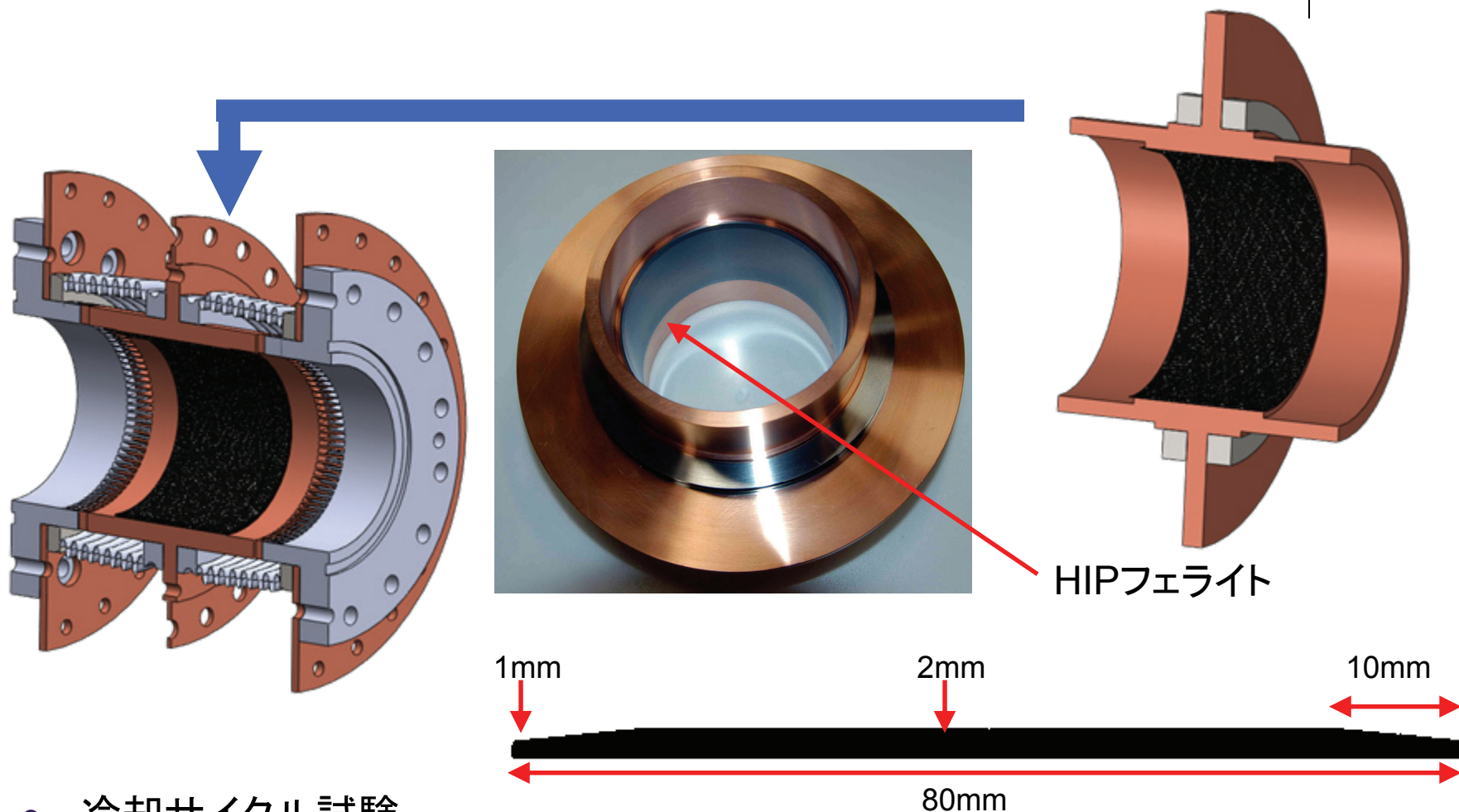
- 浅溝(溝の一部だけを浅くする)
- ナイフエッジ
- 放射状カットと平行カット



HIPフェライトモデル

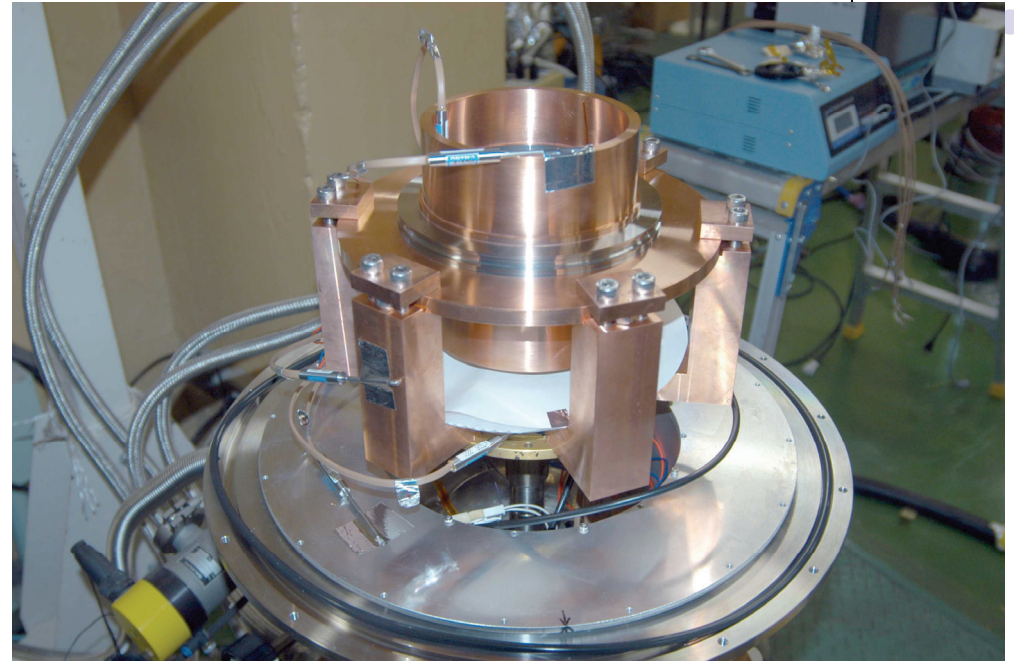
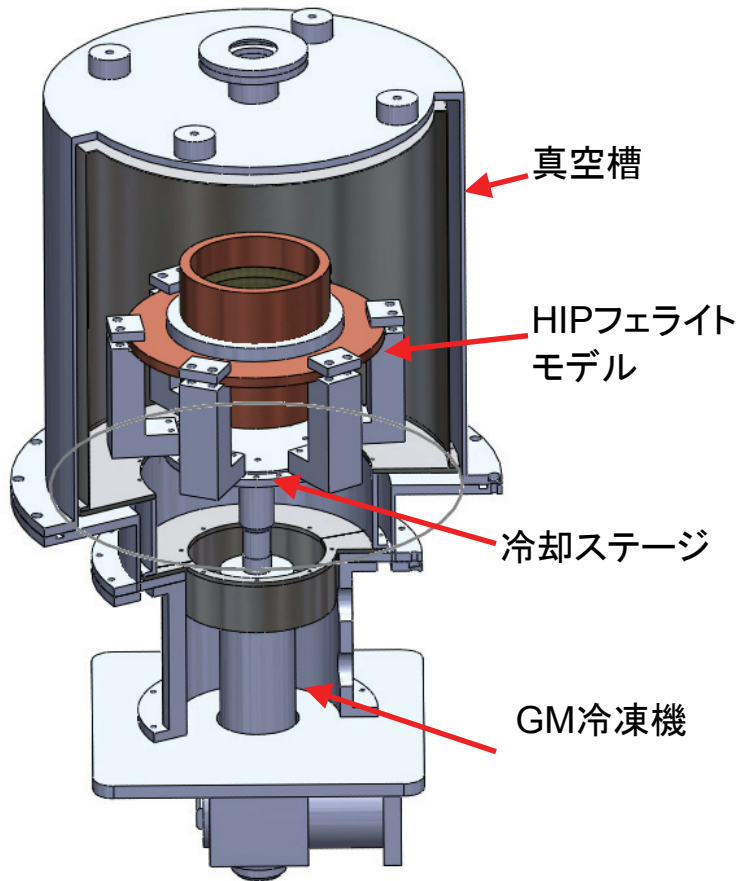


- 櫛歯と80Kアンカーの加工前の中央部分



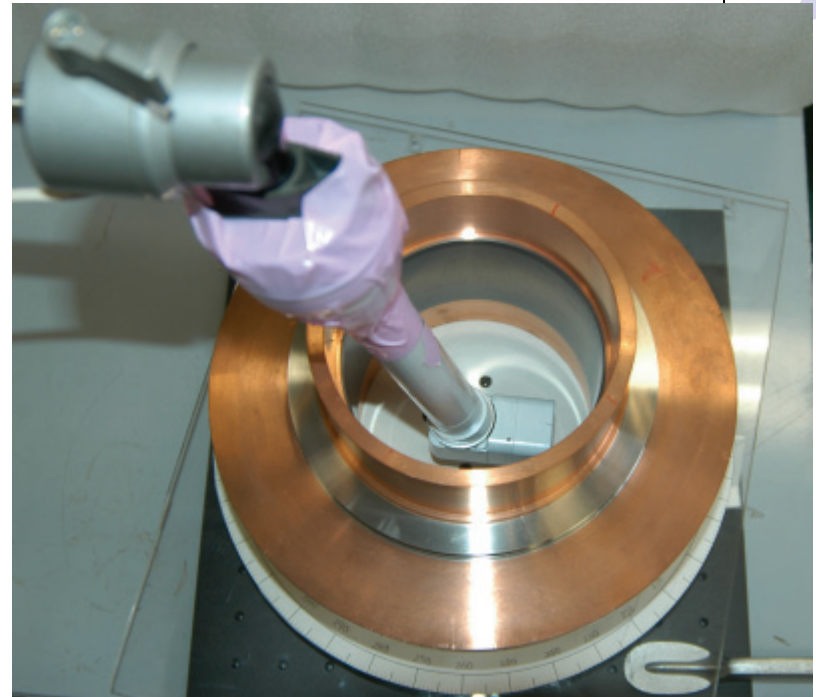
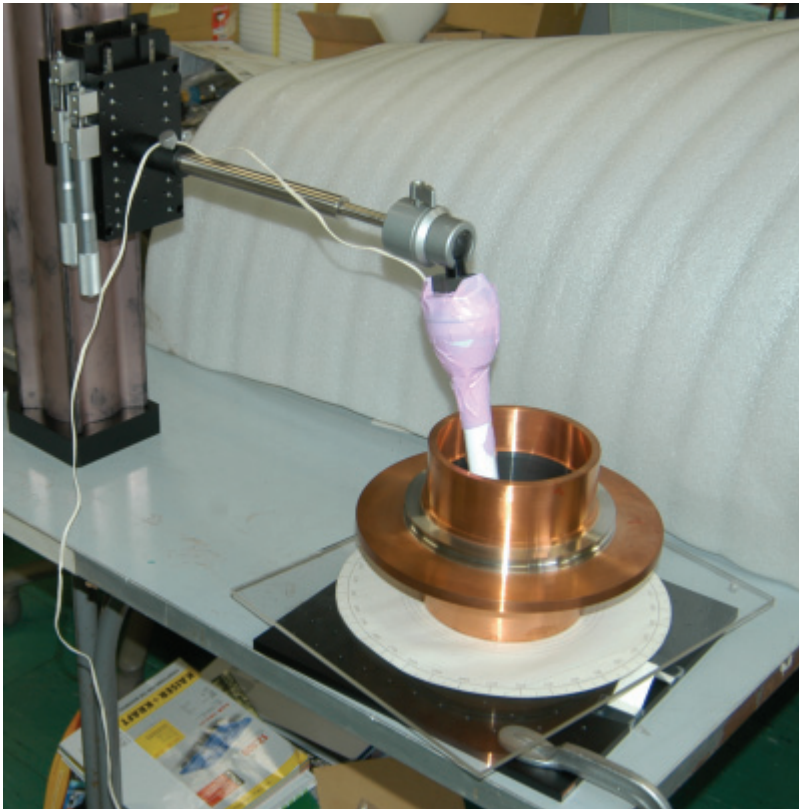
- 冷却サイクル試験

冷却サイクル試験のセットアップ



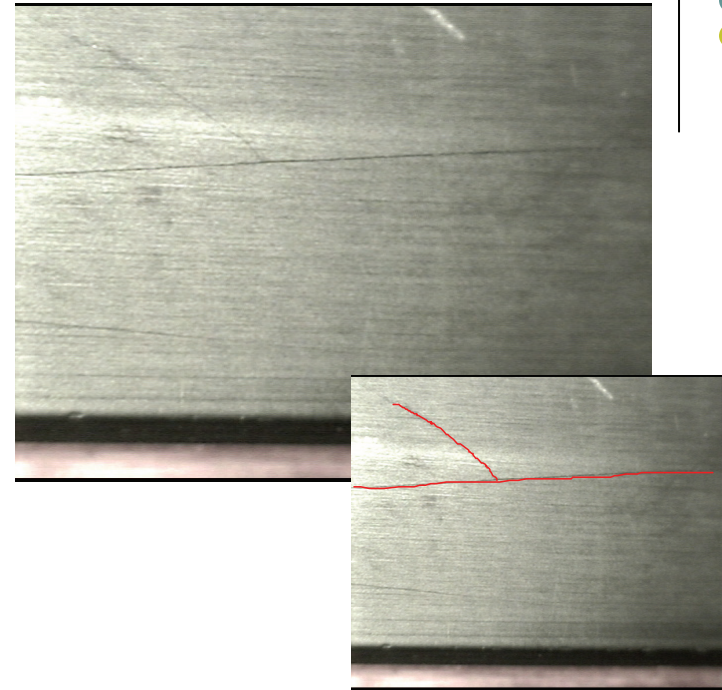
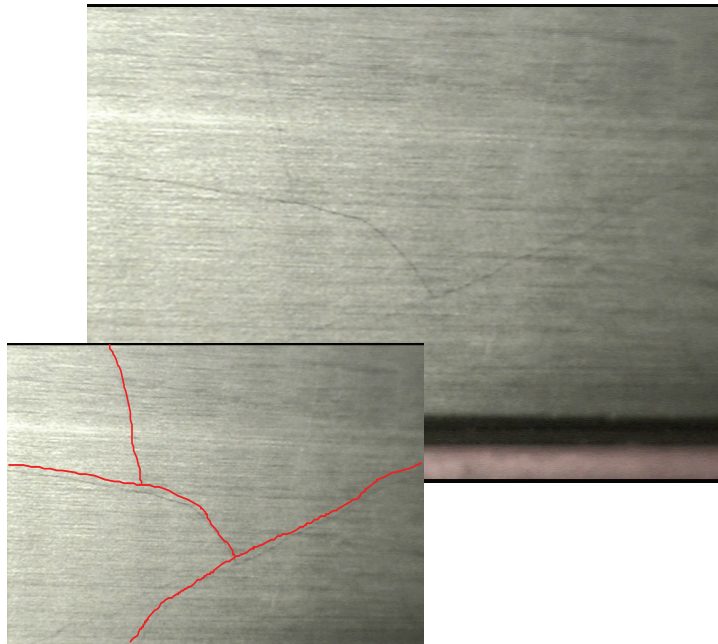
- 温度制御パターン
 - RT → 80K 3日間 (21.6min/K)
 - 80K 保持 1日
 - 80K → RT 3日間
- フェライト表面の観察

フェライト表面観察

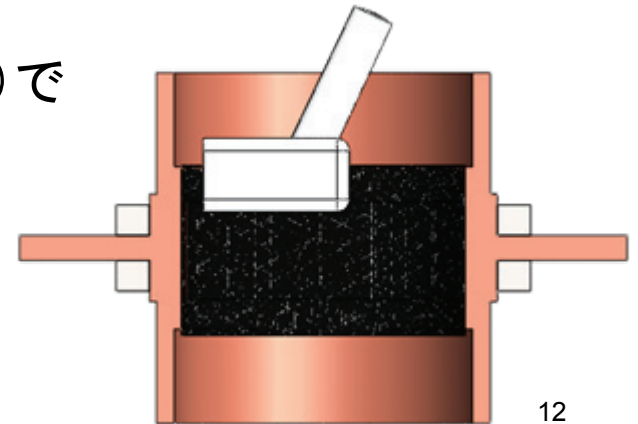


- ターンテーブルを回しながら、皮膚カメラを上下に移動させながらフェライト表面を観察

表面観察の結果



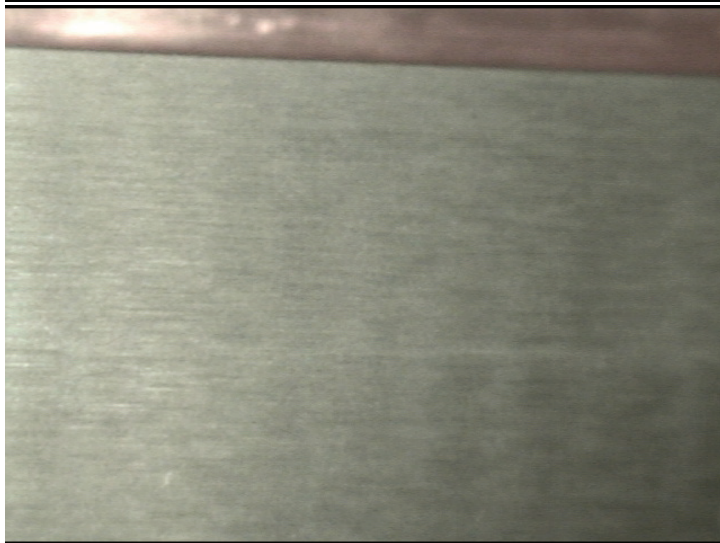
- 特にテーパ部分(厚さ1mmから2mmに変化)でクラックが起きた



冷却前後の比較



49mm
160deg

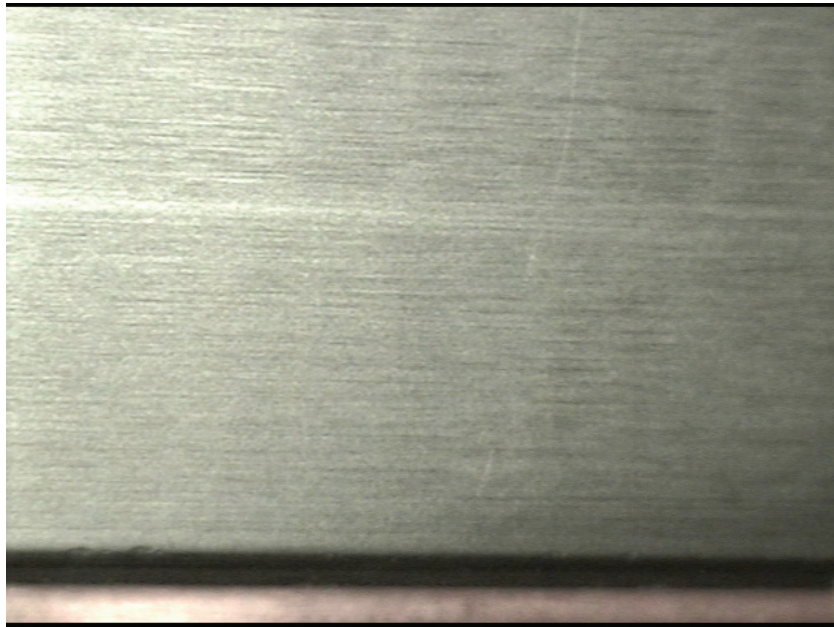


62mm
0deg

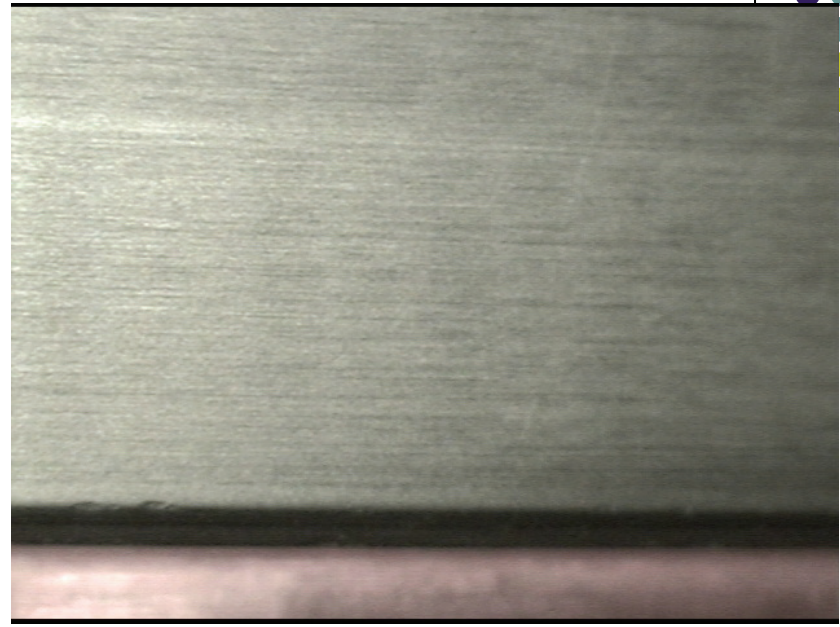
冷却前

1回目冷却後

冷却前後の比較



冷却前



1回目冷却後



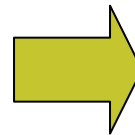
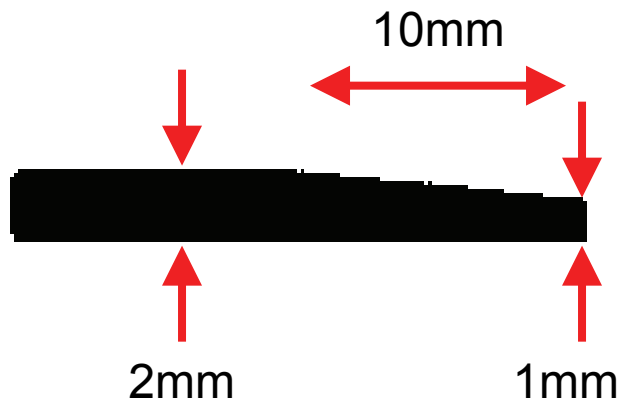
2回目冷却後

0mm 40deg

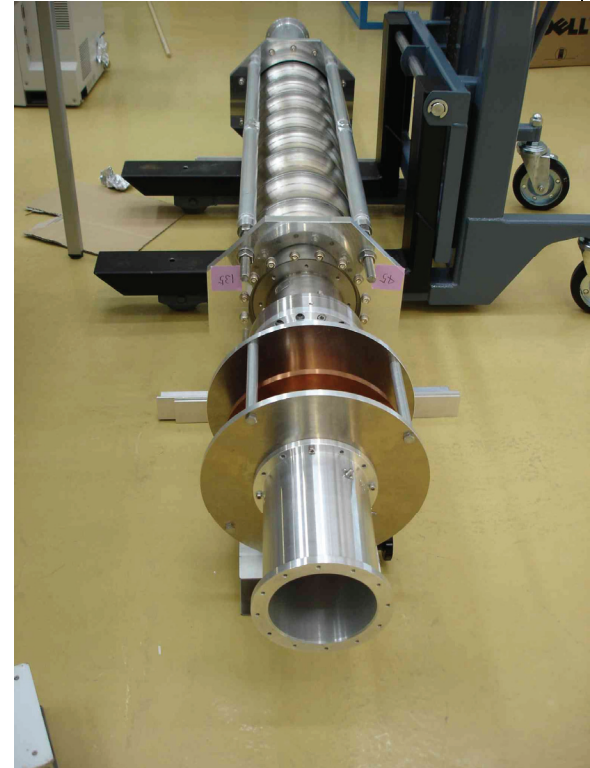
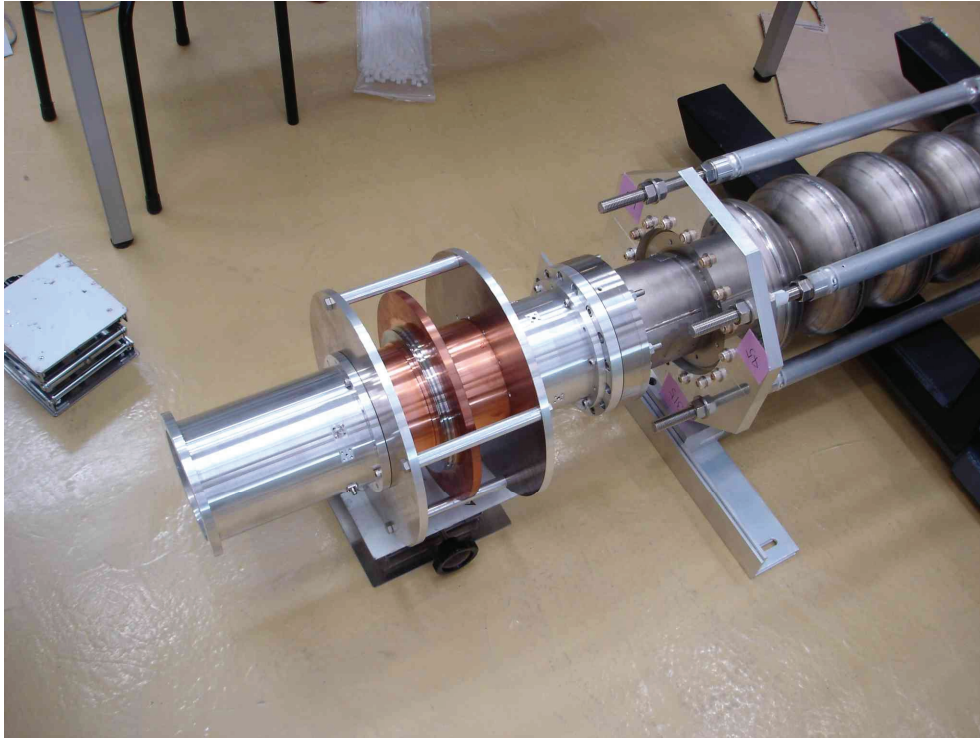


対策

- フェライトの厚さ
 - 2mm → 3mm
- フェライト両端処理
 - テーパ → 角の丸め

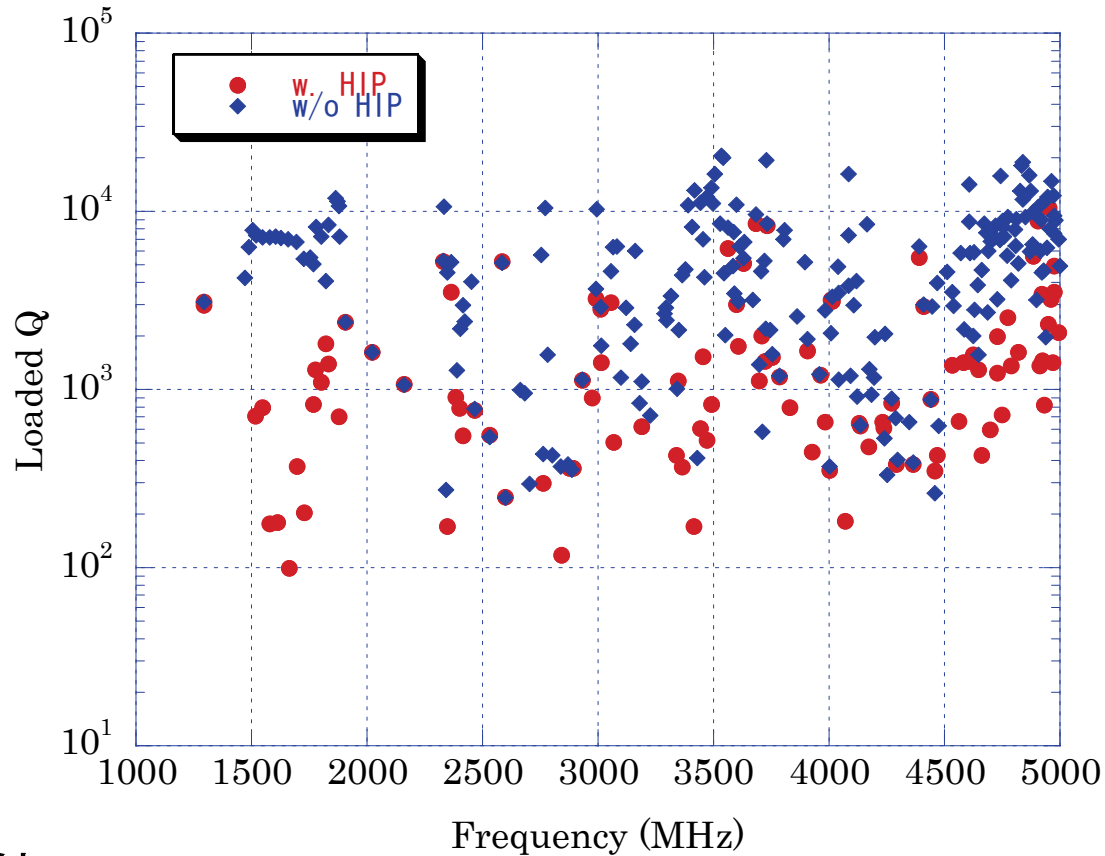


室温でのHIPフェライトのHOM測定



- フェライト付のHOMダンパーモデルを9セル空洞の設計位置に設置
- フェライトの有無による負荷Q値を測定

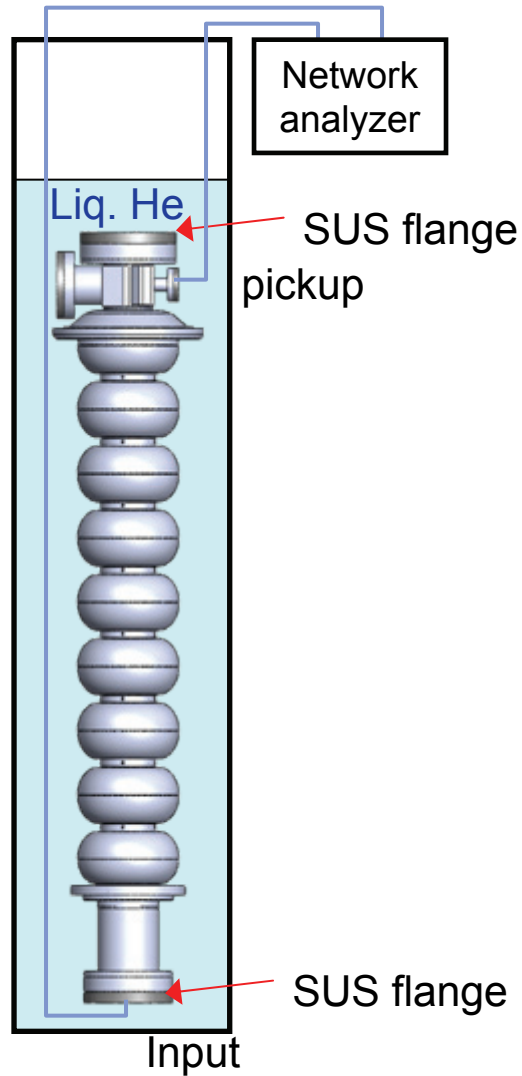
室温での負荷Q値



- HOM Q値

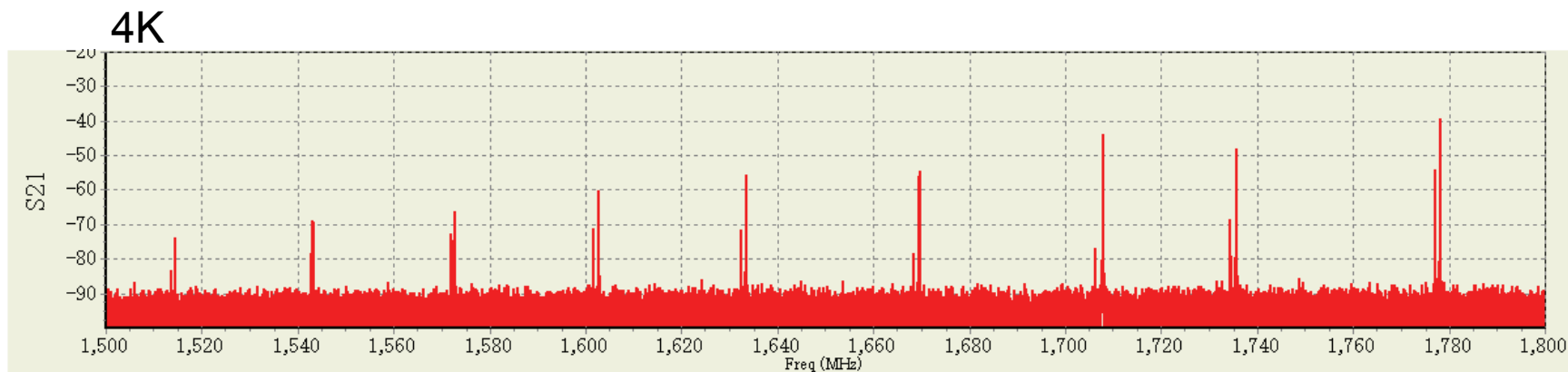
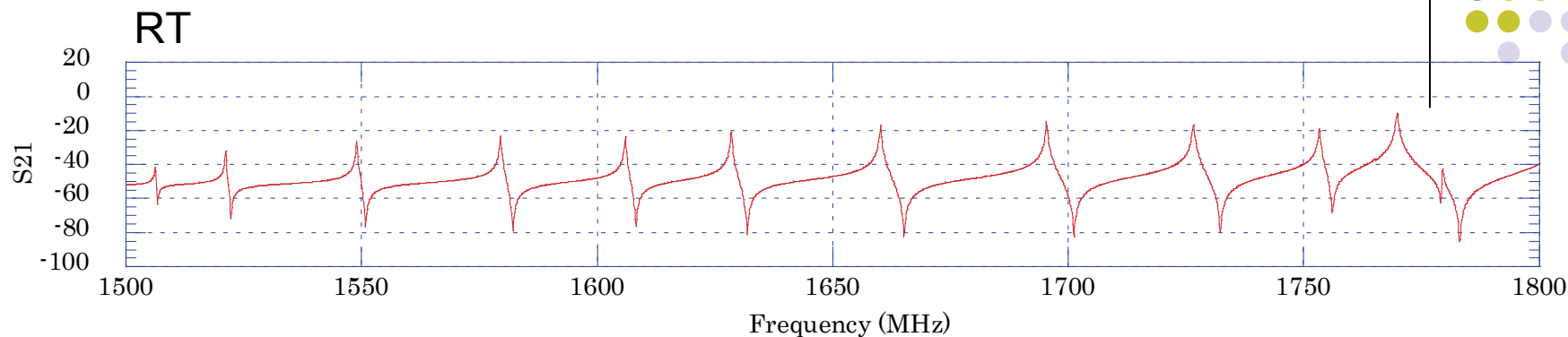
- フェライトなし → 10^4 to 10^3
- フェライトあり → 10^3 to 10^2

空洞縦測定時のHOM測定



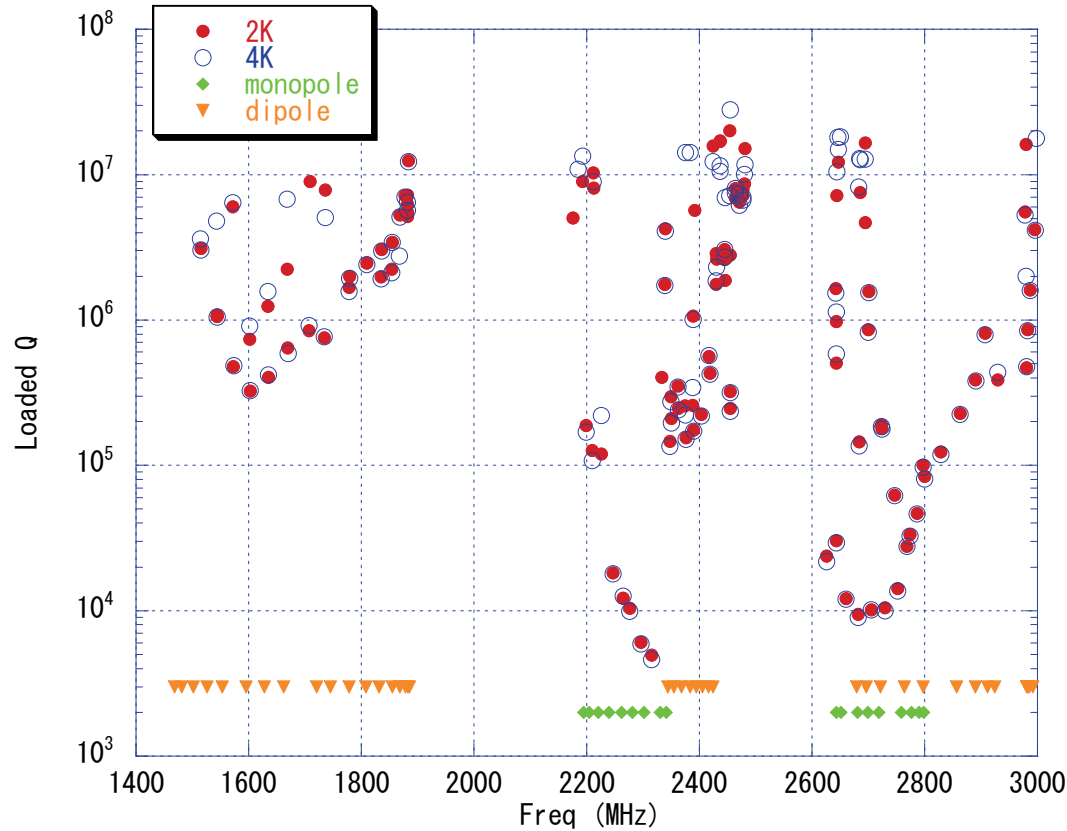
- 縦測定の設定アップ
 - ビームパイプのフランジはSUS
- ビームパイプを伝播したHOMはSUSフランジである程度吸収される
- 縦測定時のHOMをネットワークアナライザで測定可能

室温と4KでのHOMスペクトラム



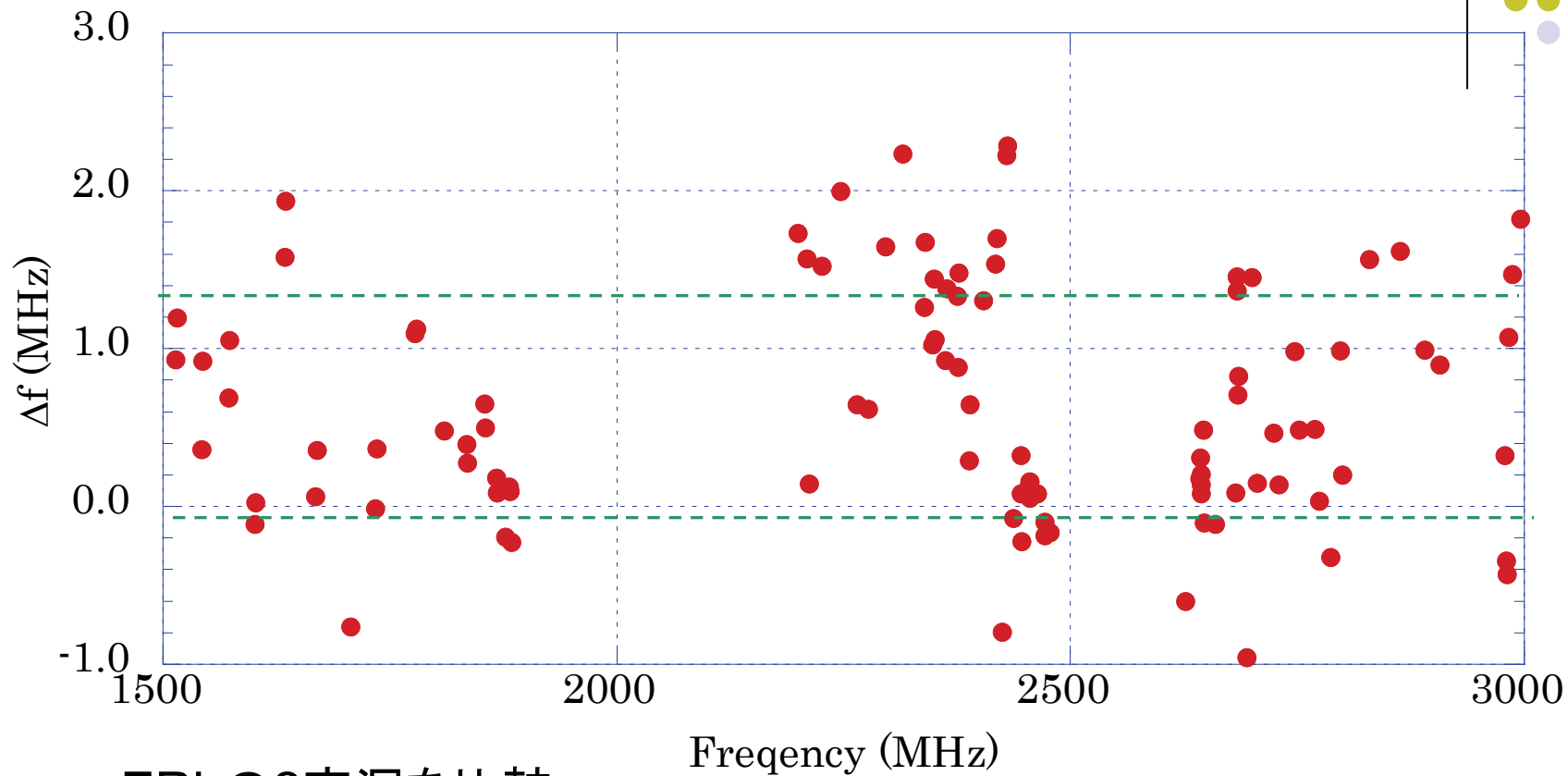
- HOMの周波数は室温と4Kでは違う
- 縮退モードは4Kでは分離している

液体ヘリウム温度でのHOMのQ値



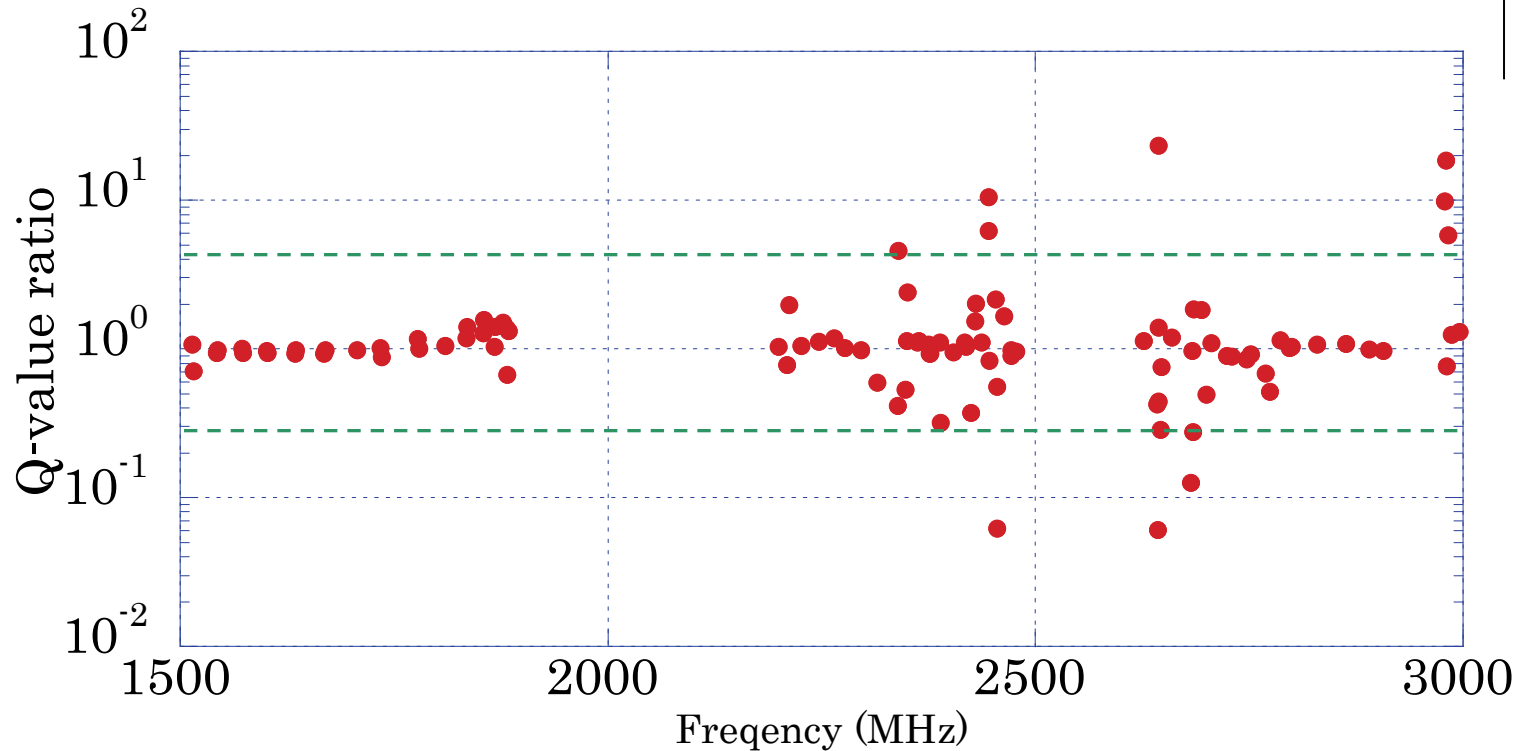
- 負荷Q値は4Kと2Kではほとんど同じ
 - $R_{\text{BCS}}(4\text{K})/R_{\text{BCS}}(2\text{K}) \sim 40$
- 主なパワーロスはSUSフランジ

周波数分散



- cERLの2空洞を比較
- $\Delta f = \pm 0.73$ MHz

Q値分散



- ほとんどのモードは同じQ値
- 比は3.8倍程度
- 10倍以上違うモードもいくつかある

まとめ



- HOMダンパーモデル
 - 櫛歯型RFブリッジは櫛歯が接触すると大きな入熱の原因となる
 - 櫛歯が接触しても伝熱を減らすように櫛歯形状を変更した
- HIPフェライトの冷却試験
 - 特にテーパ部分でひび割れが起こった
 - フェライトの両端はテーパを止めて、丸角に変更した
- 空洞のHOMスペクトラム
 - 周波数分散 $\Delta f = \pm 0.73\text{MHz}$
 - Q値の分散は大体3.8倍以内だが、10倍以上のモードもいくつかある
 - 周波数分散はしきい値電流を上げる方向だが、Q値の分散はしきい値電流を増減する可能性がある



今後の予定

- これまでHIP、フェライト研磨終了
 - 今週 櫛歯加工
 - 2/27 KEKで超純水洗浄
 - 3月中旬 ベローズ溶接、検査
 - 3月下旬 納品予定
-
- ビームパイプ部品と共に真空引き保管