

# STFクライオスタート 開発の現状

July 28, 2005

土屋

## 1) クライオスタットの目的

- 35MV/m, 45MV/m Cavityを2Kに冷却し、大電力試験、ビーム試験を可能とする。
- クライオスタット製作の経験を積み、高性能、低価格 ILCクライオスタットの開発項目を明らかにする。

## 2) 開発の進め方

- STFクライオの設計                      TESLA designを出発点
- STFクライオ関連の開発・検討項目
  - (1) 低温流体の立場からTESLAの design を検討  
超流動ヘリウムの熱伝達、圧力損失、温度分布
  - (2) 部品開発  
SUS-Ti 継ぎ手
  - (3) 磁気シールド  
残留磁場の検討と素材の磁気特性
  - (4) クライオ用低コスト真空排気装置
  - (5) 低コストQ magnet

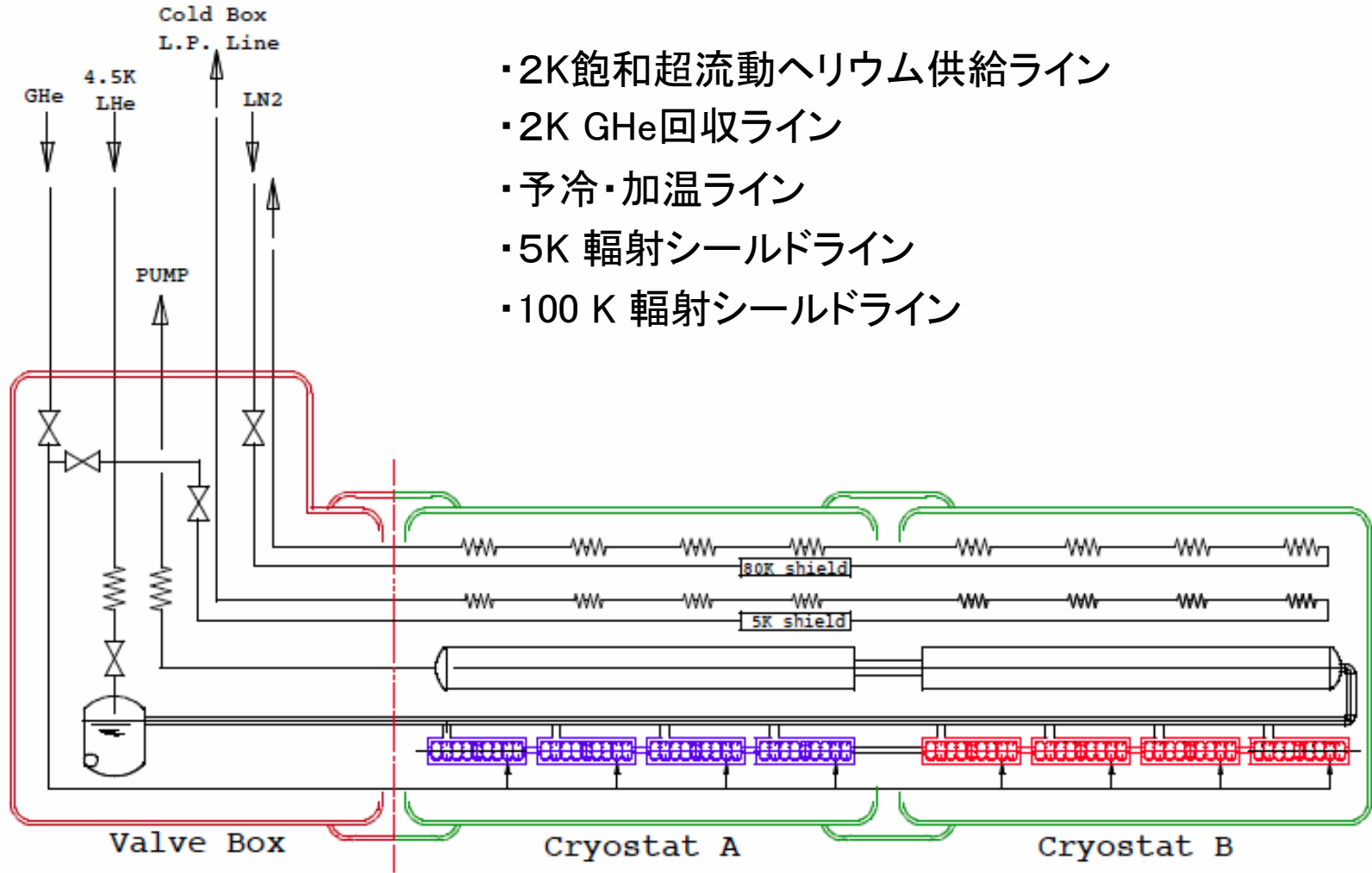
### 3) クライオスタート開発の現在のメンバー

- クライオスタート 寺島、大内、岡村  
図面、製作検討などクライオ全般  
継ぎ手開発
- 低温関連 大内、岡村  
超流動ヘリウム冷却の理解、圧損などの計算  
熱負荷などの計測と性能評価
- 磁場関連 増澤  
磁気シールド材  
磁場計算と磁場測定
- 真空関連 久松  
真空排気セットと残留ガス分析



# クライオスタットの設計

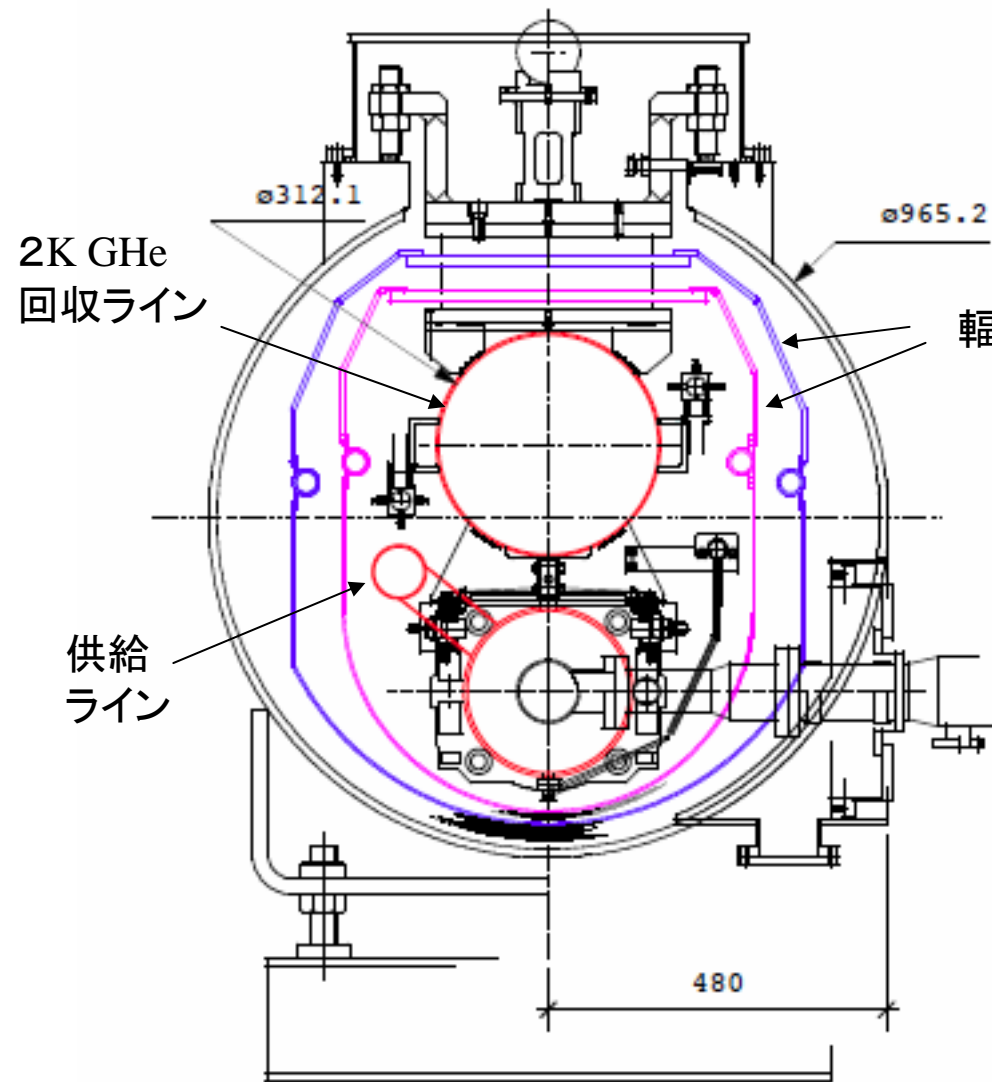
## 冷却フロー



- ・2K飽和超流動ヘリウム供給ライン
- ・2K GHe回収ライン
- ・予冷・加温ライン
- ・5K 輻射シールドライン
- ・100 K 輻射シールドライン

# クライオスタットの断面

35MV/m空胴部

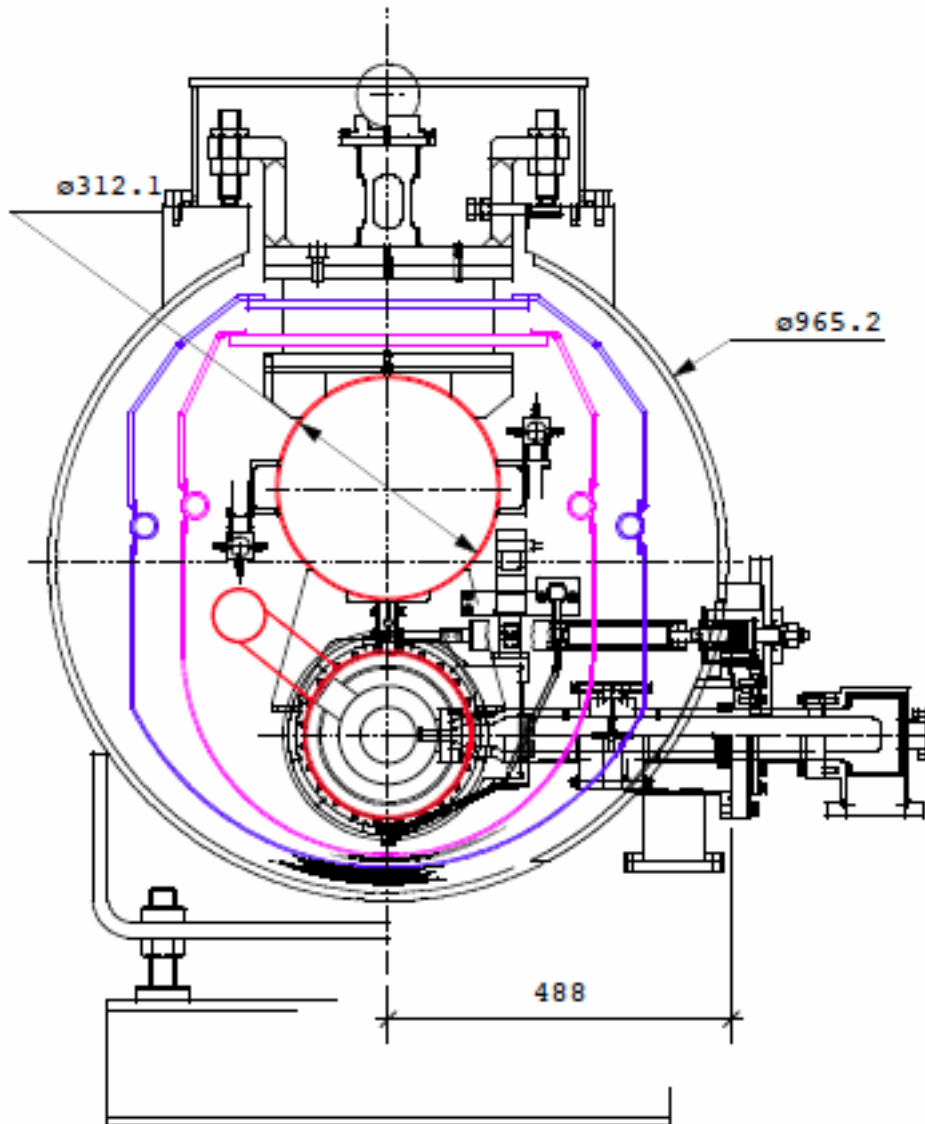


真空容器外径: TESLAと同じ

空胴支持: TESLAと少し異なる  
真空容器-カップラー間の  
クリアランスが狭い(~10 mm)

# クライオスタットの断面

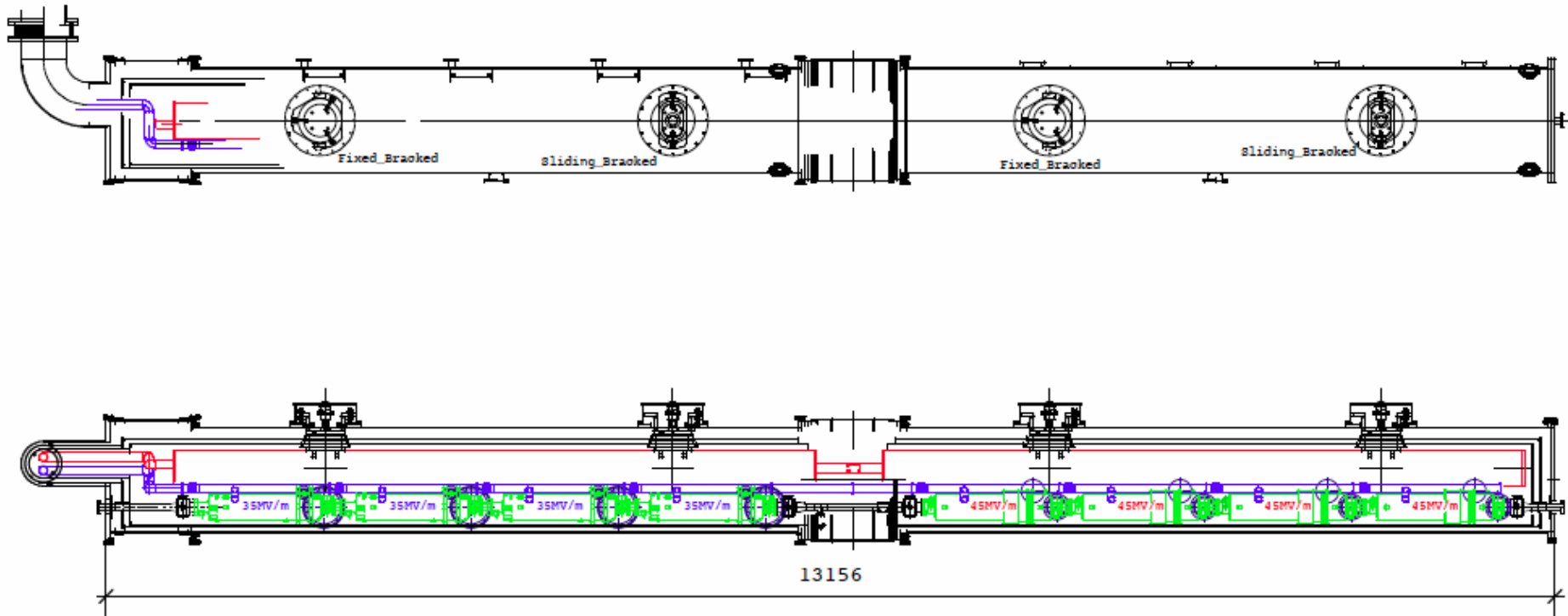
45MV/m空胴部



空胴支持: TESLAと同じ  
真空容器-カップラー間の  
クリアランスが狭い(~10 mm)

# 全体組み立て図

重量：~5.6 ton



2K GHe回収配管は両クライオで同一長さ。5830 mm

真空容器は長さが異なる。5545 mm, 5907 mm

熱収縮への対応：最上流空洞ジャケットの下流側支持部を固定、

他の支持部はフリー

Coupler間隔は invar rod で保つ。



## 熱収縮(1)

### 冷却配管の収縮( SUS -0.265%)

V.Box側 配管先端	—	GHe配管 上流端	—	固定 support	—	slide support	—	GHe配管 下流端
2571mm		1376		0		-3153		-4454
$\Delta L$ -6.8 mm		-3.7		0		-8.4		-11.8

### 輻射シールドの収縮 ( Al -0.33% @ 80K, -0.368% @ 5K)

shield先端	—	固定 support	—	slide support	—	shield 端	
1858mm		0		-3153		-4454	
$\Delta L$ -6.1 mm		0		-10.4		-14.7	( 80 K shield)
$\Delta L$ -6.8 mm		0		-11.6		-16.4	( 5K shield)

## 熱収縮(2)

Support post( L=140 mm)の収縮(上下方向)

$$\Delta L = 0.47 \text{ mm} \quad ( 140 \times 0.00338 ) \quad (300-4K)$$

Cavity(Nb) (L=1260 mm)の収縮

$$\Delta L = 1.63 \text{ mm} \quad ( 1260 \times 0.00129 ) \quad (300-4K)$$

Ti ジャケット (L=1260 mm)の収縮

$$\Delta L = 1.69 \text{ mm} \quad ( 1260 \times 0.00134 ) \quad (300-4K)$$

SUS ジャケット (L=1260 mm)の収縮

$$\Delta L = 3.34 \text{ mm} \quad ( 1260 \times 0.00265 ) \quad (300-4K)$$

Invar ロッド (L=5000 mm)の収縮

$$\Delta L = 1.7 \text{ mm} \quad ( 5000 \times 0.00034 ) \quad (300-20K)$$

## クライオスタート仕様のキーポイント

- ・配管接続は出来るだけ自動溶接

- ・空洞支持金具の加工精度  $\pm 30 \mu\text{m}$

- ・空洞アラインメント機構  $50 \mu\text{m}$  程度

- ・材質

真空容器

鉄(構造材)

低温配管

SUS304L or 316L

(35MV/m空洞のジャケットのみ Ti)

輻射シールド

Al 1050

- ・真空シール材

O-リング(常温部)

- ・スーパーインシュレーション

マイラー(放射線は考慮しない)

- ・高圧ガス保安法(一般則)対応

特認申請はしない。

出来るだけ法に準拠する(一部はスキップすることもあり)

## 現時点における検討項目

- ・サポートポスト 6個 入手時期
- ・2Kヘリウム供給配管 SUS-Ti継ぎ手開発
- ・カップラー、チューナーのサイズ
- ・熱負荷
  - クライオ自身のものは OK
  - 空胴 ?
  - 入力カップラー ?
  - HOM ?
  - チューナー ?
- ・アラインメントモニター(クライオの範囲外) 具体的イメージ不足  
(現在、2 or 3本のワイヤーが張れるようにしてある)

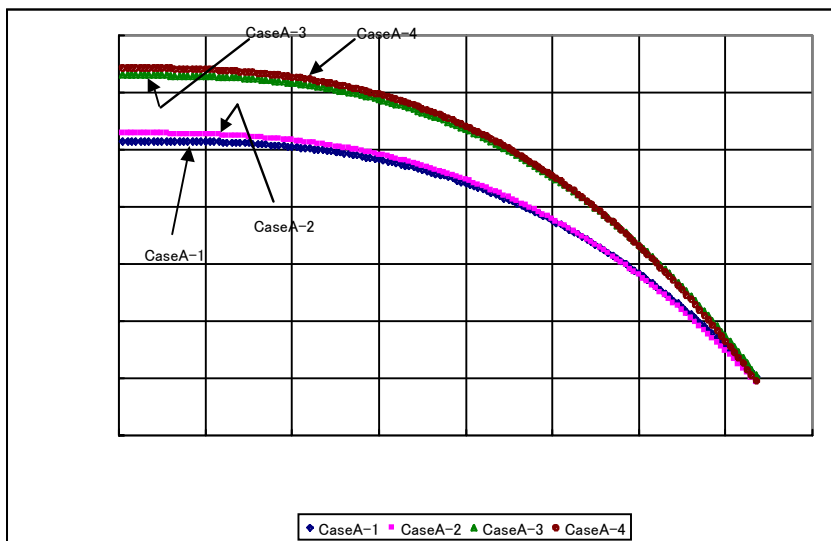


## 4-2) 低温流体的検討

### ・GHe回収配管のサイズ検討

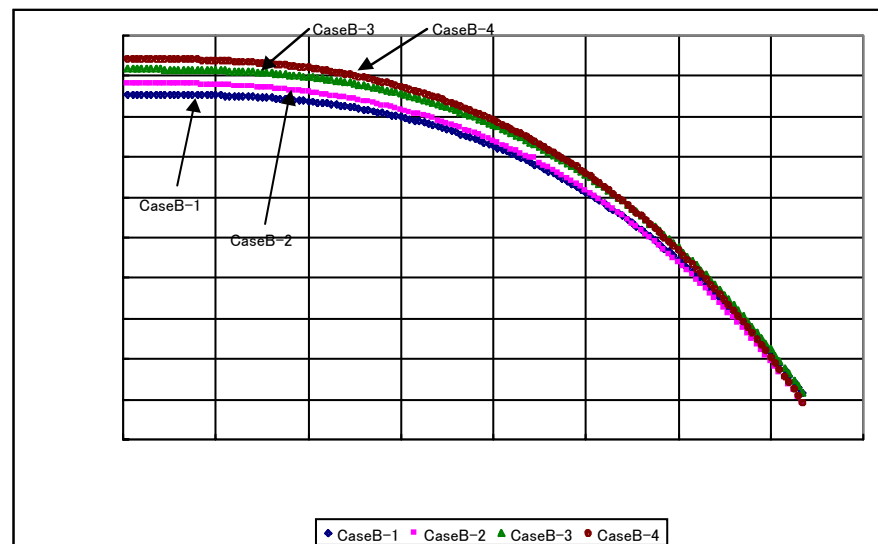
ILCの1冷却長(2.5 km)における圧損、温度分布の検討

単純化したモデル(サポートの熱侵入、枝管の合流損失は考慮)



case 4 クライオモジュール熱負荷  
10 W/モジュール

冷却長両端の温度差: 3 mK  
(25 Pa)



case 4 クライオモジュール熱負荷  
30 W/モジュール

冷却長両端の温度差: 17 mK  
(158 Pa)

配管径 ~300φ は十分なマージンを持つ

・超流動ヘリウム供給配管—Heジャケット接続管径の検討  
超流動ヘリウムの熱輸送

ヘリウム供給管

接続管直径=60 mm

空洞部長さ=1000 mm

発熱部—クライオスタット壁間距離=6 mm

クライオスタット

ヘリウム接続管

空洞発熱部

実機で想定される発熱量

7.1/4 W

計算で与えた発熱量

30.0/4 W

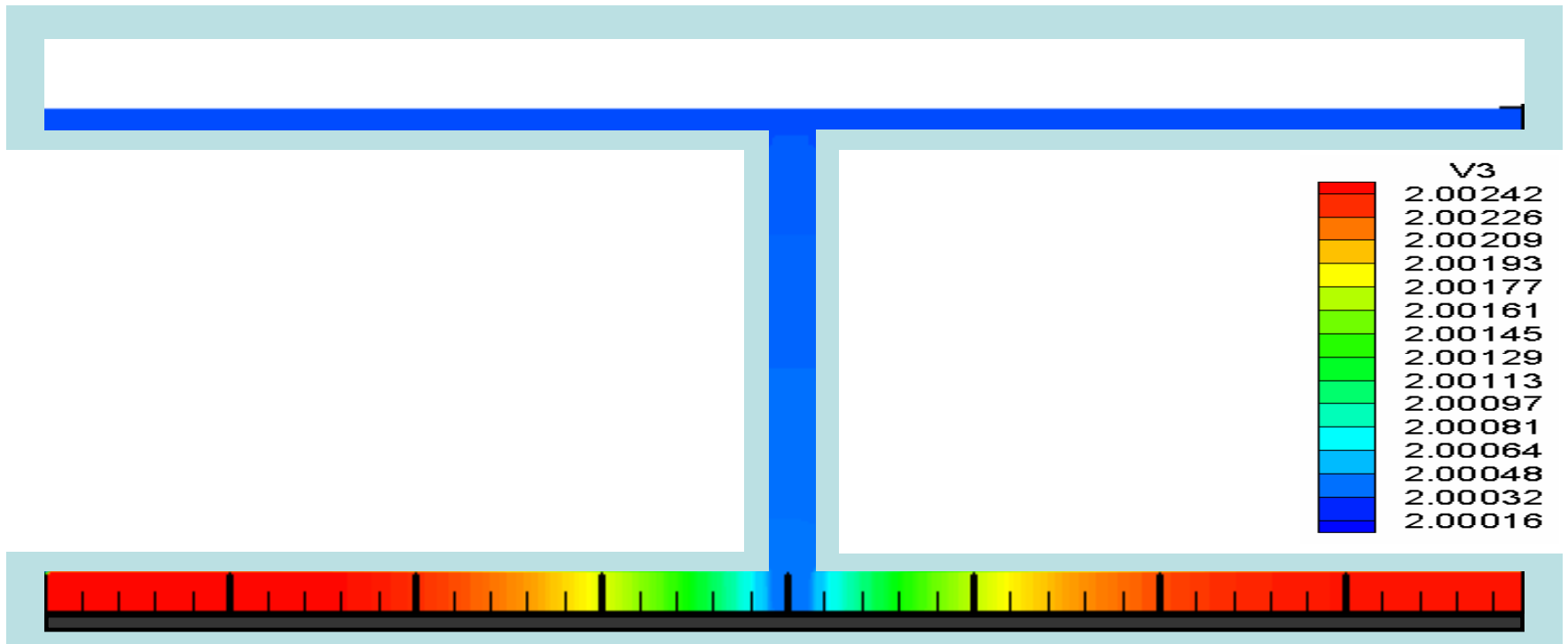
解析方法;2流体基礎式、差分法

計算目的、確認事項

1. 定常状態での流体温度の計算;
2. 最高温度 < Lambda温度となるか

## 4.6秒後の温度分布

<注> 厚さ方向に拡大した分布となっている



現モデルでは 配管径は 60 mm でも十分

今後、発熱部ークライオスタット壁間距離が狭まった場合を検討



## 4-3) SUS-Ti 継ぎ手の開発

- ・HIP (Hot Isostatic Pressing)による接合

問題: Ti 中への Fe, Cr, Ni の拡散---> 低温強度の低下

インサート材を使用したサンプル製作を開始

---> 引張試験(常温、低温)

シャルピー試験(常温、低温)

ヘリウムリーク試験 (@ 2K)

- ・摩擦圧接による接合

問題: Ti 中への Fe, Cr, Ni の拡散はHIP より少ない

---> 絶対的な接合強度の確認 必要

試験片の製作可能性を打診中

## 4-4) 磁気シールドの検討

- ・真空容器内の残留磁場

  - 微弱磁場測定法の検討調査

  - 残留磁場の計算

  - クライオスタット製作過程で生じる磁化

- ・シールド材の磁気特性の測定 --- 基礎データ

  - 磁気特性の温度依存性

    - 機械加工の影響

    - 熱の影響

## 4-5) 低温計測、性能評価の検討

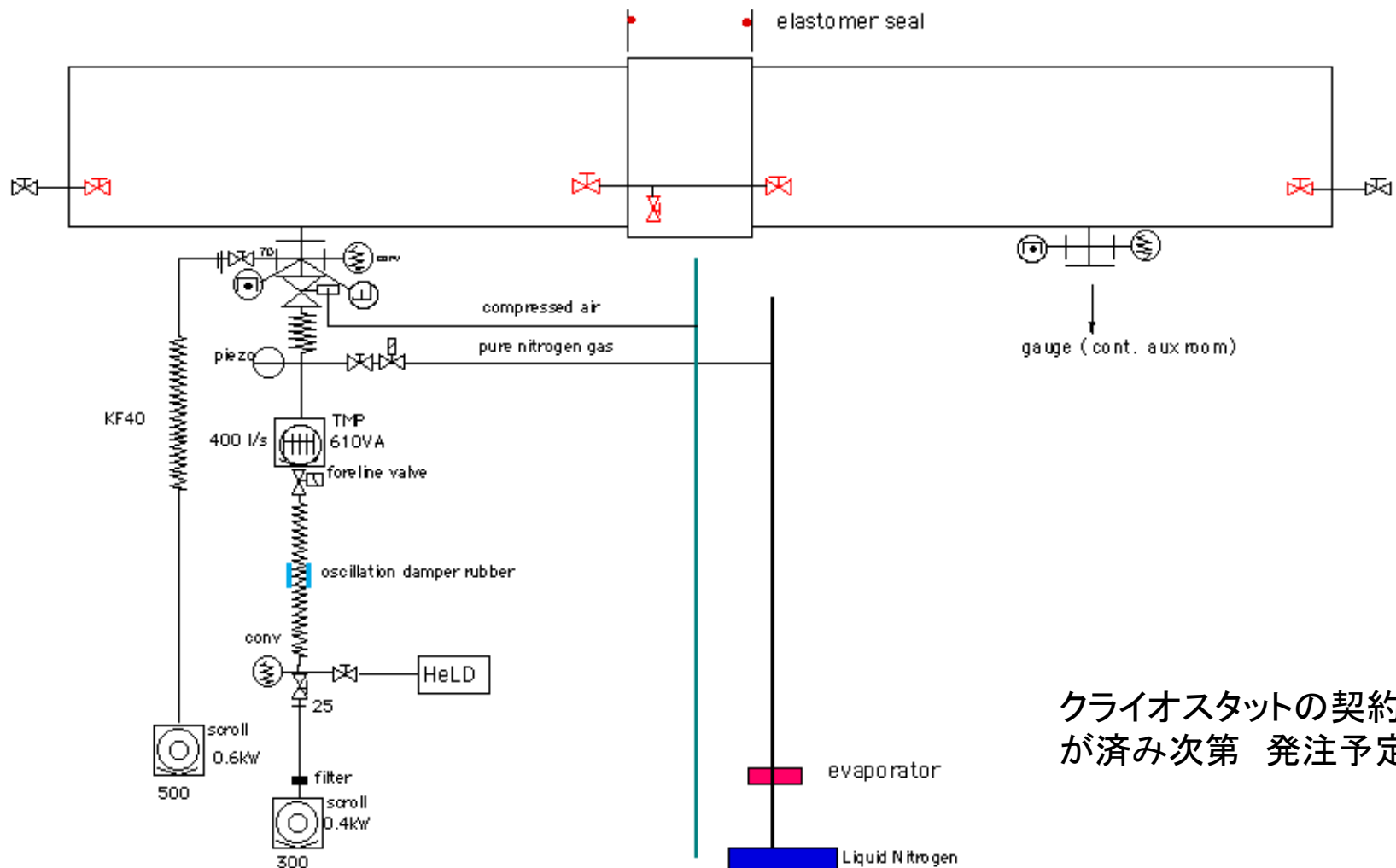
- ・極低温 温度計の選定  
Cernox, CGR, TVO

- ・ヘリウム液面計の振る舞い（超流動転移付近）

- ・クライオスタットの性能評価

入力カップラーの侵入熱をどのように評価するか。  
カップラーを外した冷却試験？

## 4-6) 真空排気システム



クライオスタットの契約  
が済み次第 発注予定

## 4-7) Q-magnetの検討 (preliminary)

TESLA designの問題点: 飽和超流動ヘリウムジャケット内に置いている

- ・電流リード部に電流導入セラミック端子が必要
- ・組み立てが煩雑

検討事項:

- ・伝導冷却マグネットの可能性  
冷却温度、クエンチ後の再冷却時間