

# 横型クライオスタット 2K冷却試験

2015/9/29

ERL検討会

梅森 健成

## 横型クライオスタットの開発状況

AR東第2実験棟に、STF-9cell, ERL-9cell, ERL-2cell, その他超伝導空洞をターゲットとした横型クライオスタットを建設し、冷却試験ならびに大電力試験が行えるように整備する。



### 目的① モジュールアセンブリ技術の確立

大電力試験を行い、アセンブリ時の各工程でのゴミ混入のリスク評価を行う。⇒ 性能劣化の原因となり得る工程に対し、治具の改良、作業の見直し等の対策を行う。

### 目的② モジュール要素開発の効率化

冷却試験により、クライオモジュールの各要素開発を効率よく進める。数ヶ月サイクルでの要素開発ならびに試験が可能になると期待される。

[例] 周波数チューナー、HOM damper、入力カップラー、磁気シールド、コネクタ、ケーブル等

### 目的③ モジュール組込前の最終試験

モジュール組込前の空洞に対し、HOM damper、入力カップラー等、フル装備の状態での大電力試験を行い、空洞性能の最終確認を行う。

### 2013～2014年度

- ・2013年度、設計・入札
- ・コンクリートシールド設置
- ・2014年9月下旬にAR東第2実験棟へ納品
- ・コンクリートシールド内への据え付け作業を完了した。

### 2014～2015年度

- ・He配管、窒素配管、制御・測定系を整備
- ・ジャケット付きSTF空洞にてまずは冷却試験
- ・更に改良を加えるとともに、大電力試験に向けて整備を進めて行く。

## 前回の報告(2014/5月)以降の作業状況

- 2014年9月 AR東第2実験棟に納品
- He配管、窒素配管、制御系、測定系などの整備
- 2015年4月 液体窒素にて80Kまでの冷却試験
- He配管、制御系、測定系などを引き続き整備
- 2015年7月 液体ヘリウムにて2Kまでの冷却試験

以下のメンバーの協力のもと、横型クライオスタットの開発を進めている。

梅森健成、加古永治、小林幸則、近藤良也、阪井寛志、  
仲井浩孝、原和文、山口誠也

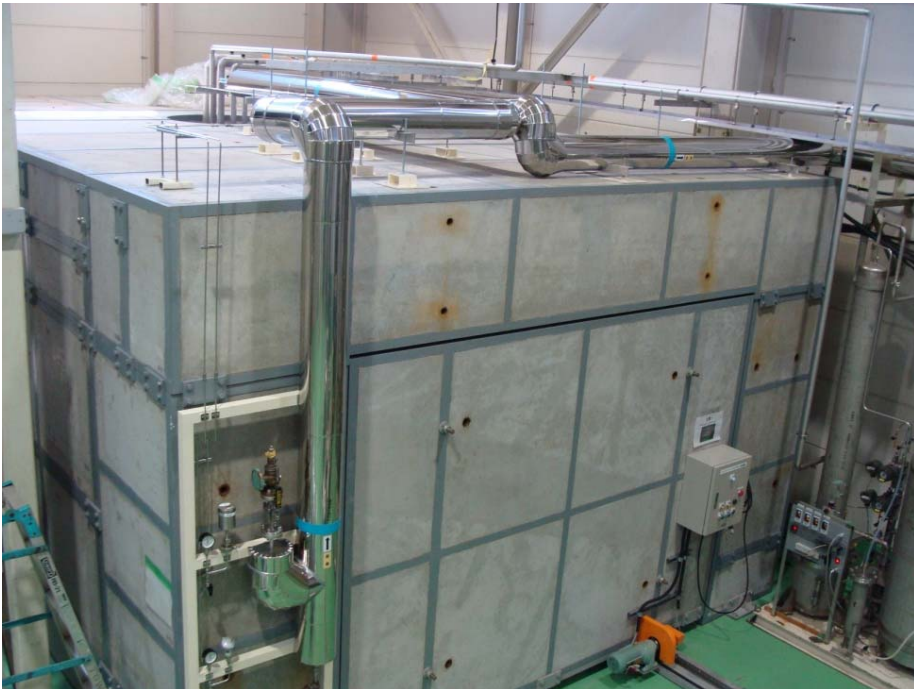


# 納品・据え付け作業 の様子



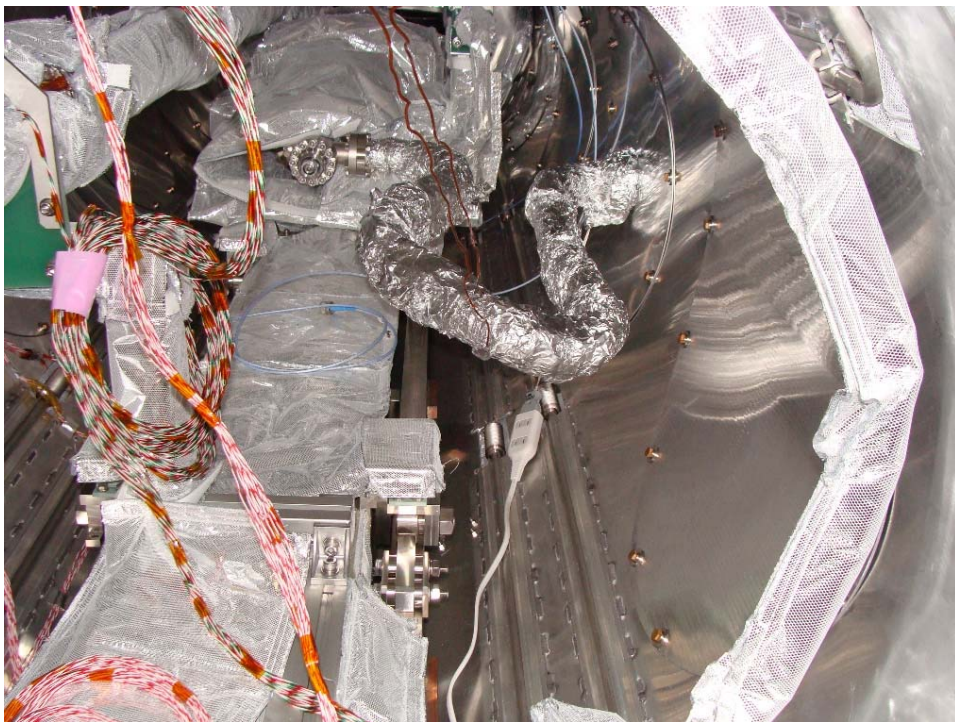


# 配管設置工事





# 空洞接続作業



# 2K冷却試験

今回は、ジャケット付きSTF 9-cell空洞を用いて冷却試験を行った。

7/6(月), 7(火): 液体窒素にて予冷

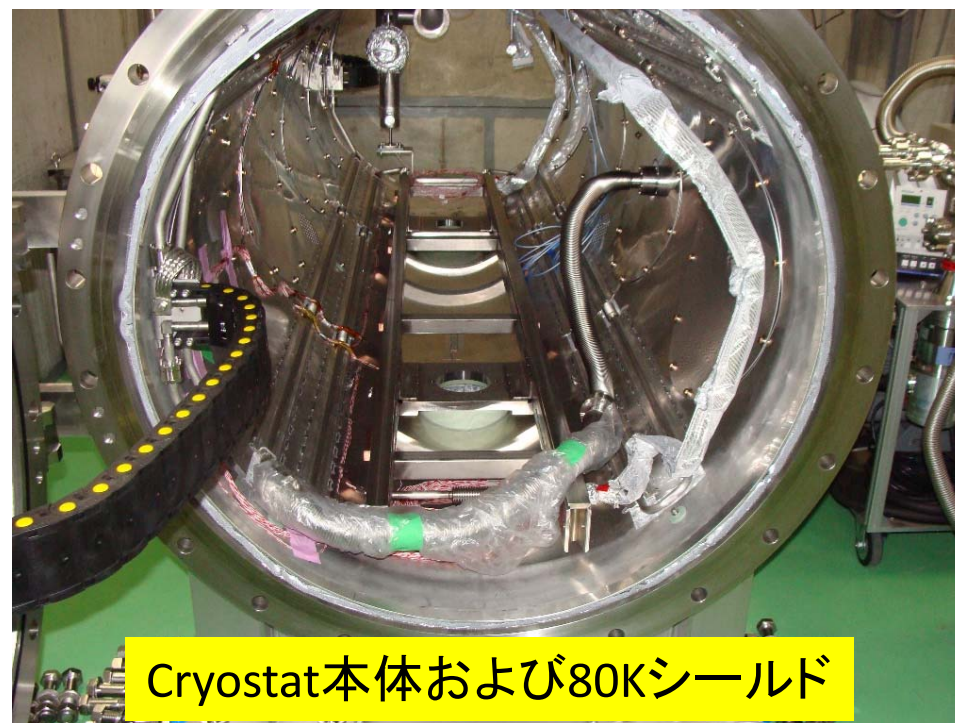
7/8(水): 液体Heにて4K液貯め

7/9(木): Thermal oscillation対策

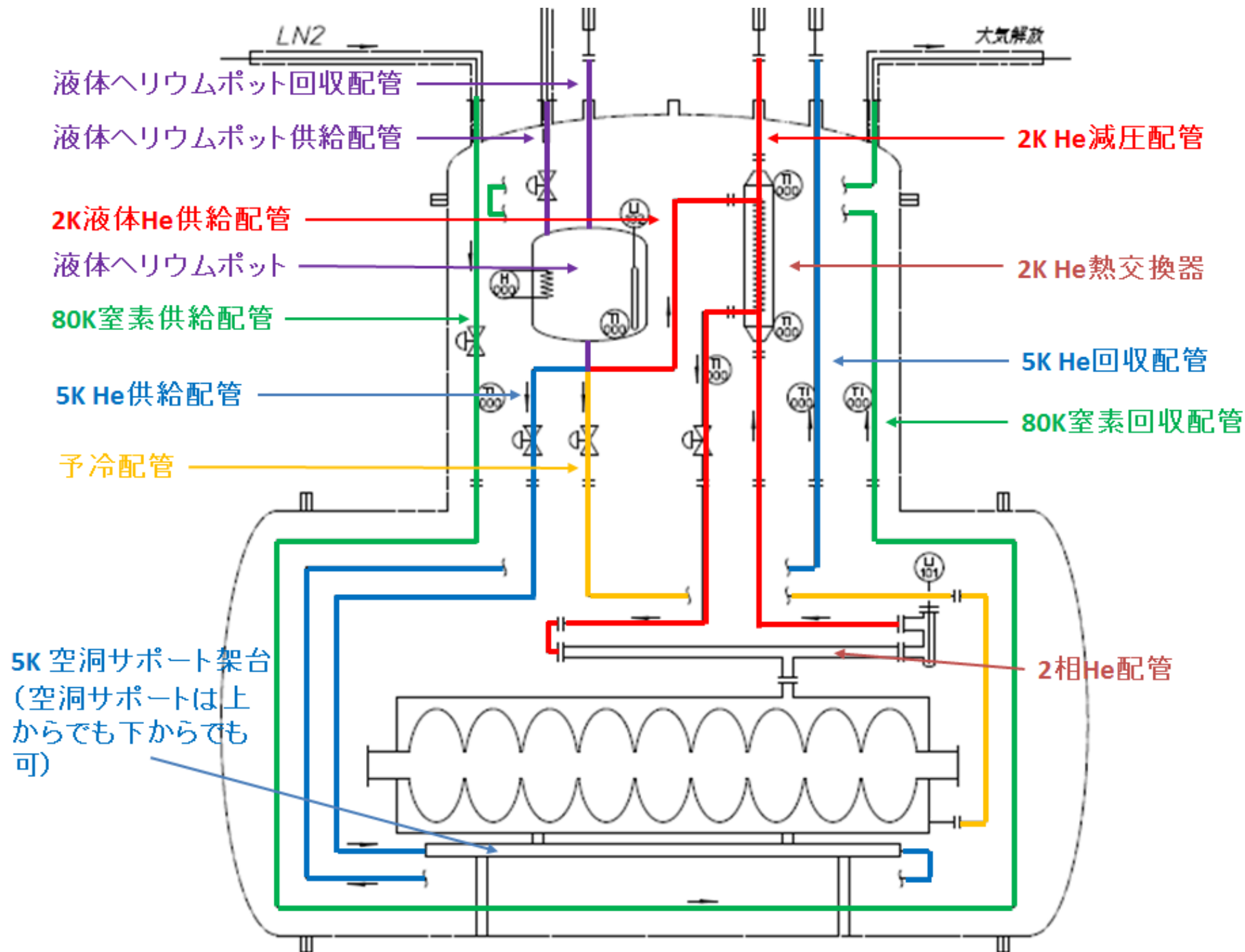
減圧して2Kに到達



# 横型クライオスタット各部







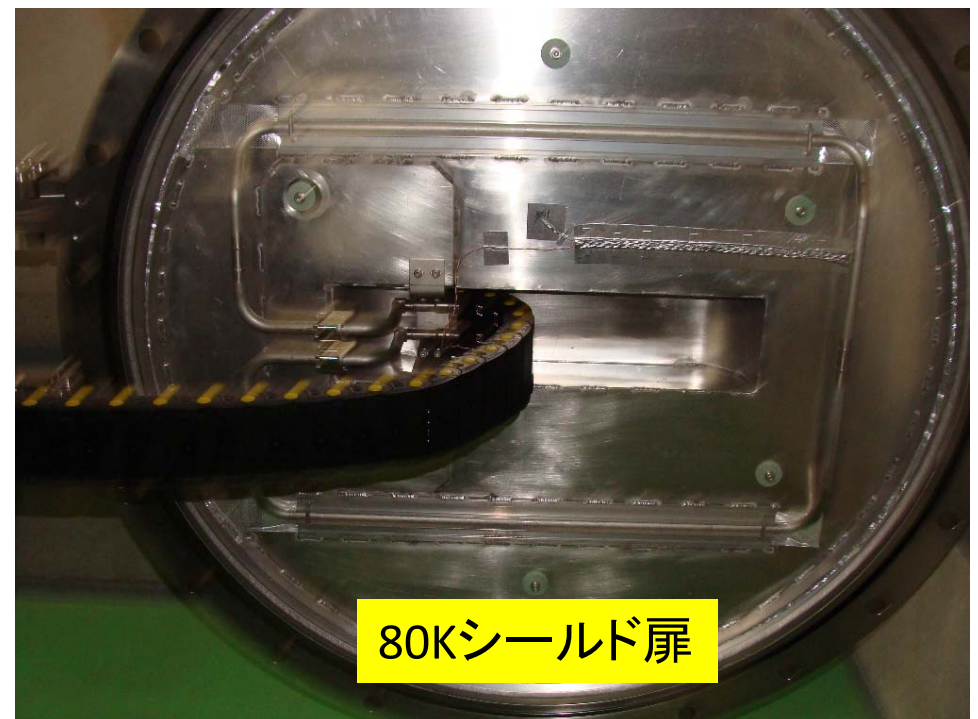
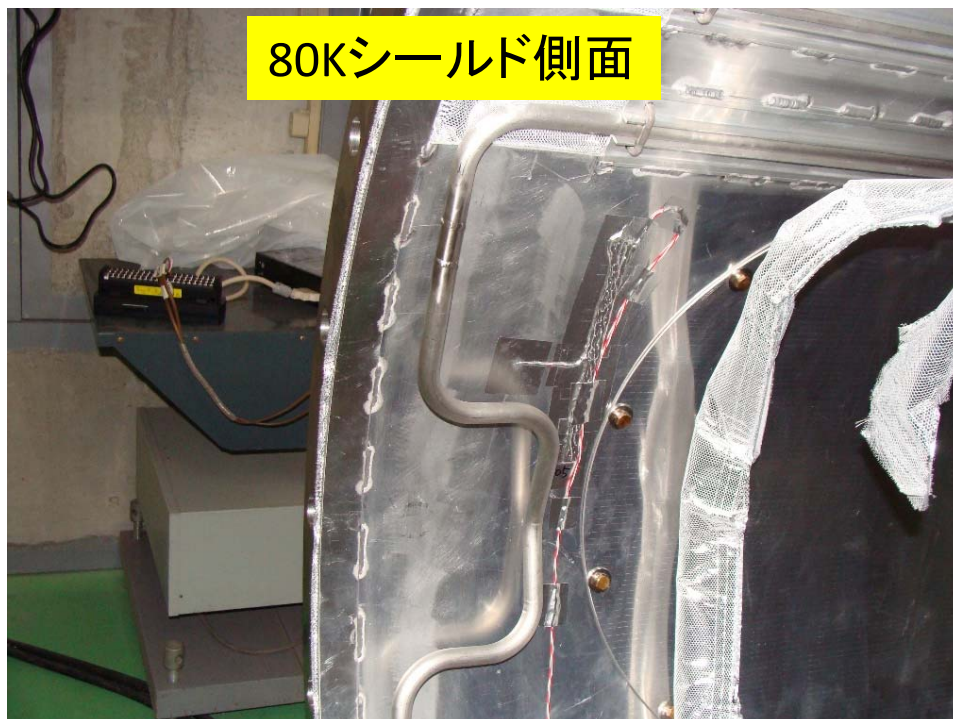
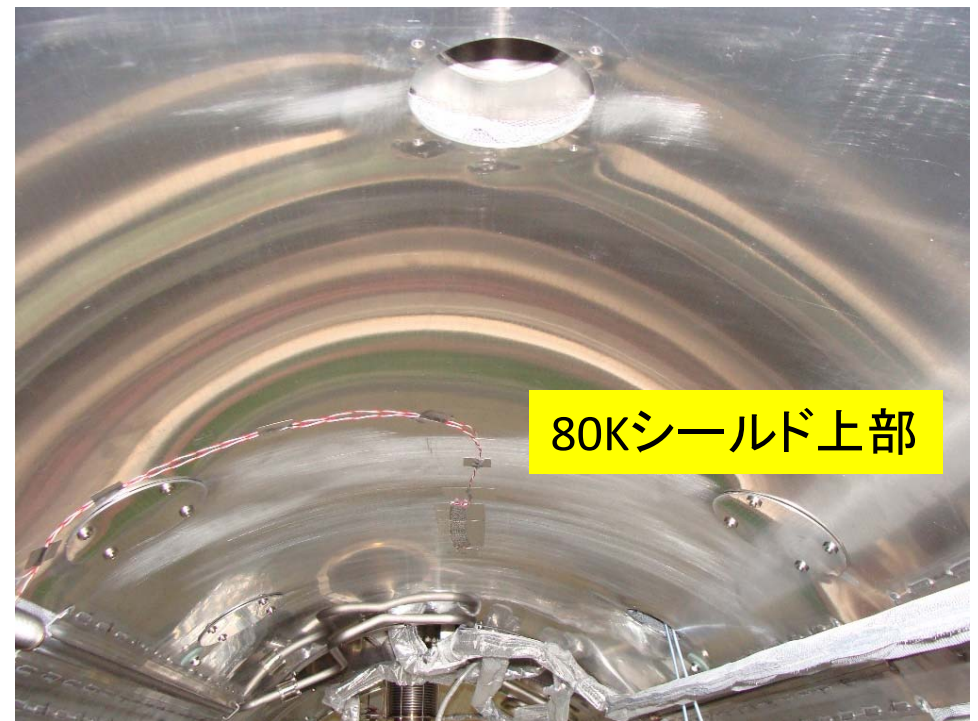
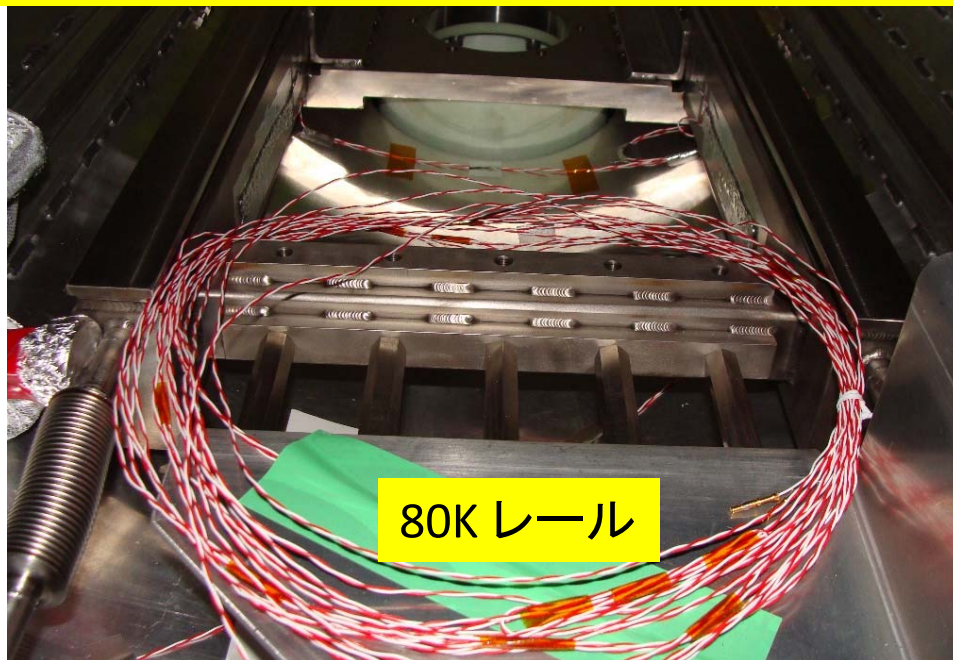
**横型クライオスタット概要図**





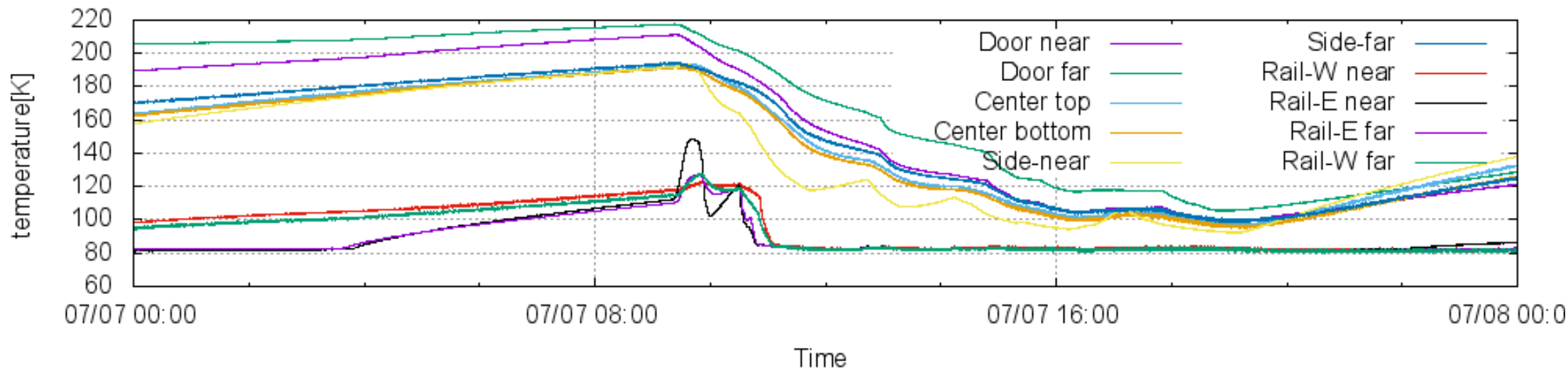
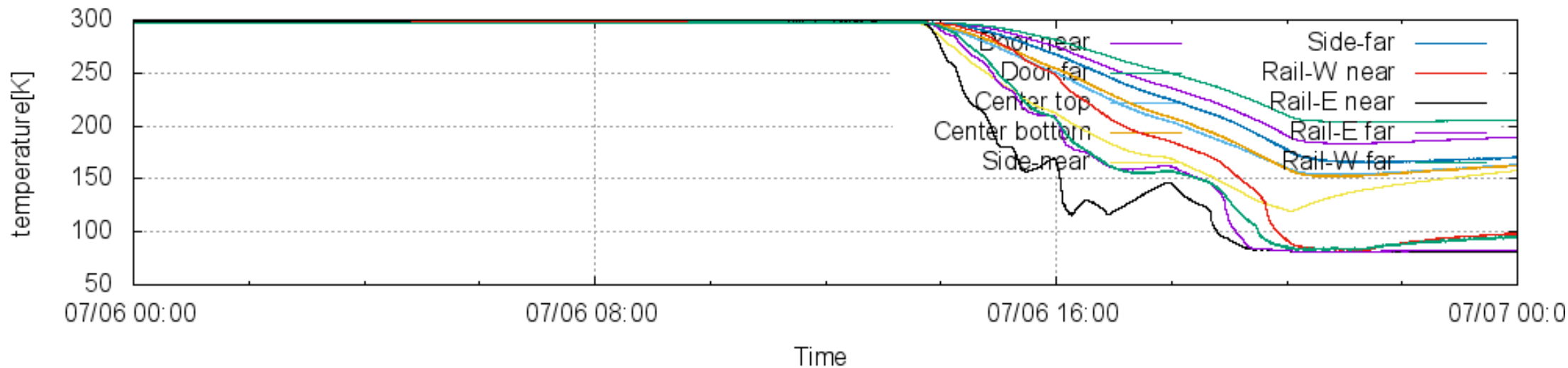
液体窒素による予冷

# 80K lineの温度センサー



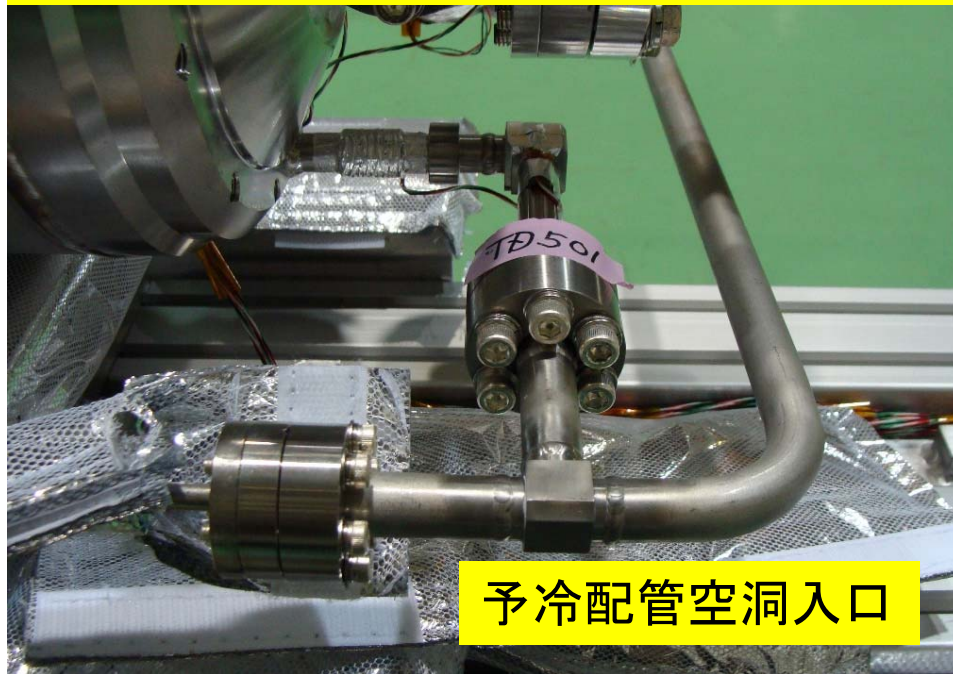


# 80Kラインの冷却(7/6,7)



80Kライン順調に冷却される

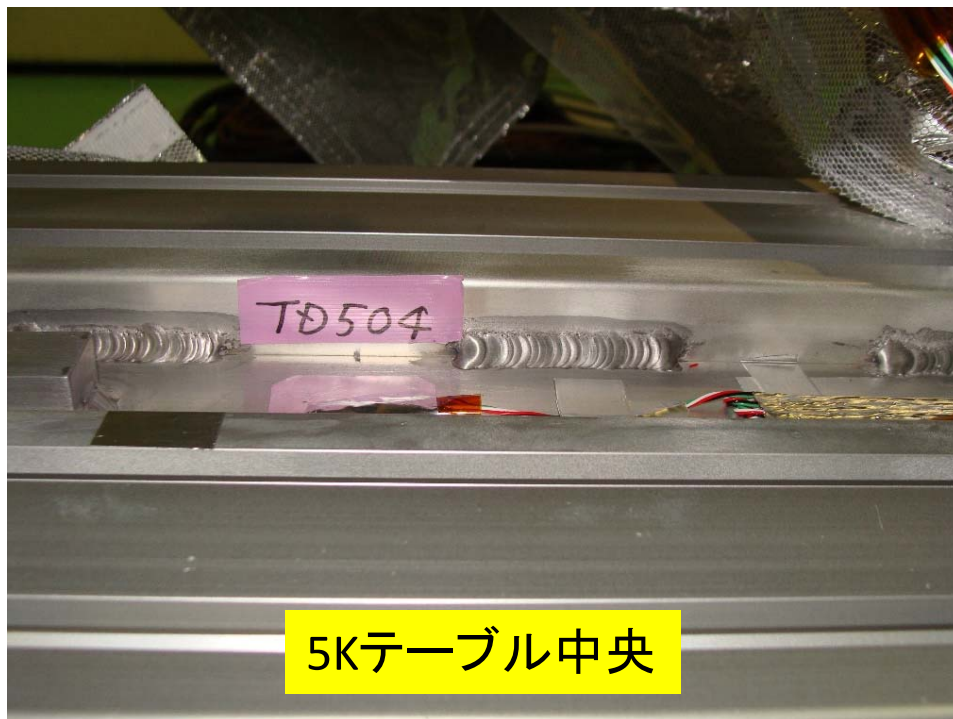
# 5K lineの温度センサー



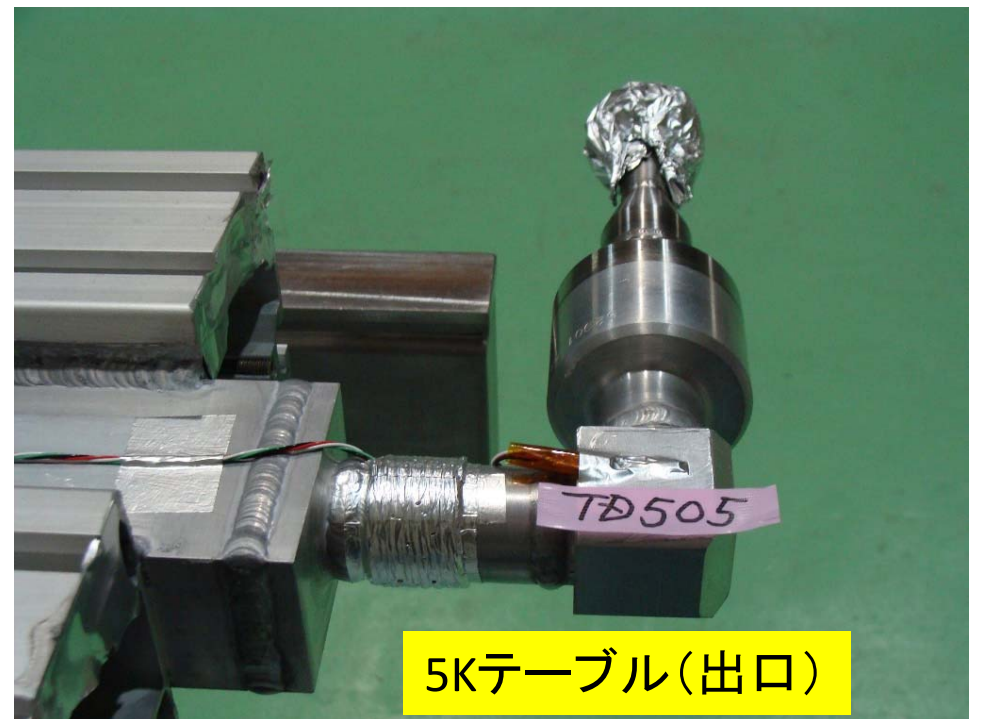
予冷配管空洞入口



予冷配管出口



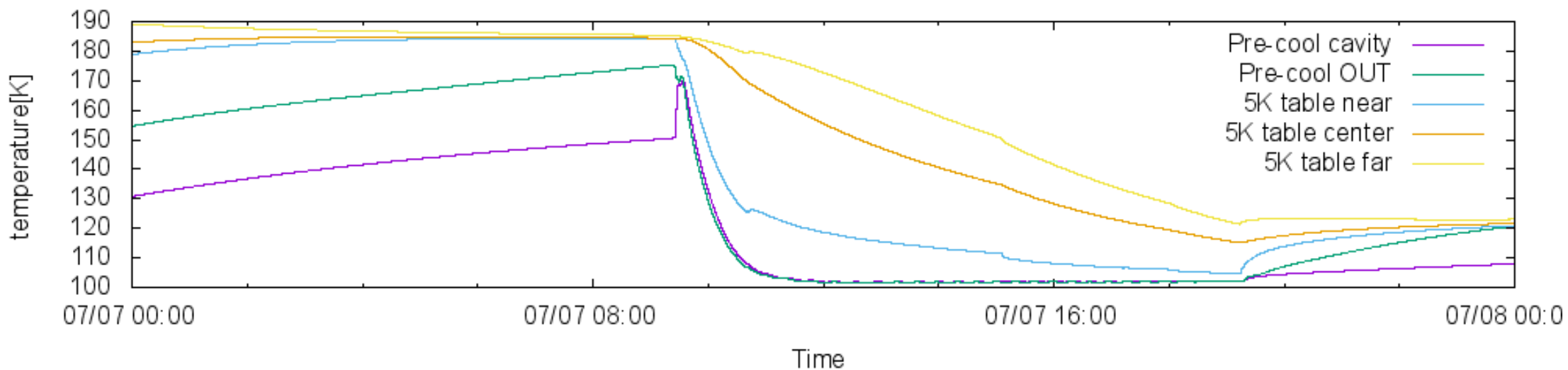
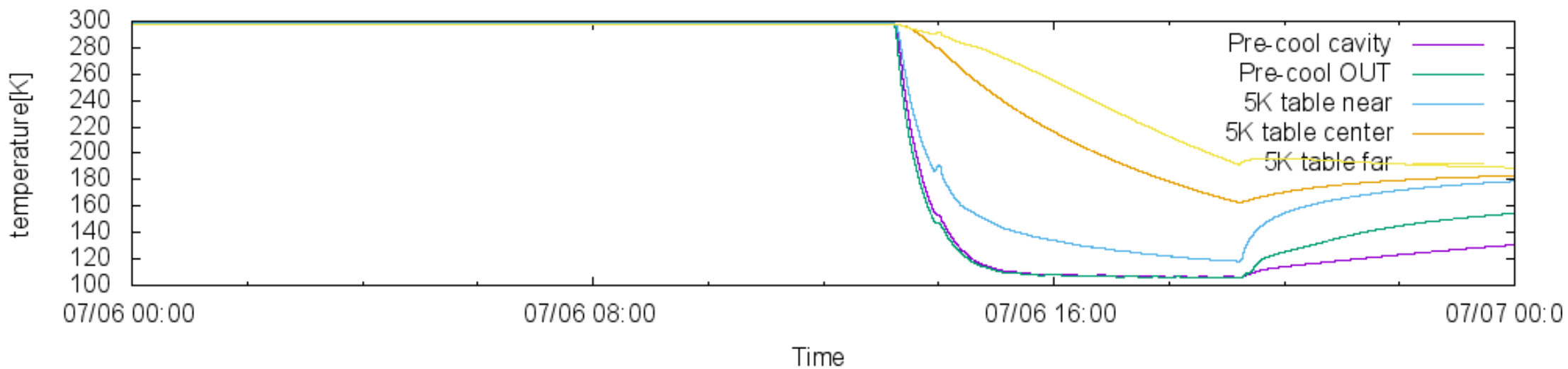
5Kテーブル中央



5Kテーブル(出口)

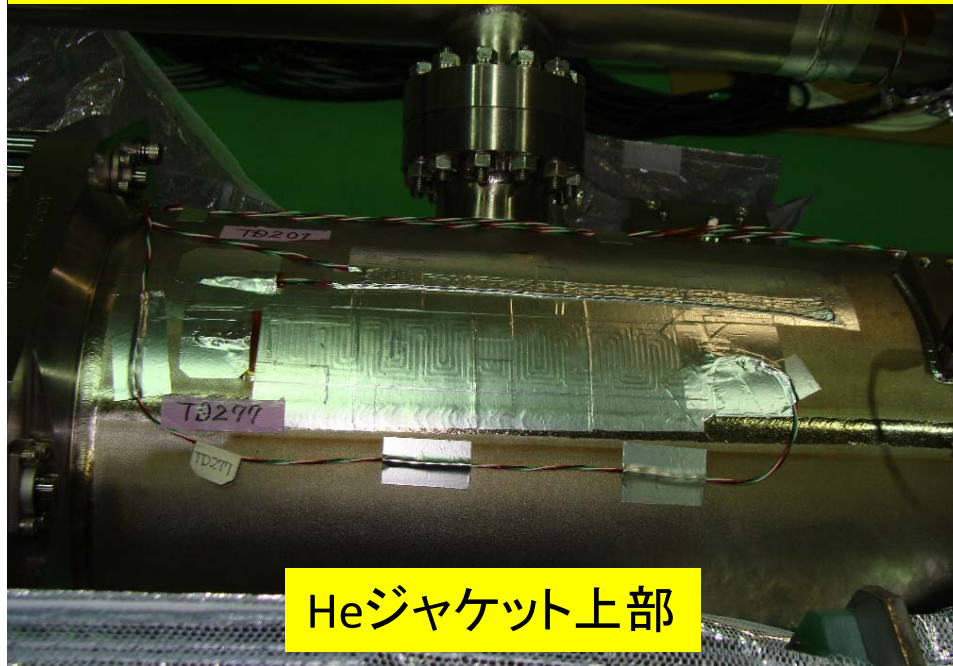


# 5Kラインの予冷(7/6,7)

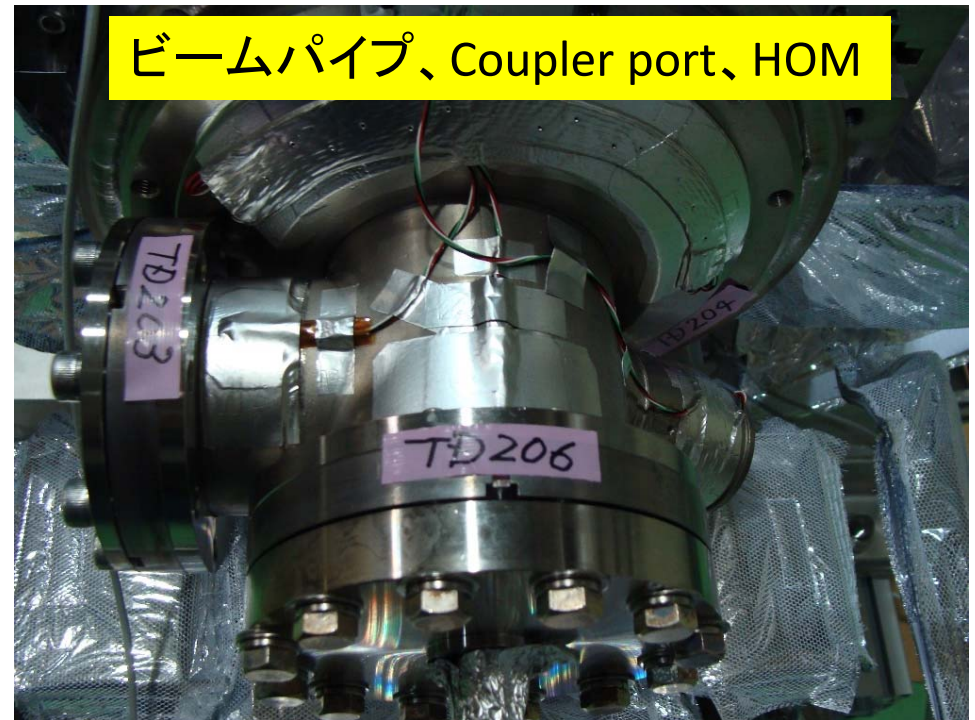


5Kライン順調に冷却される

# 2K lineの温度センサー



Heジャケット上部



ビームパイプ、Coupler port、HOM



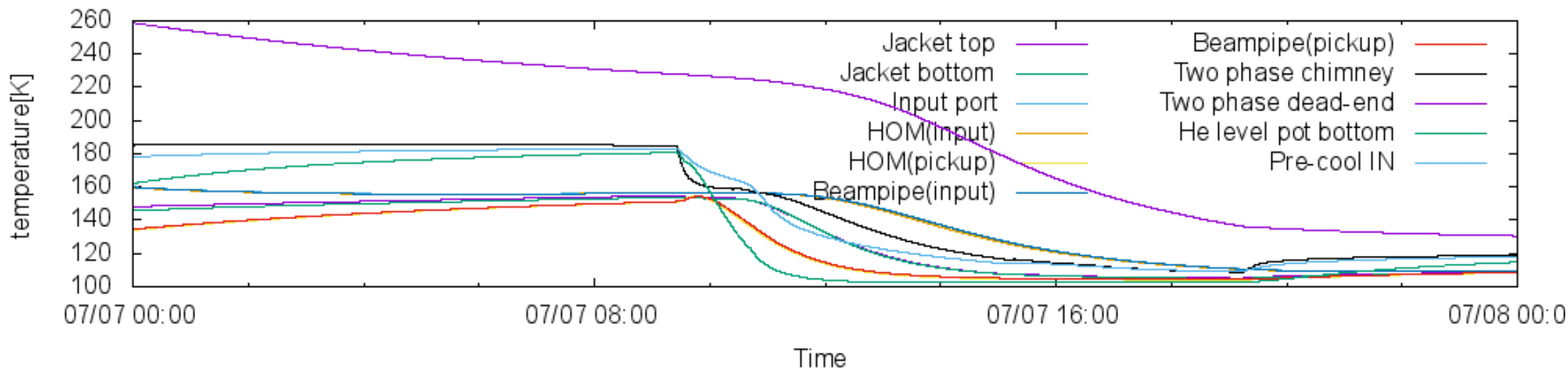
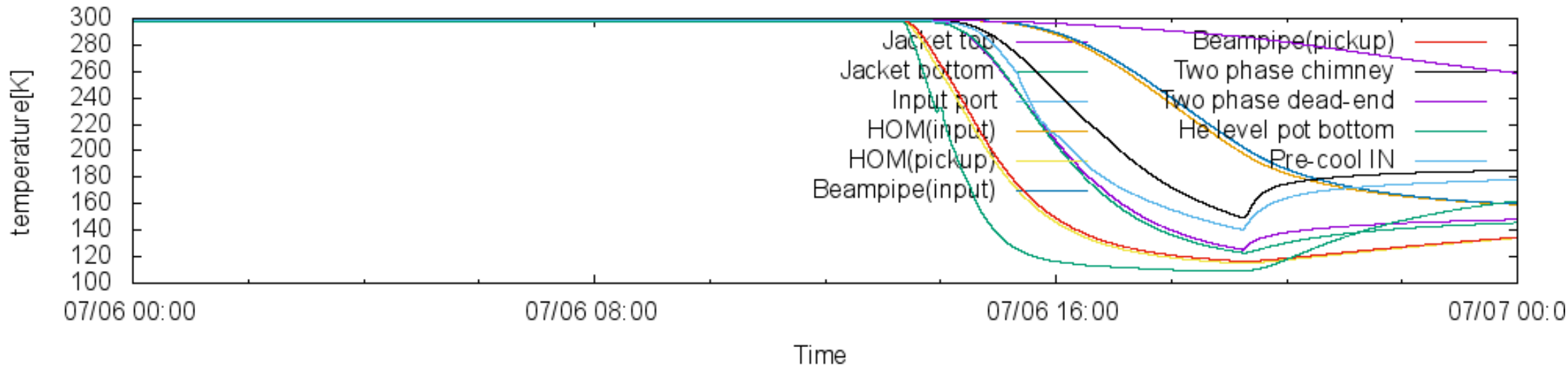
2相配管およびチムニー



2相配管および液面計ポット



# 2Kラインの予冷(7/6,7)

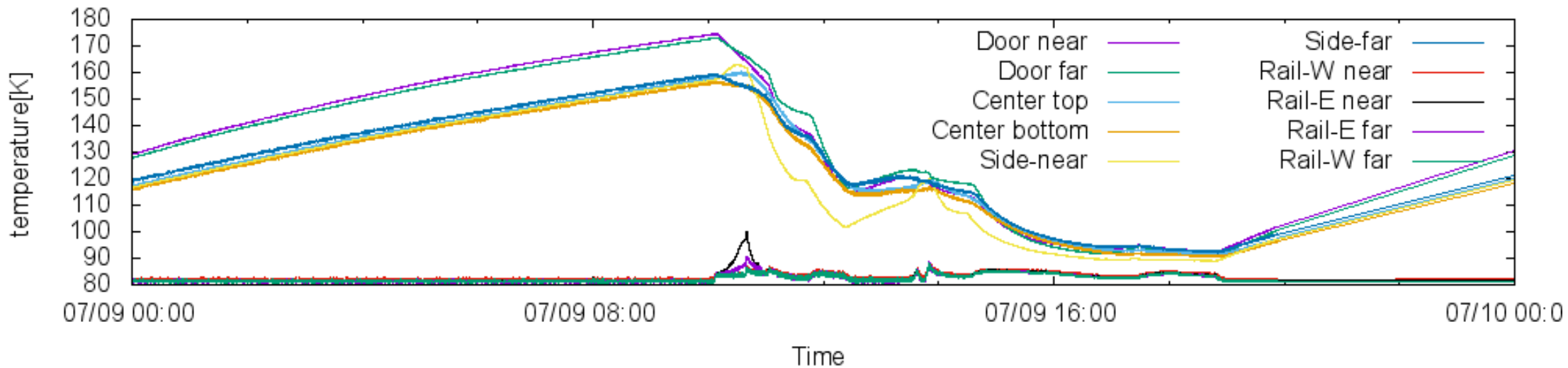
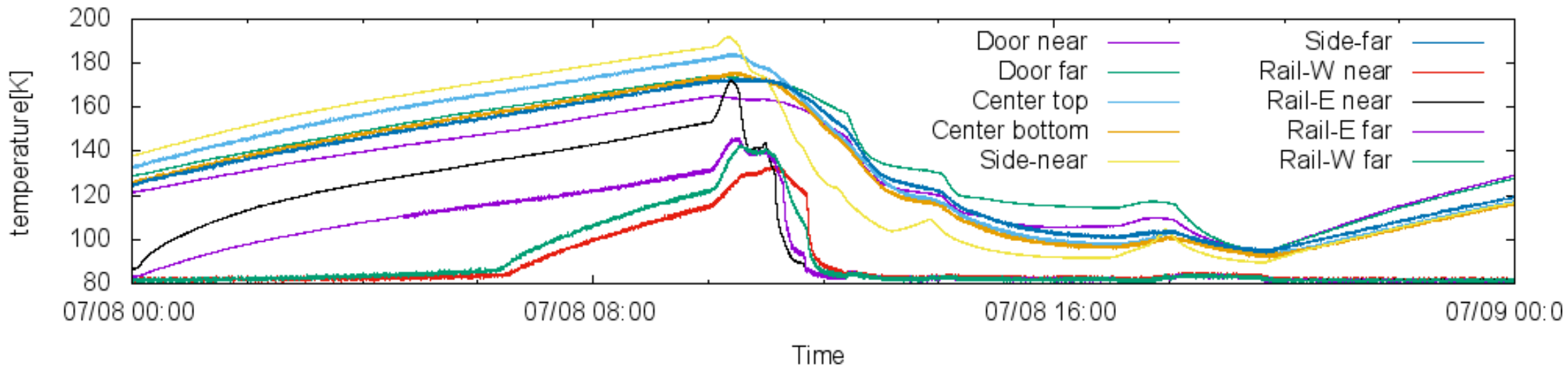


2Kライン順調に冷却される

# 液体Heによる冷却 & 減圧

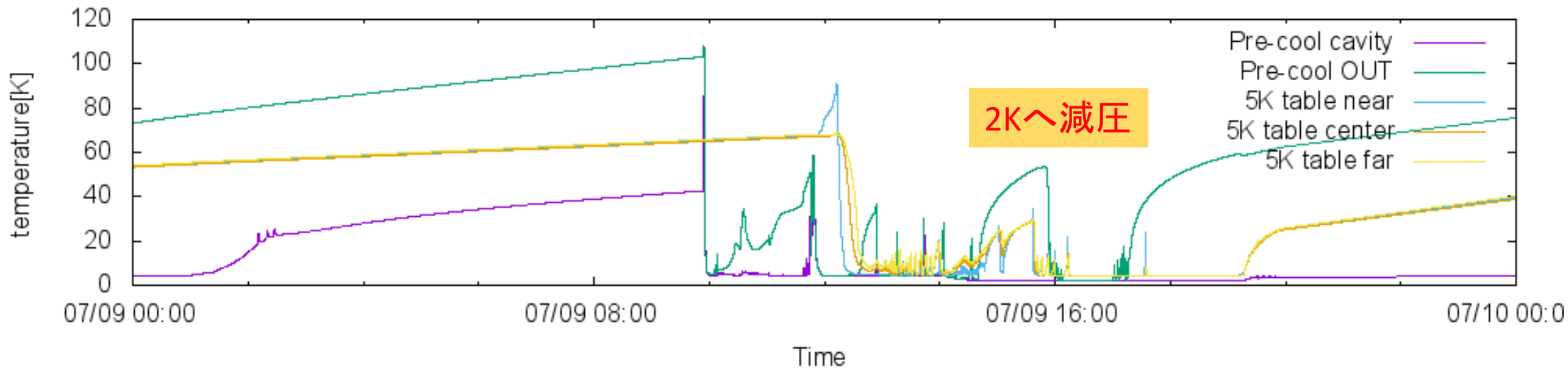
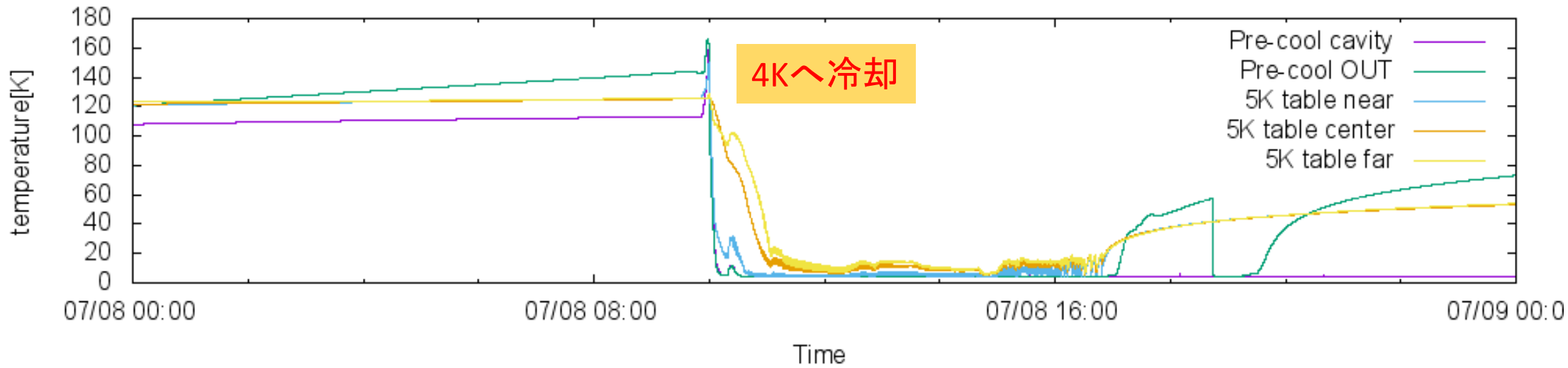


# 80Kライン(7/8, 9)



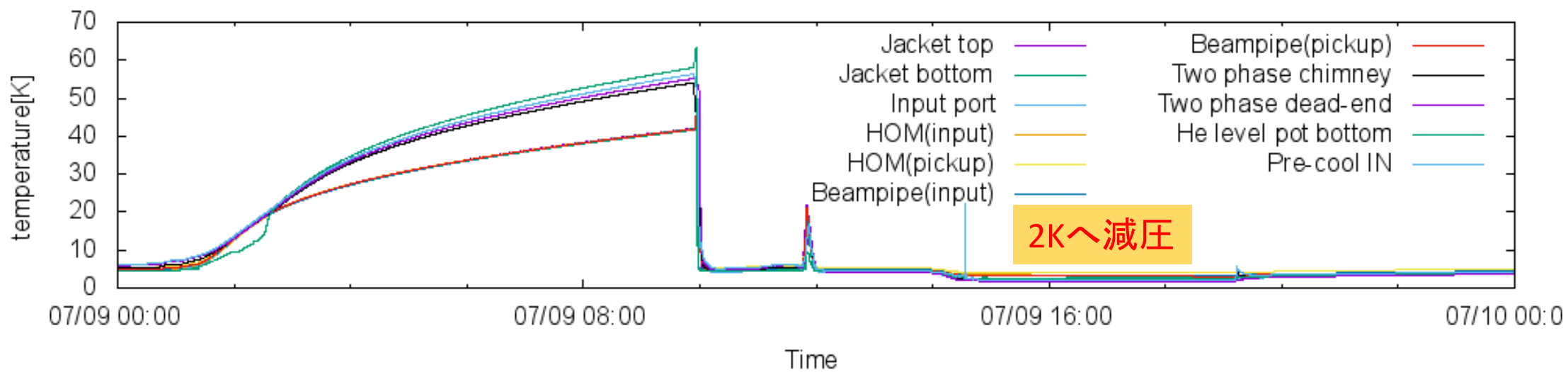
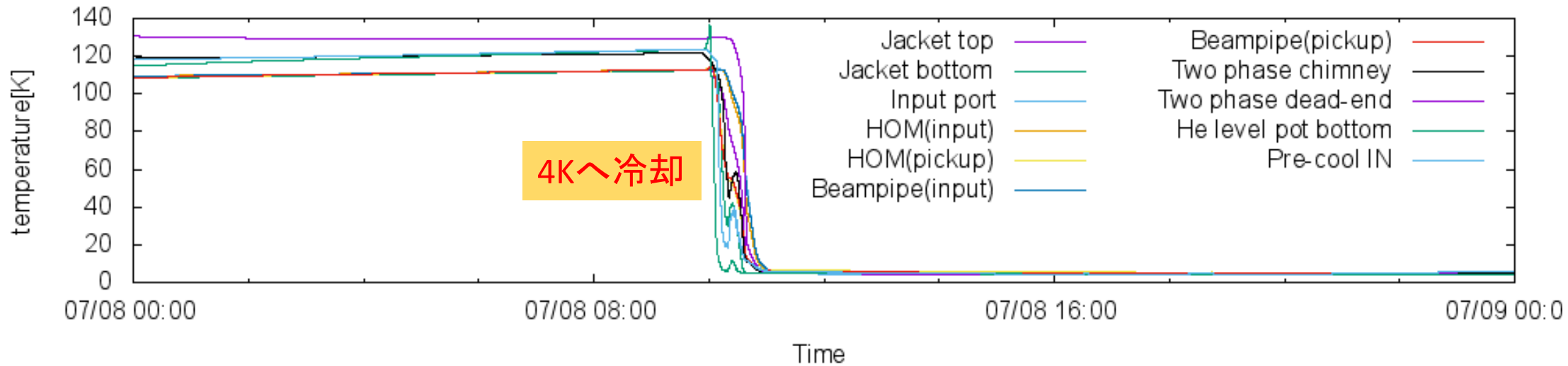
80Kラインは引き続き順調

# 5Kライン(7/8, 9)

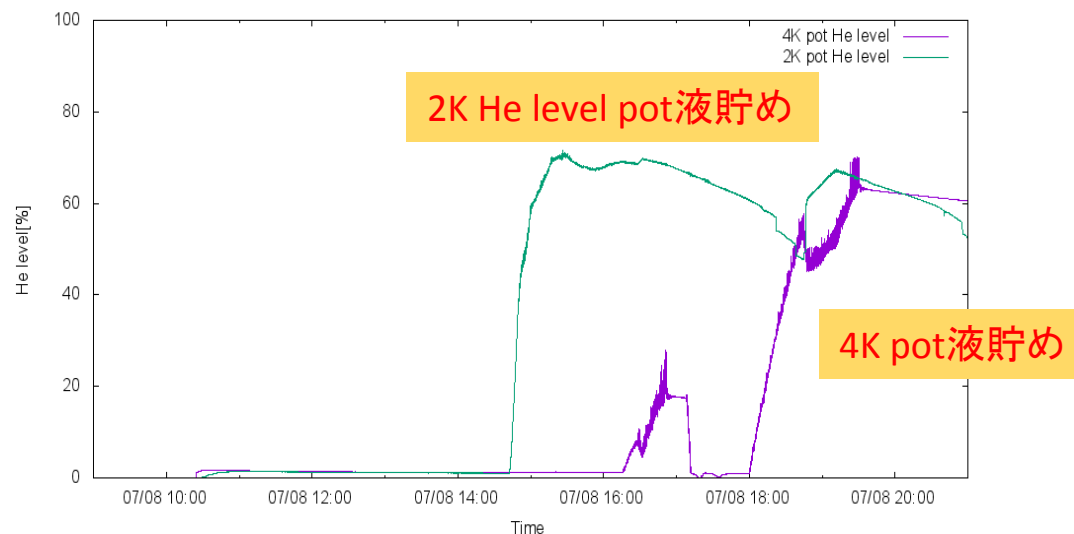
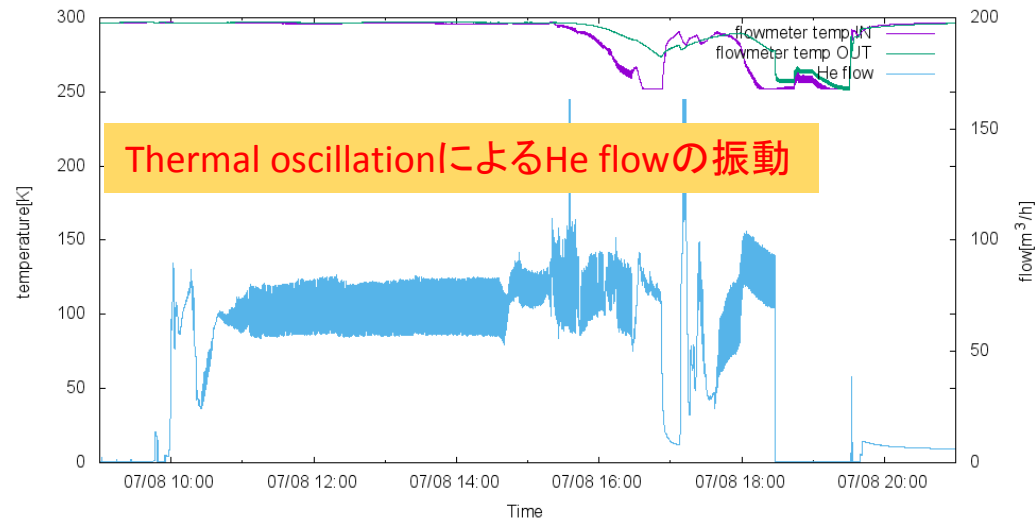
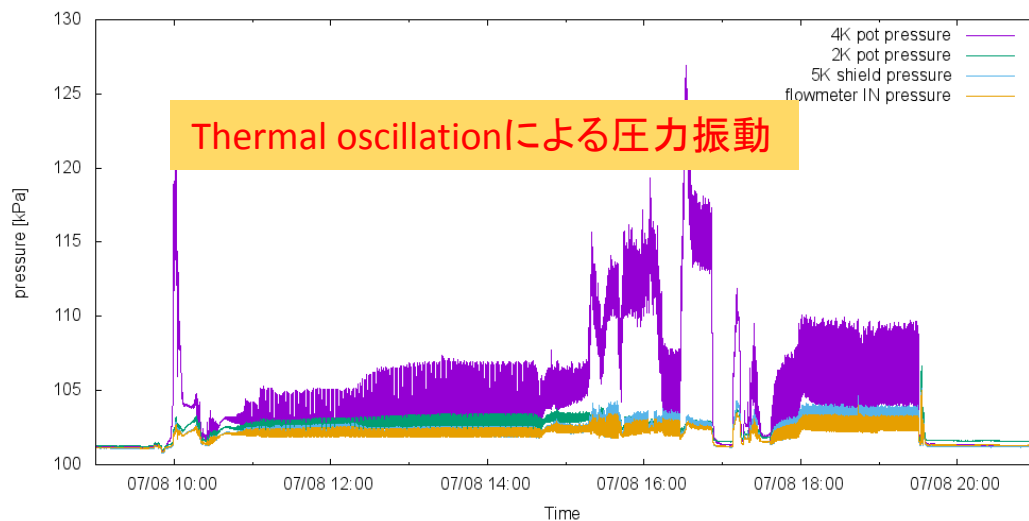
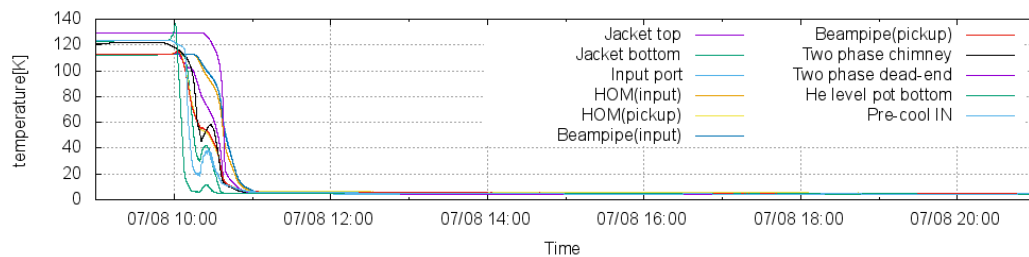
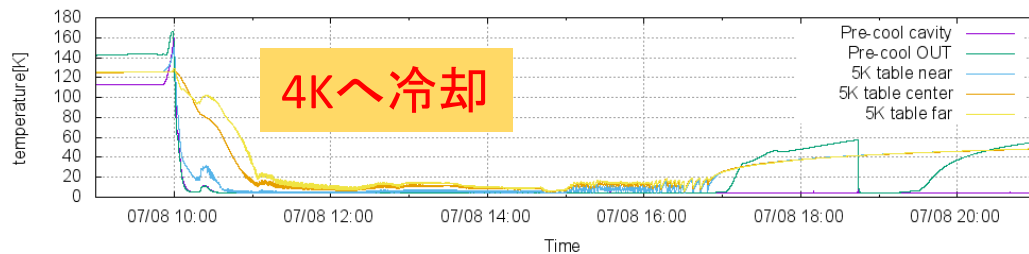




# 2Kライン(7/8, 9)



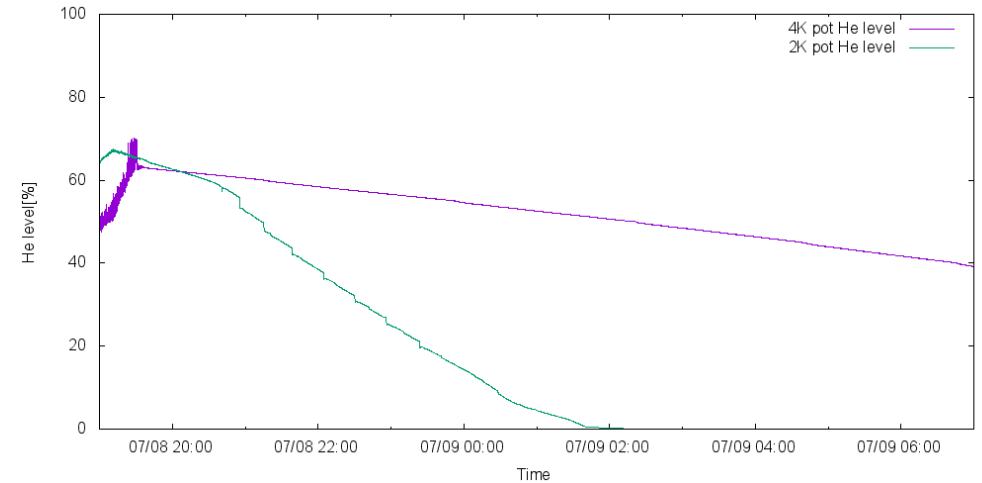
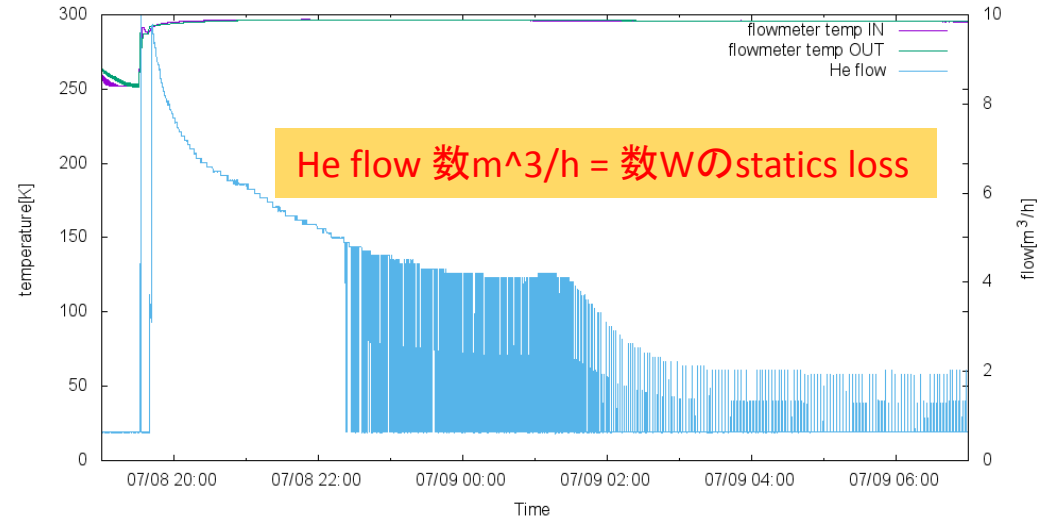
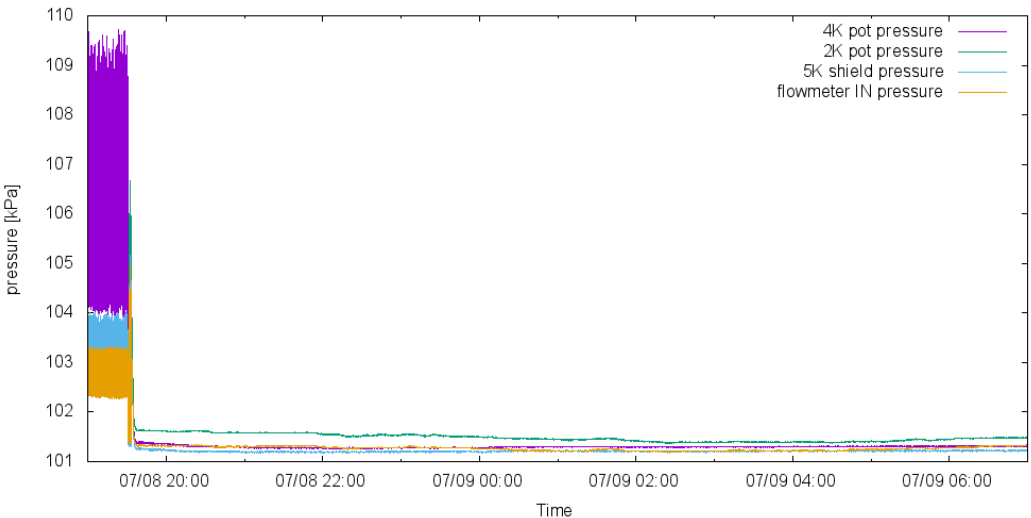
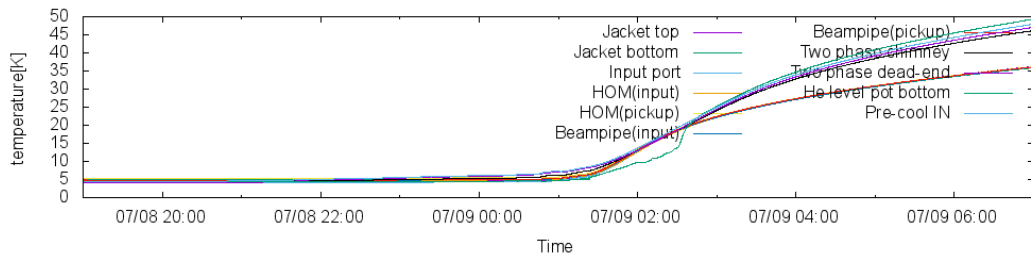
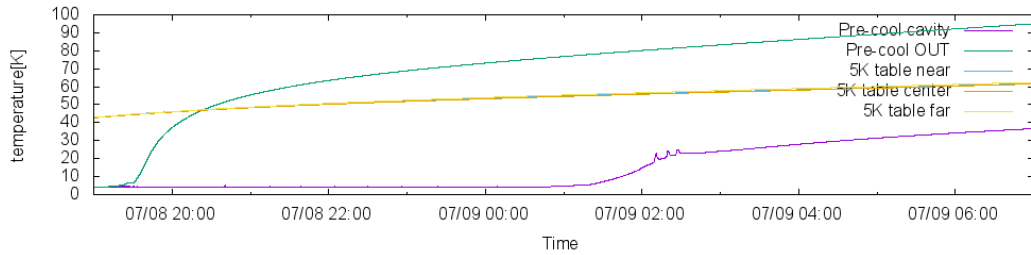
# 4K冷却および液貯めの様子



- 2Kラインおよび5KラインはHe transfer開始後1時間程度でほぼ4Kまで冷却
- 4K potの回収ラインでThermal oscillationが発生
- 2phase配管および液面計ポットには液が貯まったが、4Kポットに貯めるのが非常に困難だった。最終的に力づくで貯めた。
- He flowは常時70%程度(70W程度の負荷)

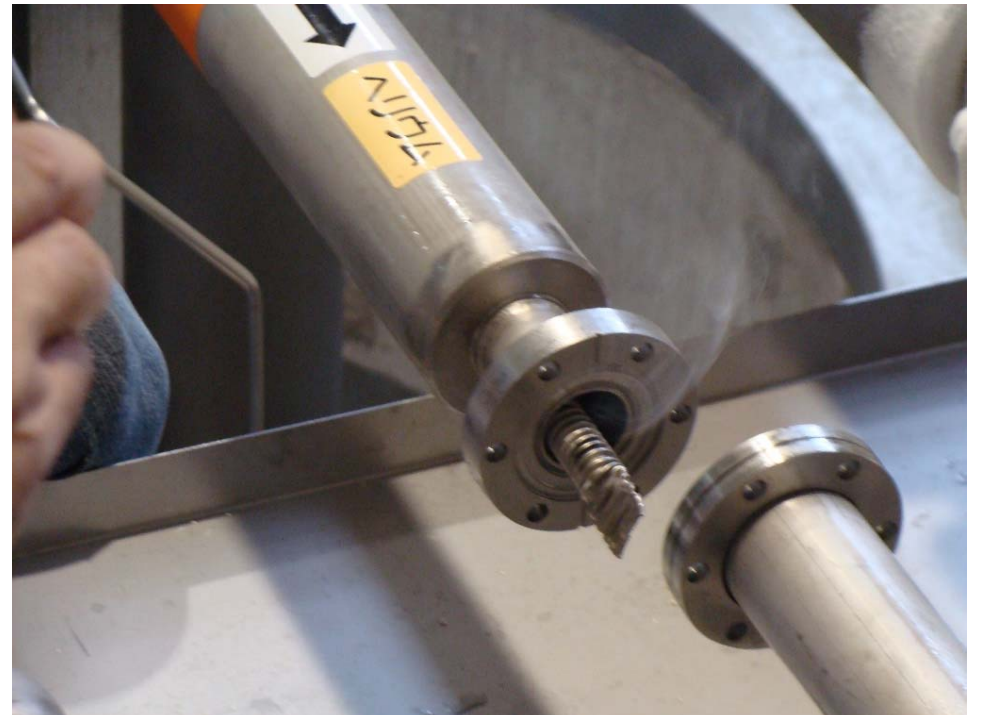


# Static loss測定



- ・全てのバルブを閉じて、**全システムのstatic lossを測定** (全ラインを流量計のラインに繋いだ。
- ・2Kの液面ポットが空になって、2Kの温度が上がり始める直前ぐらい(7/9 AM1:00頃?)とすると、 $3\sim 4\text{m}^3/\text{h} = 3\sim 4\text{W}$ 程度のstatic lossか？

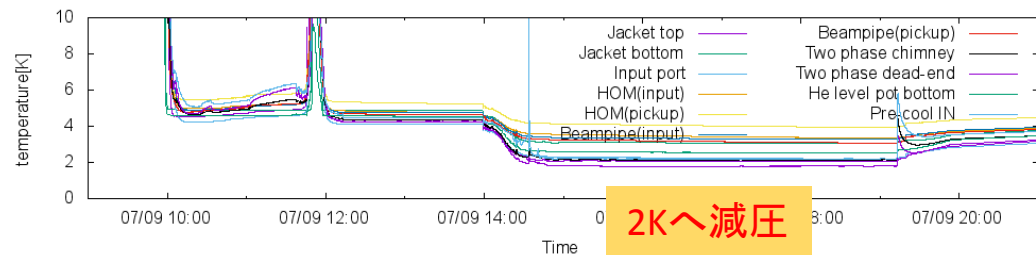
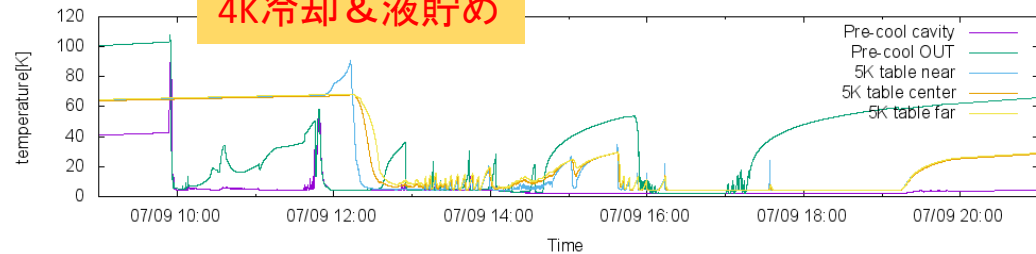
# Thermal oscillation 対策



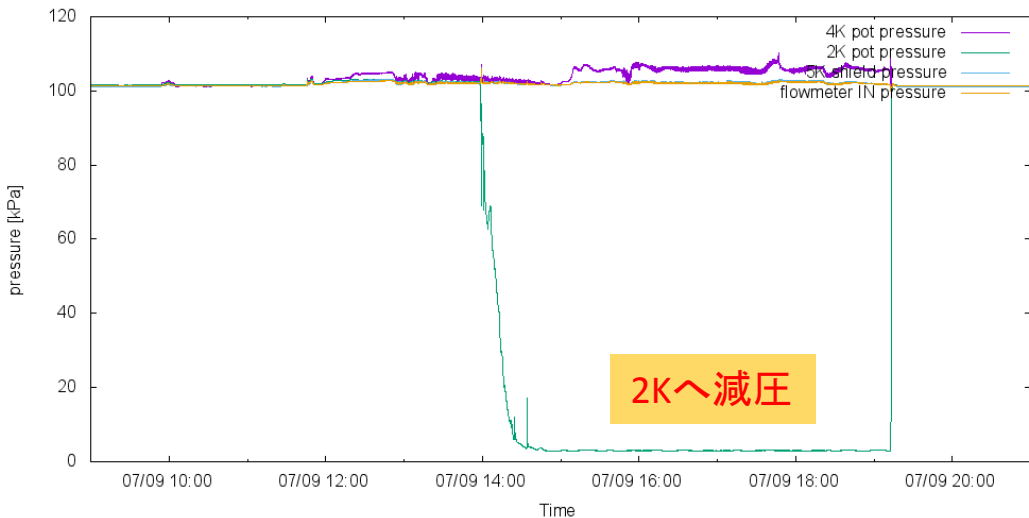
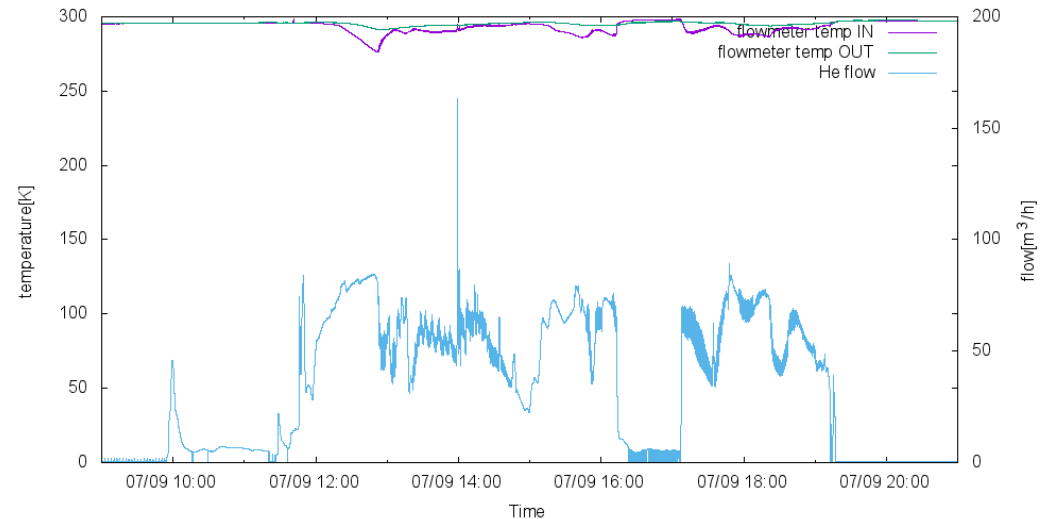


# 2Kへの冷却(減圧)

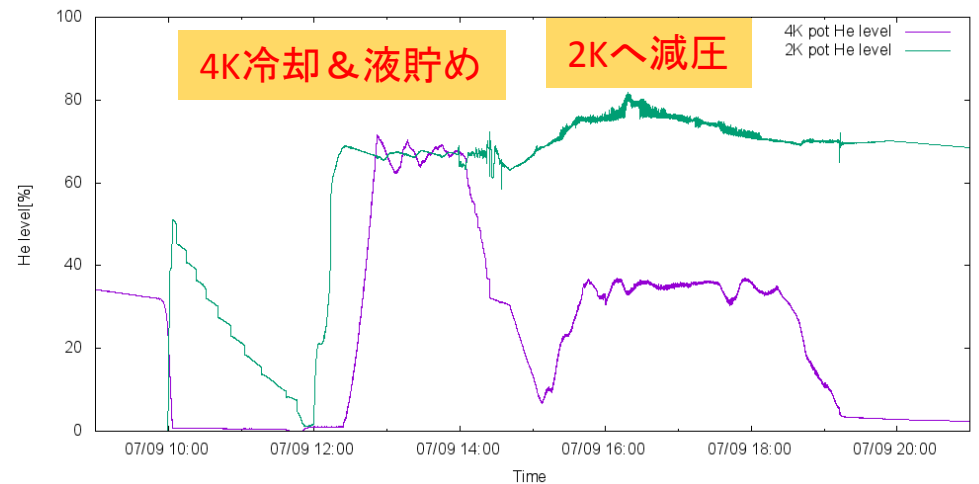
4K冷却&液貯め



2Kへ減圧



2Kへ減圧

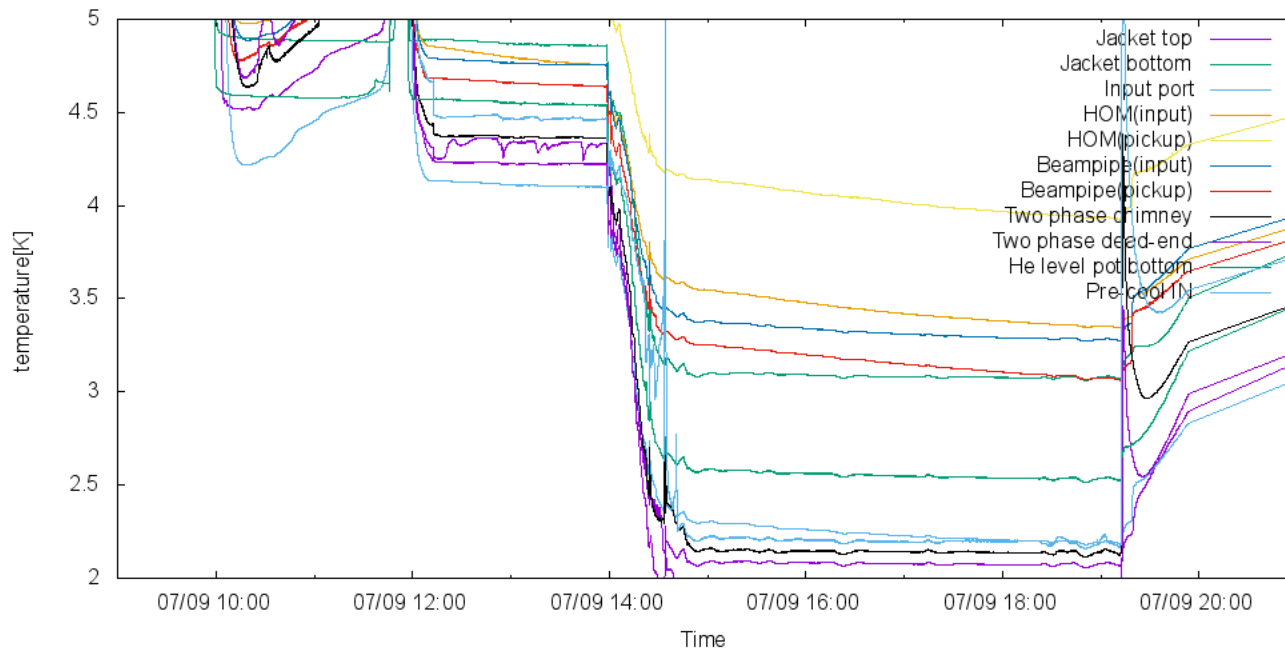
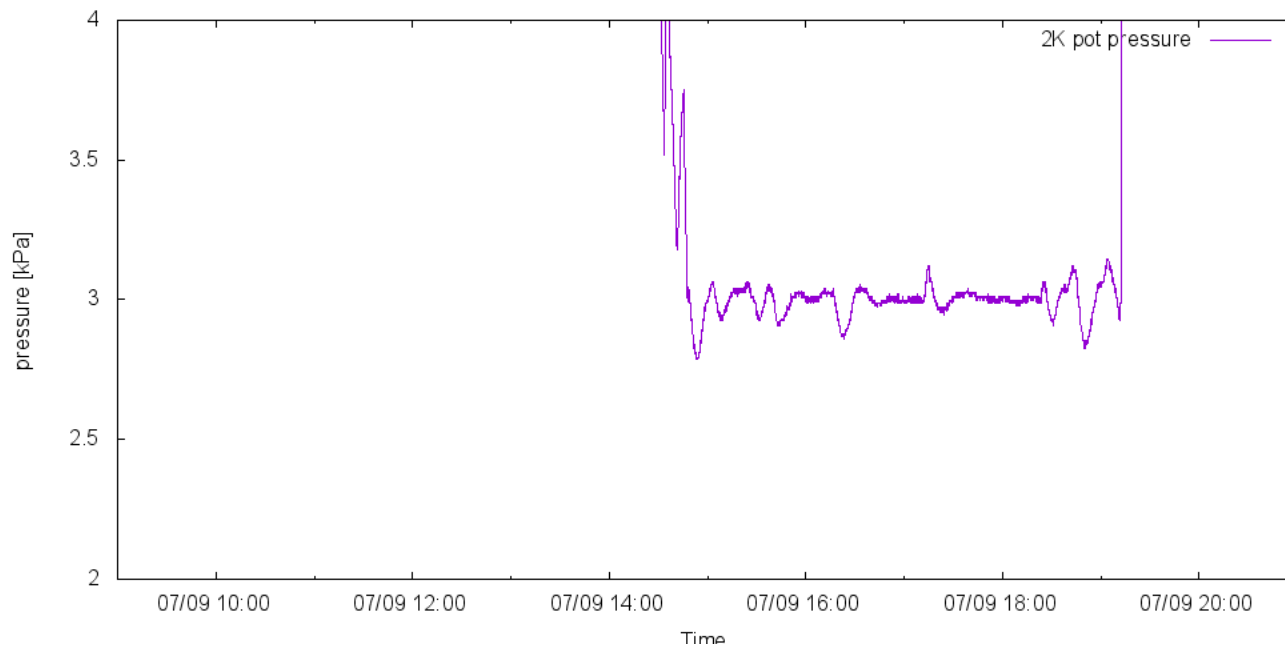


4K冷却&液貯め

2Kへ減圧

- Thermal oscillationはだいぶましになった。(まだ残っているようである)
- **2Kへ無事減圧成功!** 減圧時のHe flow 50~80m<sup>3</sup>/h程度

# 2K減圧時の圧力・温度安定度



- 圧力は $3.0 \pm 0.1$  kPa程度で制御されている。温度にすると $1.99 \pm 0.01$  Kくらい。
- He jacket, 2相配管等の温度も約2Kで安定。
- HOMやビームパイプは、まだじわじわ冷却されている途中。



# まとめ

- 横型クライオモジュールの納品の後、整備を進め、STF 9セル空洞を用いて2K冷却試験を行った。
- 80KまではHeラインは、Heガス循環装置を用い、液体窒素にて予冷を行った。
- 4Kへの冷却は、5K&2Kラインの冷却および2Kへの液貯めまでは順調に思えたが、thermal oscillationにより4K potへの液貯めが困難であった。
- Thermal oscillation対策として、4K pot回収配管にベローを挿入して対処。それなりの改善が見られた。
- 4K液貯め後、2Kへの減圧も順調。圧力および温度安定度も良好。
- システム全体でのstatic lossも数W程度と思われ、概ね良好。
- 今回、用いた液体窒素が700～800 liter, 液体ヘリウムが2000 liter。
- Thermal oscillation対策としてバルブ位置の変更、ヒーター取付、温度センサー増強などをしたのち、12月に再度2K冷却試験を予定。
- 冷却試験がうまくいけば、次のステップとして、大電力試験を目指す。放射線管理室に相談しながら準備を進めている。