

# CERL用超伝導加速空洞2K冷却システム

(CERLミニワークショップ)

○小島裕二、仲井浩孝、中西功太、原 和文、細山謙二、本間輝也

# 目次

1. これまでの進捗状況
2. 現在の冷却システムの概要
3. 長期冷却運転の問題と対策
  - 3-1 クールダウンの自動化、
  - 3-2 精製装置
  - 3-3 寒冷(4.2~10K のヘリウムガス)の回収運転
4. まとめ及び今後の課題

# 1. これまでの進捗状況

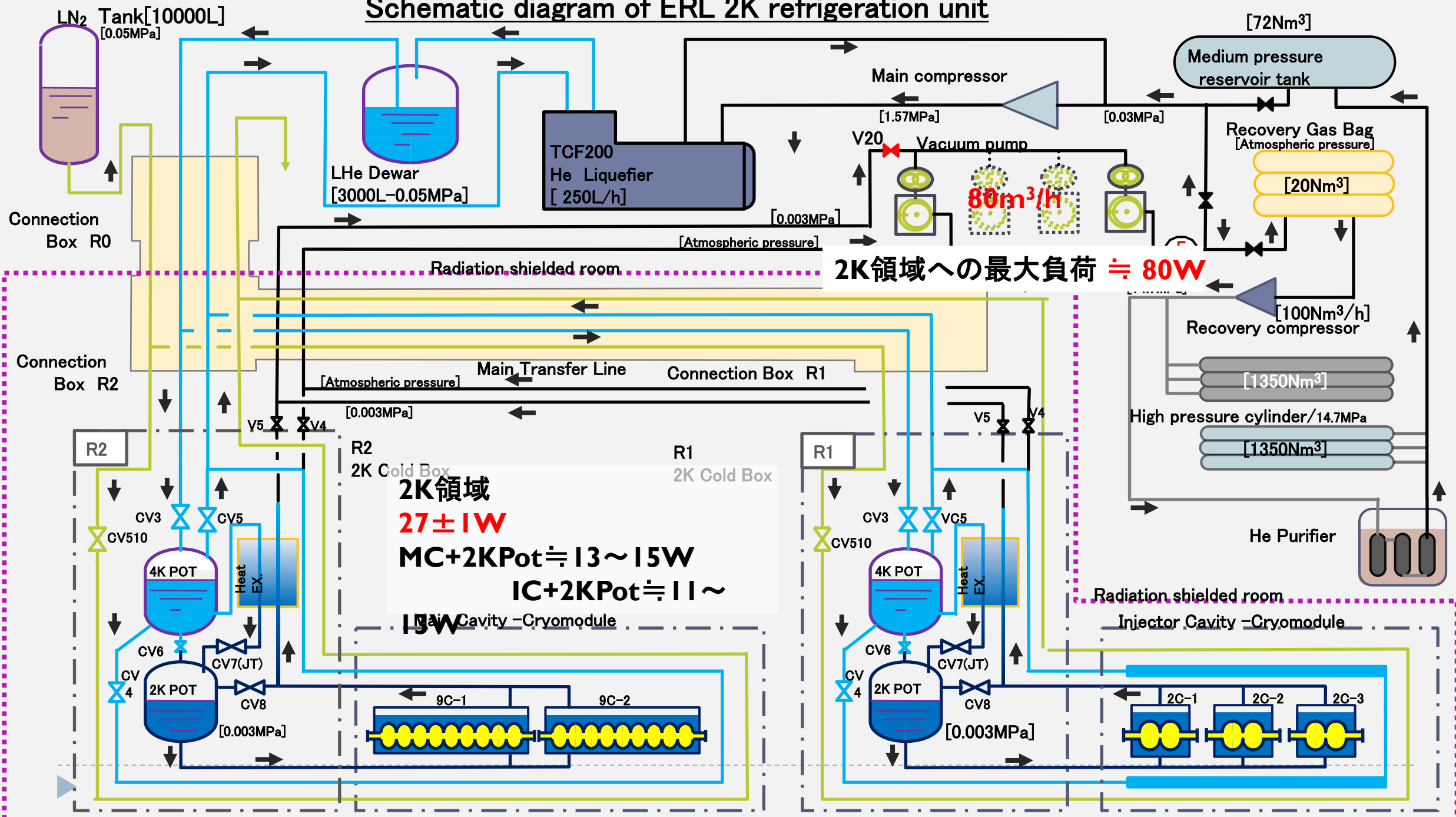
1. 2009年12月9日 : ヘリウム液化機の設置許可(完成検査合格)  
液化機整備(内部吸着器、配管洗浄処理、各バルブ、計測器の機能チェック)  
ヘリウム液化機の液化能力確認  
同液化能力250L/hを確認
2. 2012年11月～2013年6月 : 2Kコールドボックス、入射空洞、主空洞等の単体冷却試験を実施。  
(各部の熱負荷、ダイナミックロス、クールダウン方法等)  
冷凍機制御機能を2階冷凍機制御室へ移動 : 制御画面やソフトの開発  
2Kの負荷60W → 80W (排気ポンプの増強) 、**長期運転対策**

---

3. **2013年11月11日～12月20日** (40日間) : 2モジュール同時冷却、**寒冷回収モード**----**第1回目**  
(12/6～20 寒冷回収モード)
4. **2014年 1月14日～3月15日** (60日間) : 2モジュール同時冷却----**第2回目**
5. **2014年 5月 7日～6月20日** (43日間) : 2モジュール同時冷却、**寒冷回収モード**----**第3回目**

**上記全ての冷却試験期間(143日)で大きなトラブルもなく、1日に12時間、2Kを維持することが出来た。**

# Schematic diagram of ERL 2K refrigeration unit



## 2.長期連続冷却運転の問題と対応

### 2-1 クールダウンの冷却速度制限

◎主加速空洞HOMダンパーの冷却速度制限

冷却速度=3K/h     $\Delta T=50K$     水素病の防止

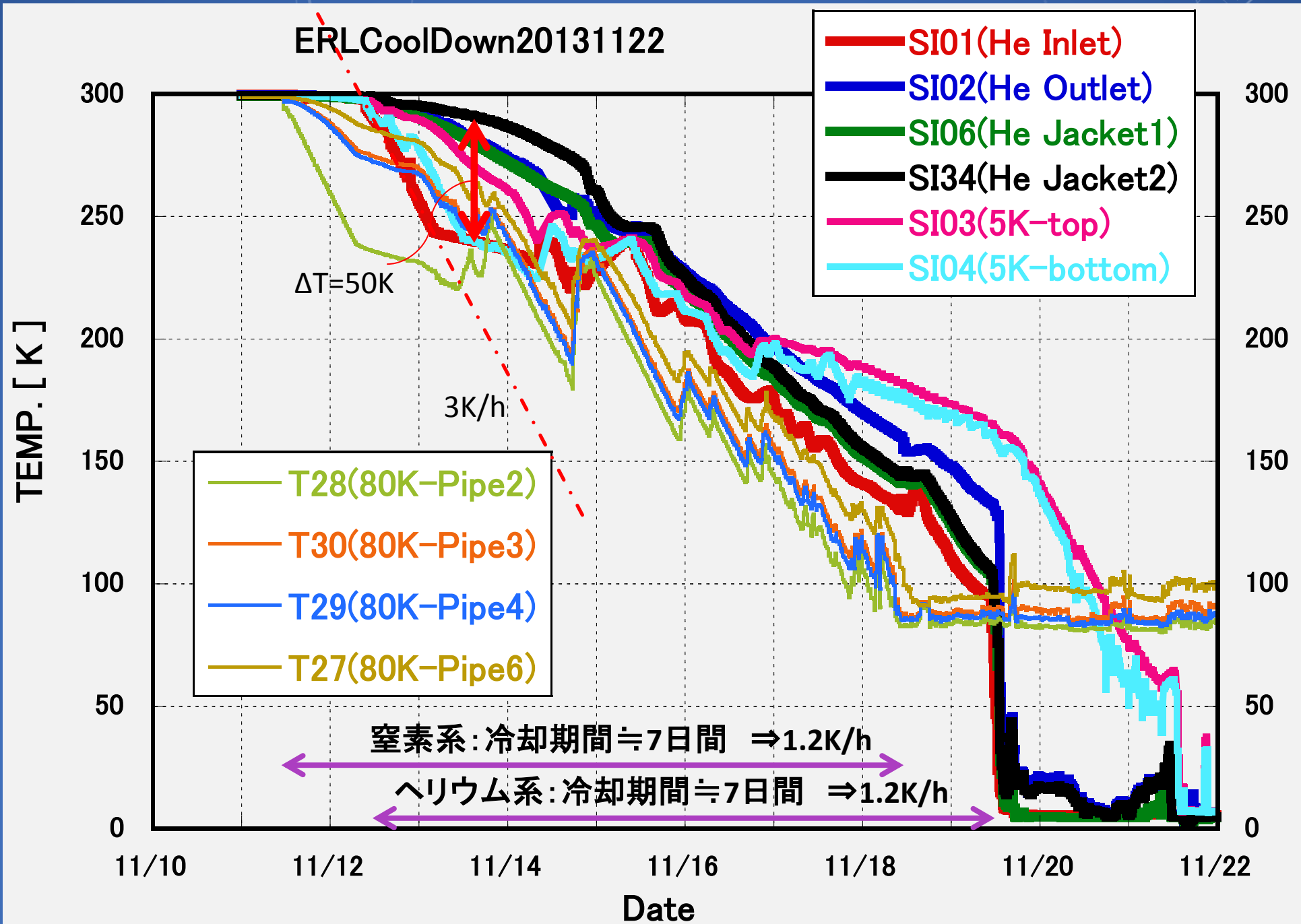
対応

クールダウンシステムを3系統(80Kシールド系、5Kシールド系、2K領域ライン系)に分割し各系の温度差と温度勾配を監視するプログラムを作成し供給バルブの自動化を取り入れた。

(水素病対策で 150~100Kの滞在時間を制限)

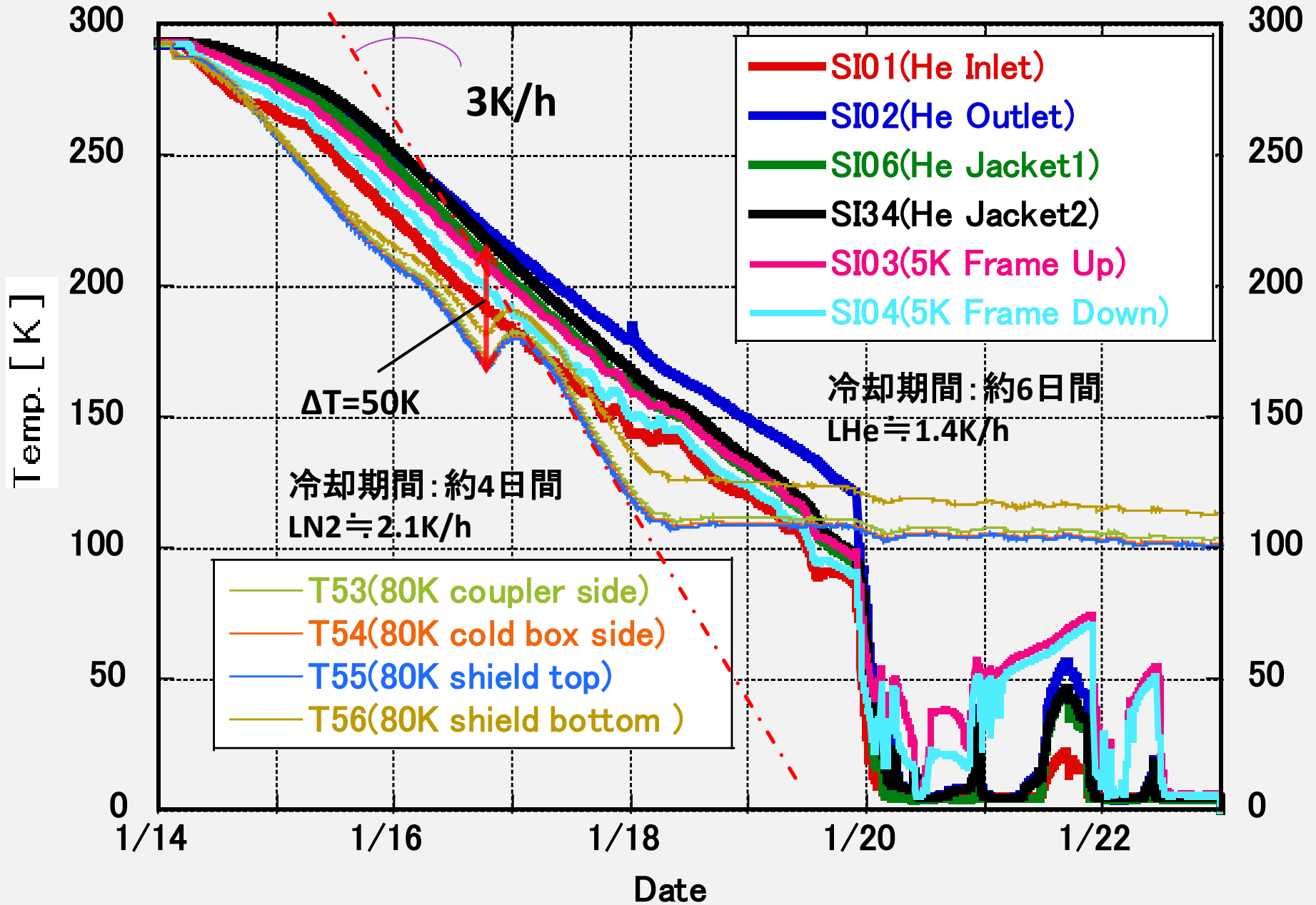


第1回目



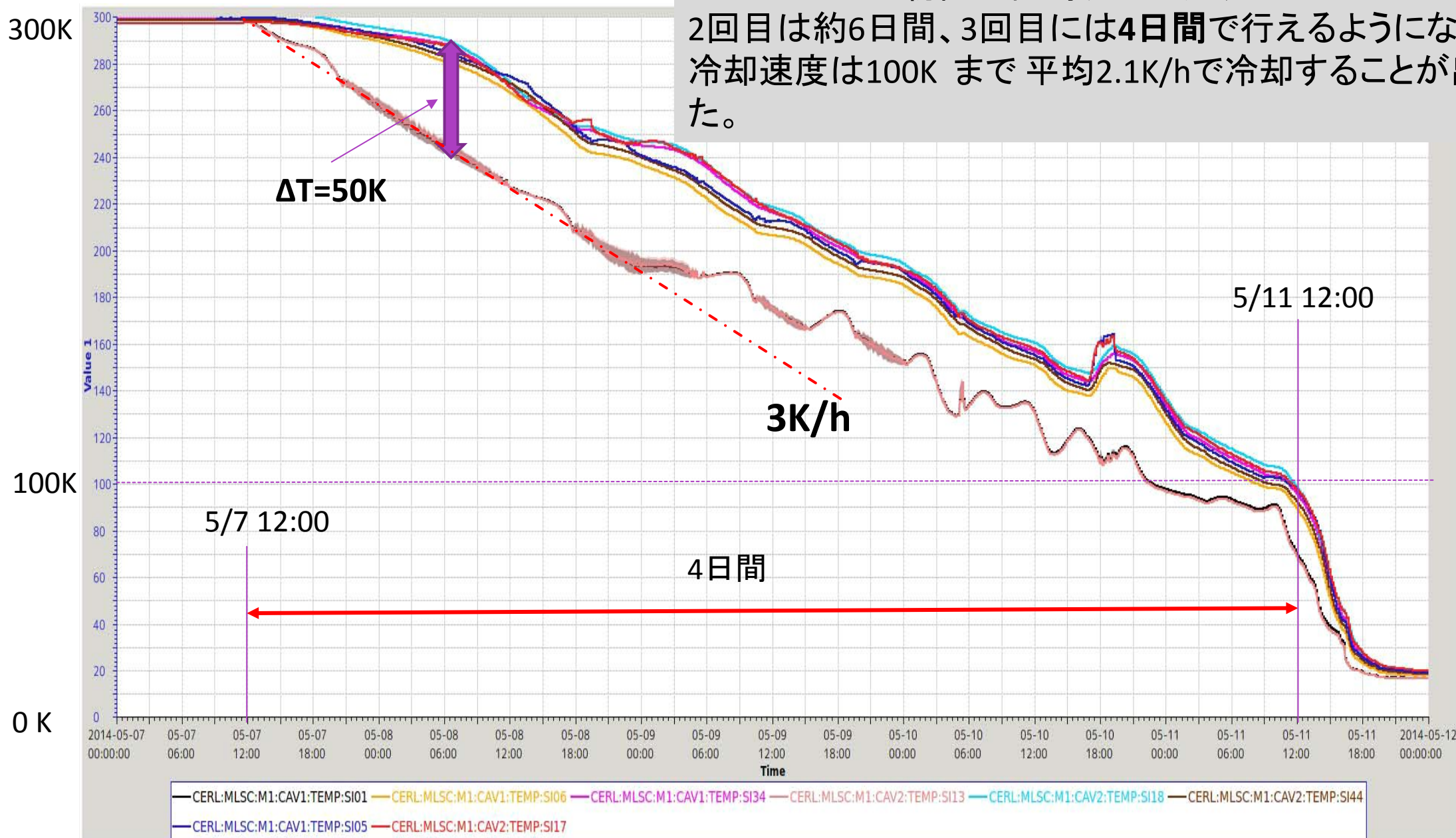
# 第2回目

## ERL Cool Down 20140114



# ERL Cool Down 20140507 第3回目

2モジュールの初回の同時クールダウンは100Kまで7日間、2回目は約6日間、3回目には4日間で行えるようになった。冷却速度は100Kまで平均2.1K/hで冷却することが出来た。





## 2. 長期連続冷却運転の問題と対応

### 2-2 精製装置

2Kを維持するため真空排気ポンプの排気量は  
排気量 =  $960\text{Nm}^3/\text{day}$

(最大  $80\text{Nm}^3/\text{hr} \times 12\text{時間}$ )

毎日、全ての回収ヘリウムガスを精製する必要がある。  
処理能力 =  $100\text{Nm}^3/\text{hr}$

◎冷凍運転中は自転車操業となり、  
精製装置の再生中にガス欠になる  
可能性がある。

**精製装置の再生時間 ≒ 12時間**

真空ポンプの排気ヘリウムガスを直接主圧縮機の吸入配管  
に戻すことで精製運転をする必要がなくなる。

**対応策**

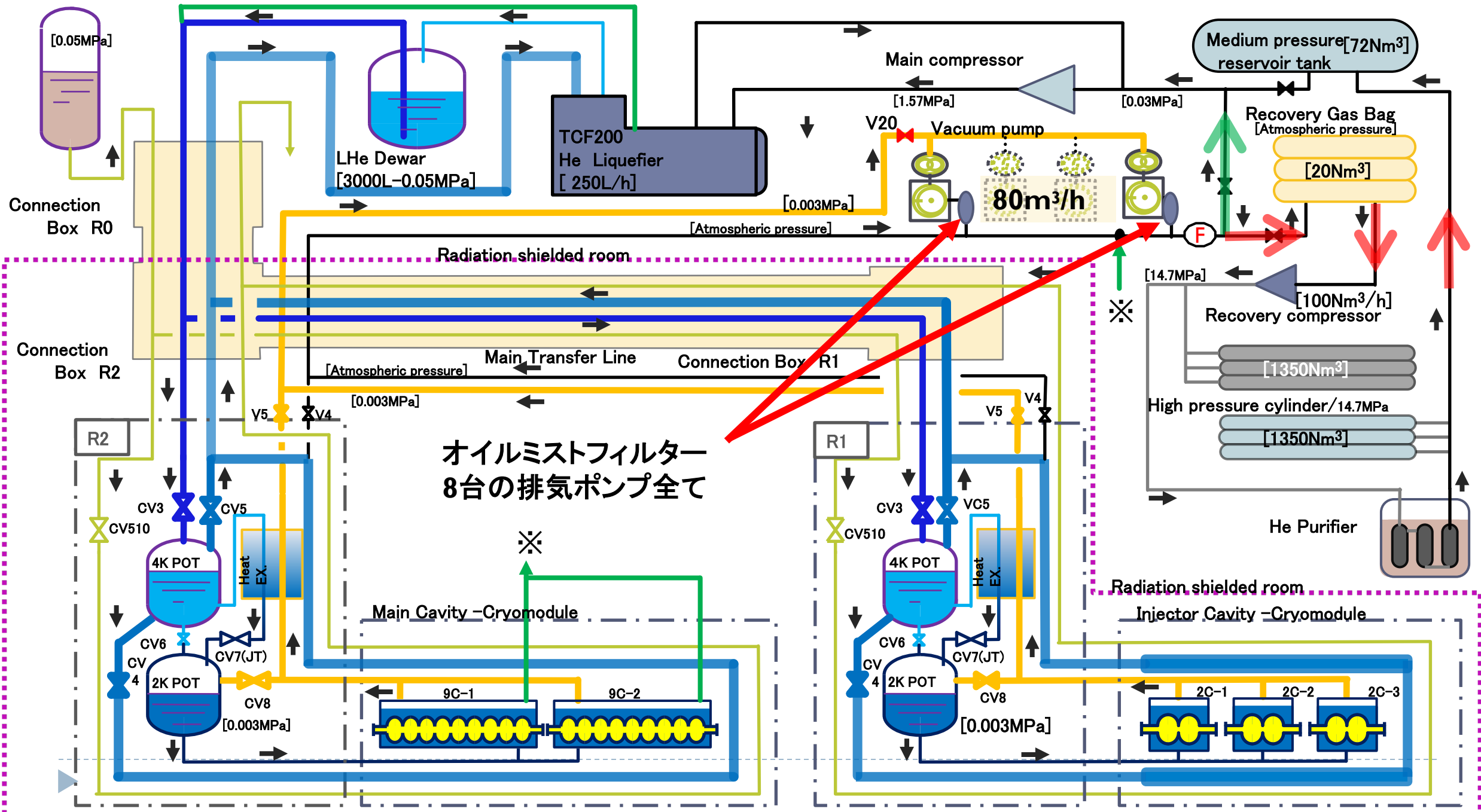
ドライポンプ  
コールドコンプレッサー

◎真空ポンプやオイルフィルターを気密構造とする。  
(ポンプにシールワッシャーを使用)

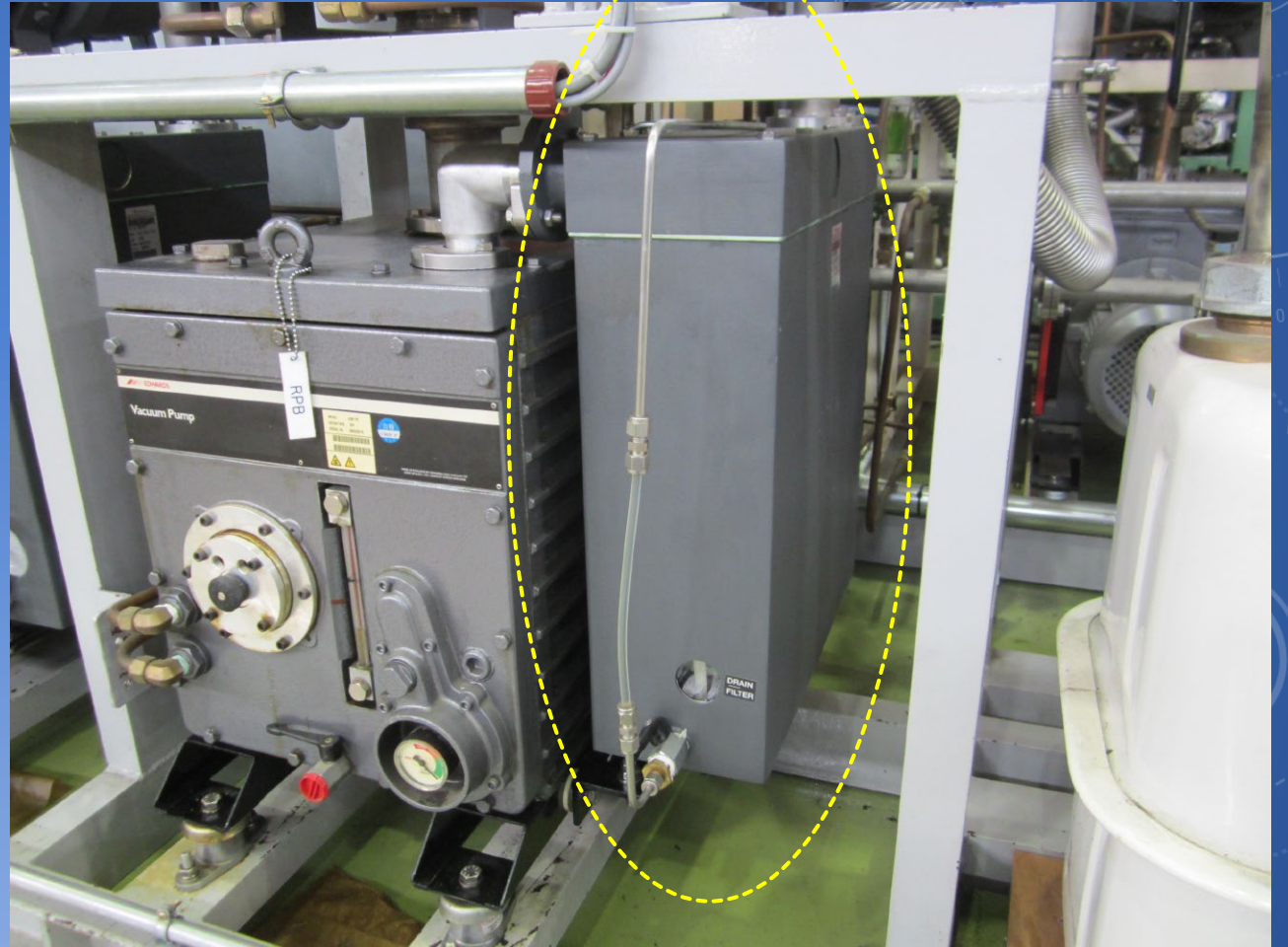
◎ポンプオイルを主圧縮機と同じオイルと交換。

# Schematic diagram of ERL 2K refrigeration unit

LN<sub>2</sub> Tank [10000L]

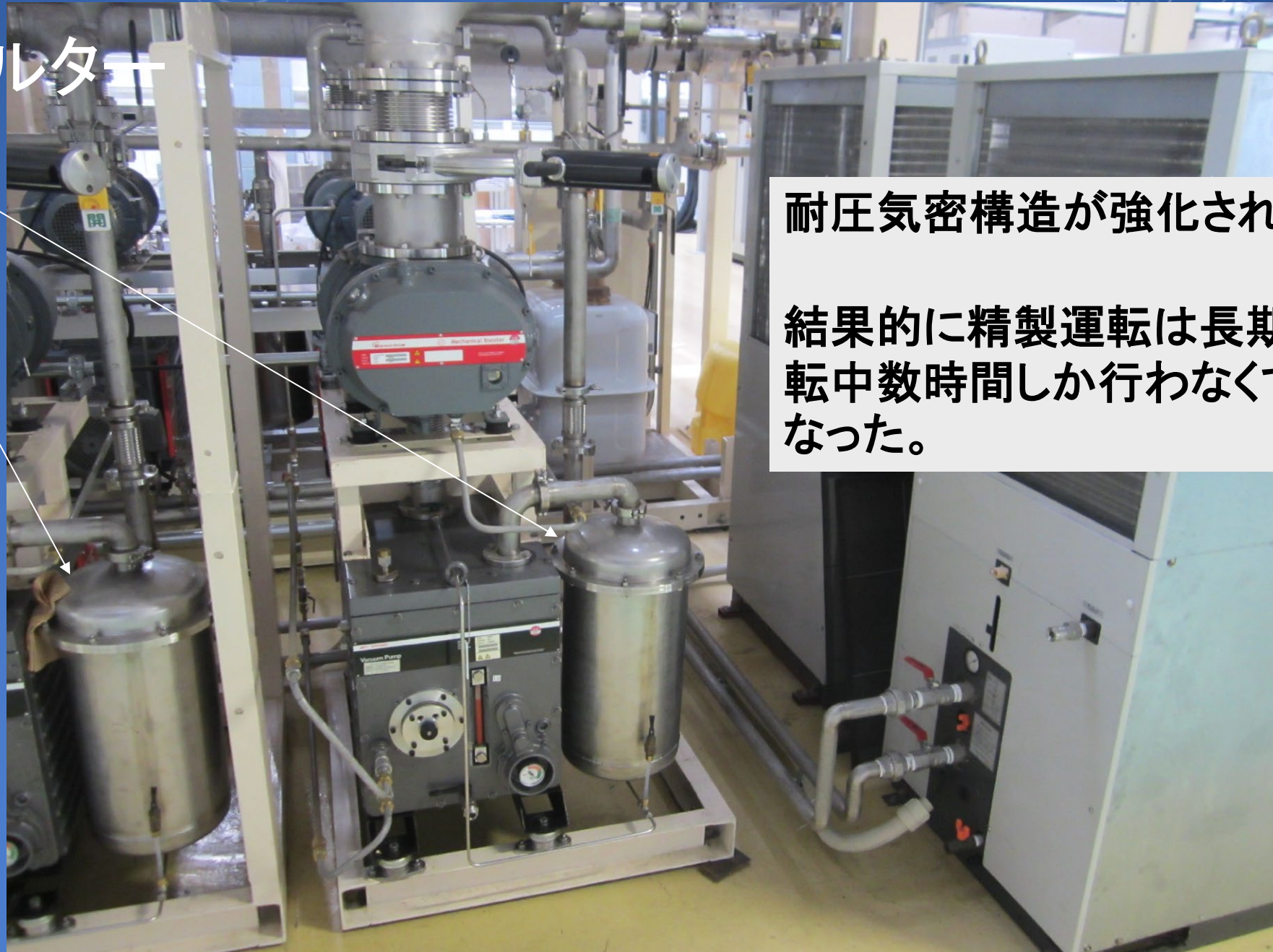


# 旧オイルフィルター





# 新オイルフィルタ



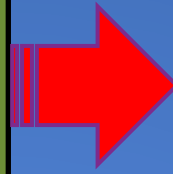
耐圧気密構造が強化された。

結果的に精製運転は長期運  
転中数時間しか行わなくてよ  
くなった。

# 長期連続冷却運転の問題

## 2-2 寒冷の再利用(4.2~10KのGHeの回収先変更)

4.2K付近の蒸発ヘリウムガスの寒冷があまり利用されていない。  
(窒素熱交換器の上流に戻している。)



### 弊害

- ◎ 圧縮機の低圧側に戻すので吸入力圧を下げる必要がある。
- ◎ ジュールトムソン弁(JT弁)上流の熱交換の低圧側(下流)に戻すので流量や温度が不安定であると低温タービンが不安定となる。

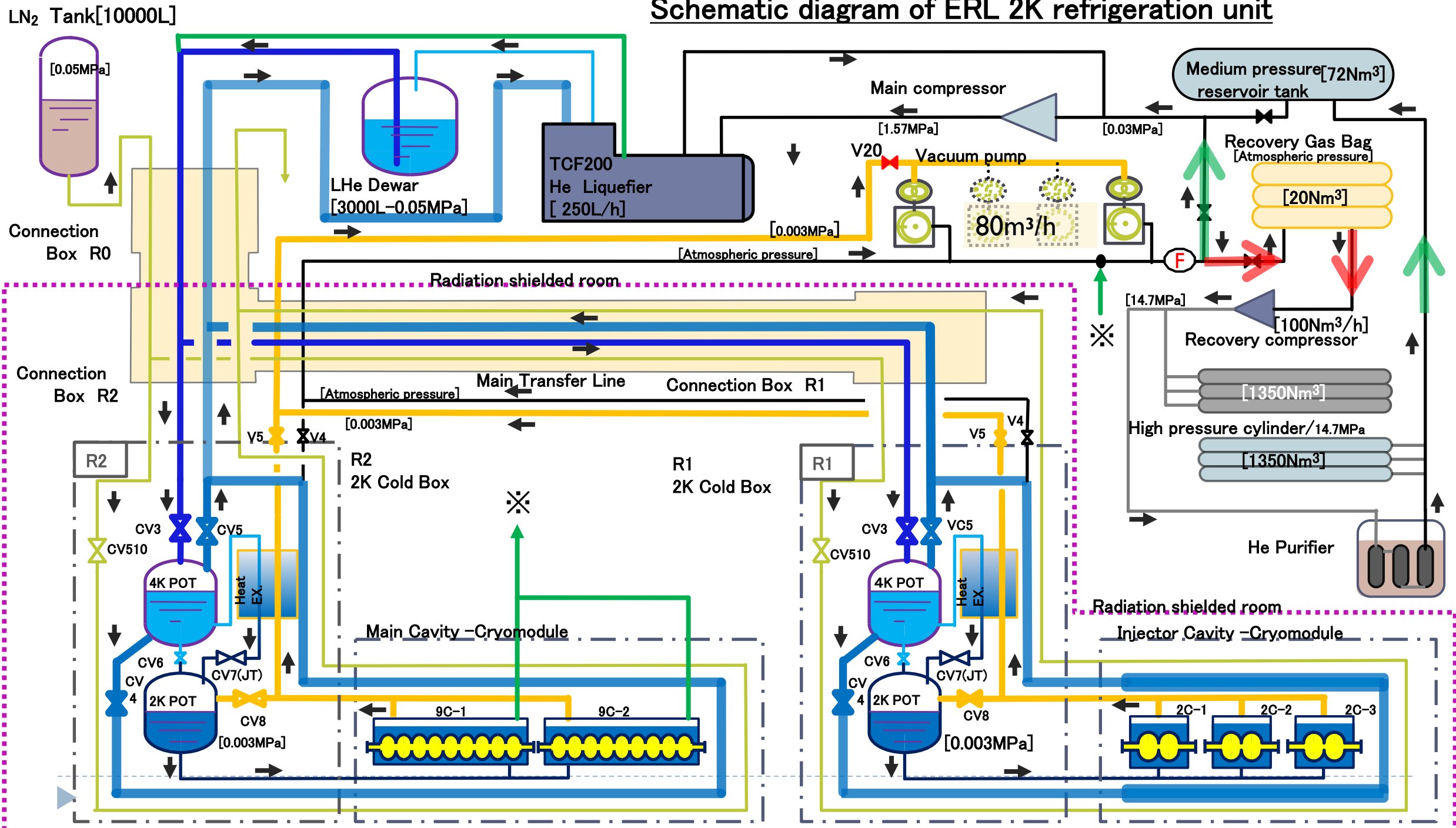
液化機のジュールトムソン弁上流の熱交換の低圧側に戻す事により、寒冷が再利用され冷凍(液化)能力が上がる。

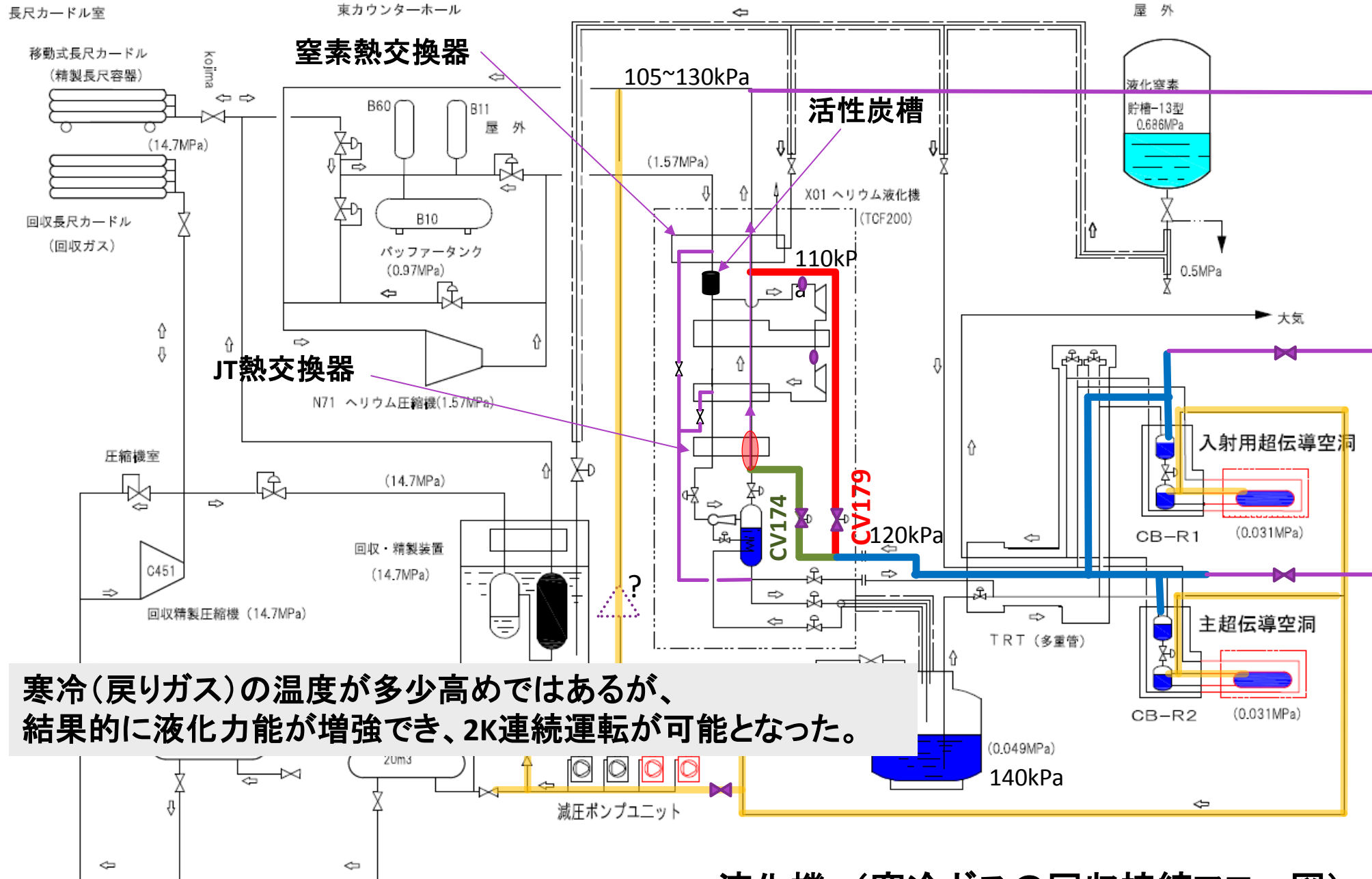


圧縮機の吸入圧力を130kPaから103~105kPaに下げて、とにかく実行してみた。



# Schematic diagram of ERL 2K refrigeration unit

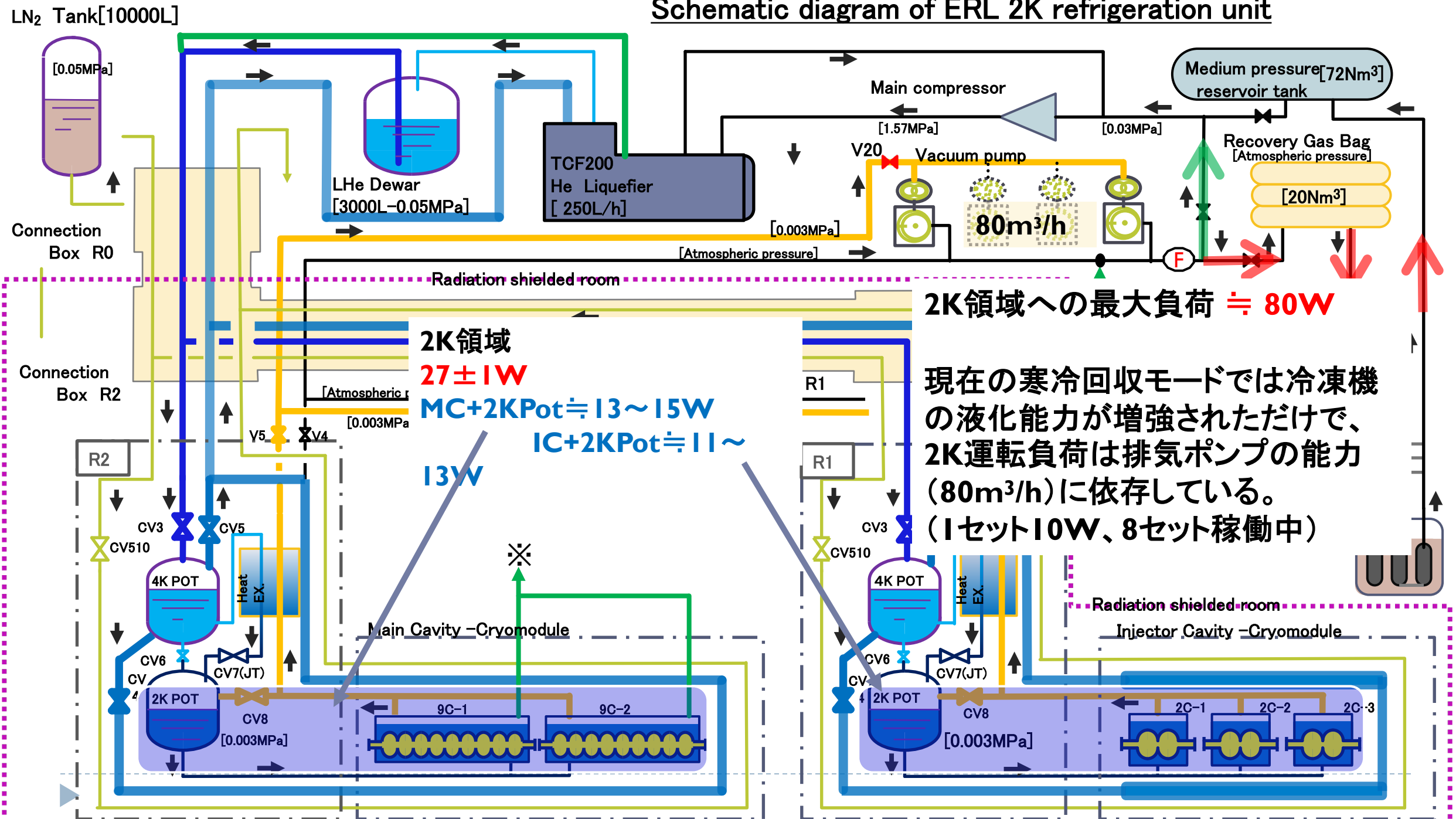




寒冷(戻りガス)の温度が多少高めではあるが、結果的に液化力能が増強でき、2K連続運転が可能となった。

液化機 (寒冷ガスの回収接続フロー図)

# Schematic diagram of ERL 2K refrigeration unit



2K領域への最大負荷 ≒ 80W

現在の寒冷回収モードでは冷凍機の液化能力が増強されただけで、2K運転負荷は排気ポンプの能力(80m<sup>3</sup>/h)に依存している。  
(1セット10W、8セット稼働中)

# 目次

- 1. これまでの進捗状況
  - 冷却システムの概要と現在の仕様
- 2. 長期冷却運転の問題と対策
  - 2-1 クールダウンの自動化、
  - 2-2 精製装置再生運転
  - 2-3 寒冷(4.2~10K の ヘリウムガス)の回収運転
- **3. まとめ及び今後の課題**
-

## まとめ

- ◎ 2モジュールの初回の同時クールダウンは100Kまで実質**7日間**、2回目は約**6日間**、3回目には**4日間**で行えるようになった。冷却平均**2.1K/h**で冷却することが出来た。
- ◎ 2K定常運転時には圧力( $3.0 \pm 0.02\text{kPa}$ )、温度及び液面の安定した制御を行うことが出来た。
- ◎ 寒冷(4~10Kのヘリウムガス)の直接回収運転が可能となり、2Kでの連続運転が可能となった。
- ◎ 真空排気ポンプのオイルを直接、主圧縮機に排気ヘリウムガスを戻すことが可能となった。結果的に回収精製運転を行う必要がなくなった。

## 今後の課題

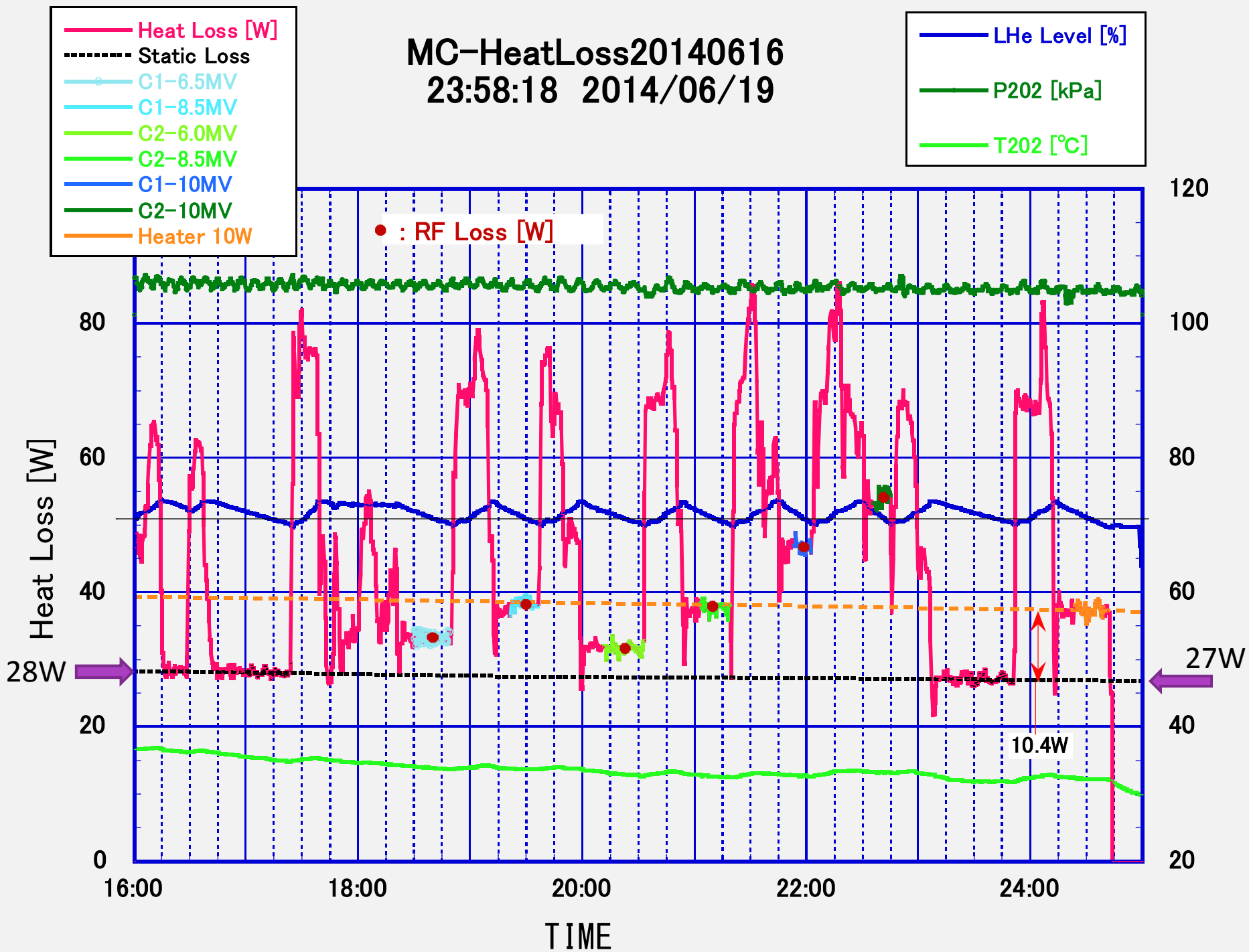
1. 減圧ポンプ用チラーの増強
2. 2K領域に使用される低温弁の改良
3. 今後の課題、運転マニュアルの整備と改善
4. 各部の熱負荷の解析
5. 真空排気装置の増設
6. 温度計、圧力計、液面計の整備等。



• ご清聴ありがとうございました

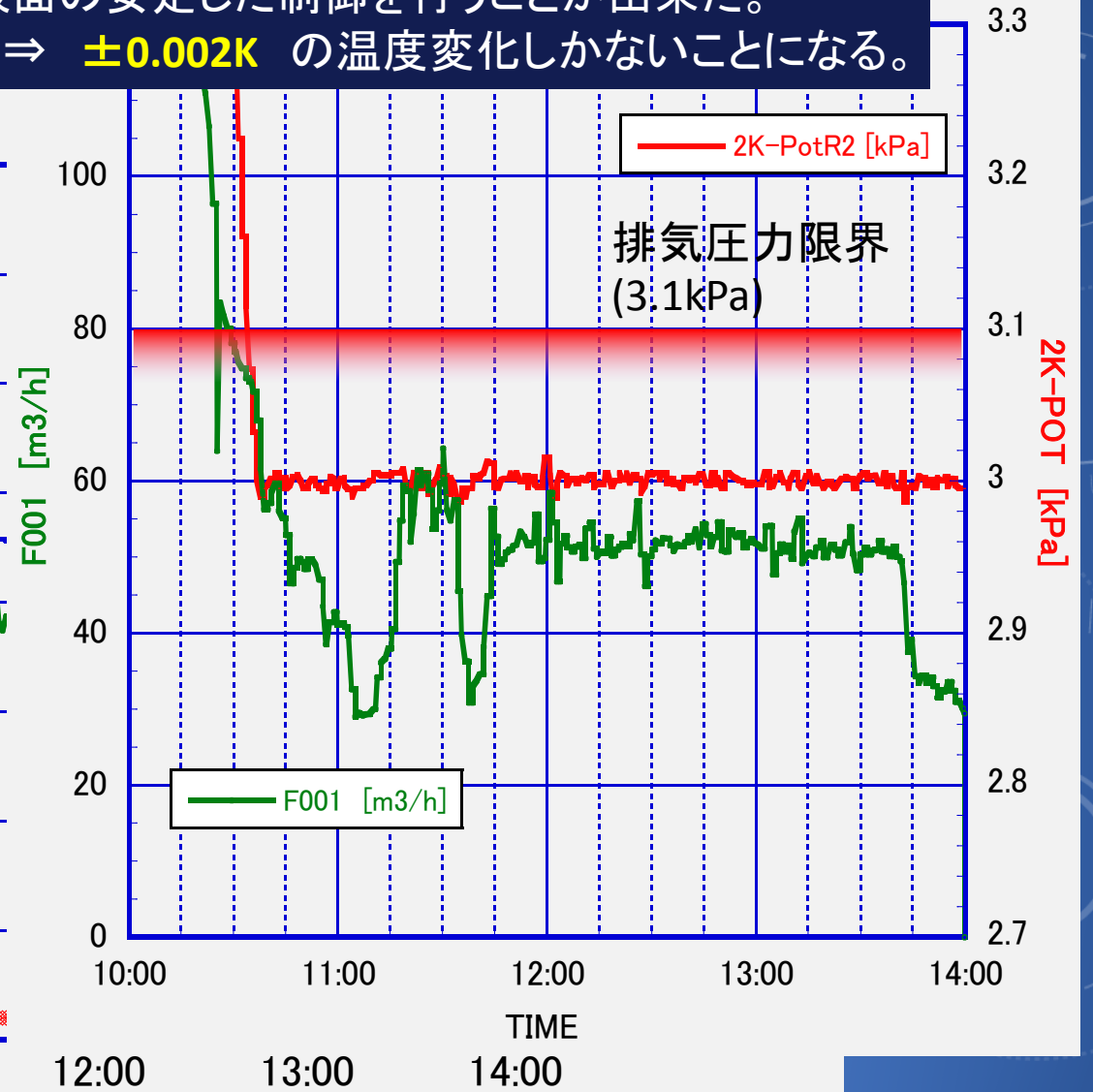
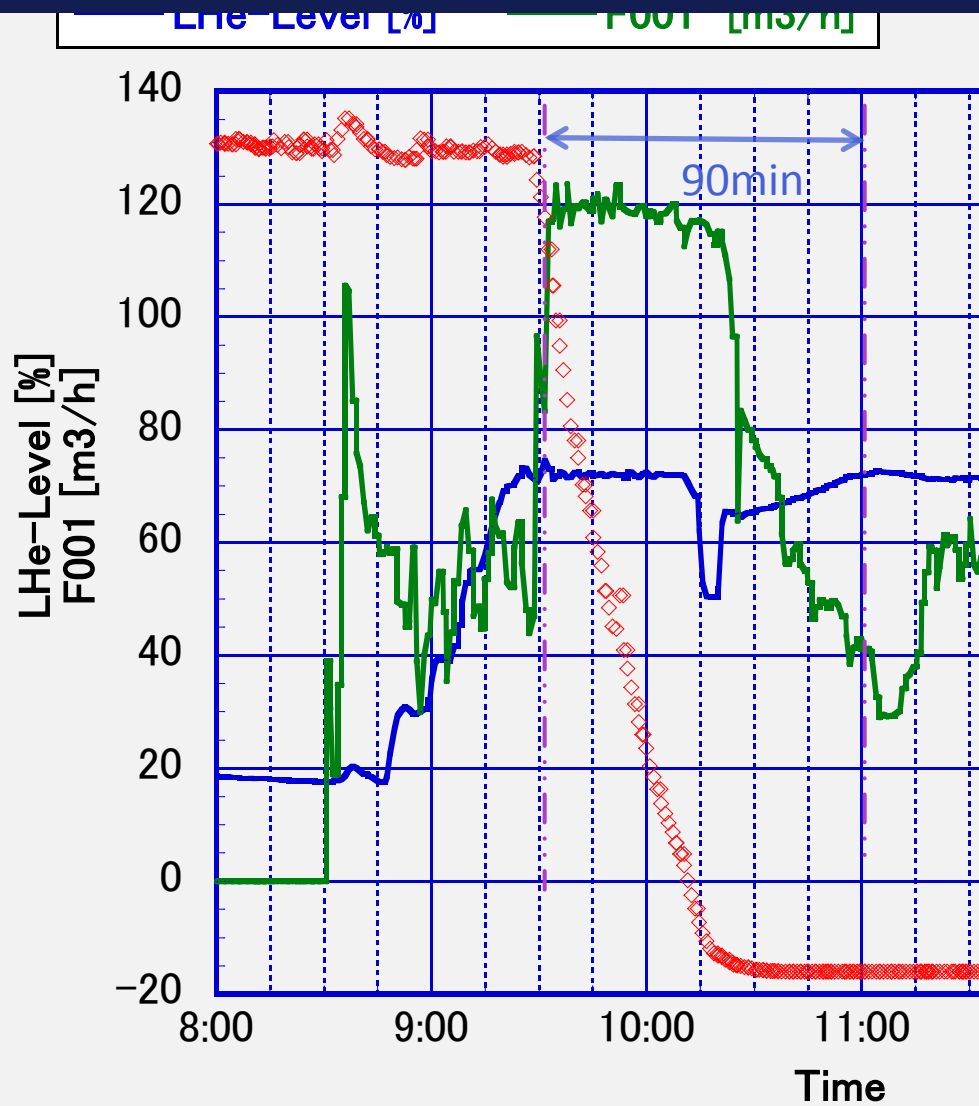
# MC-HeatLoss20140616

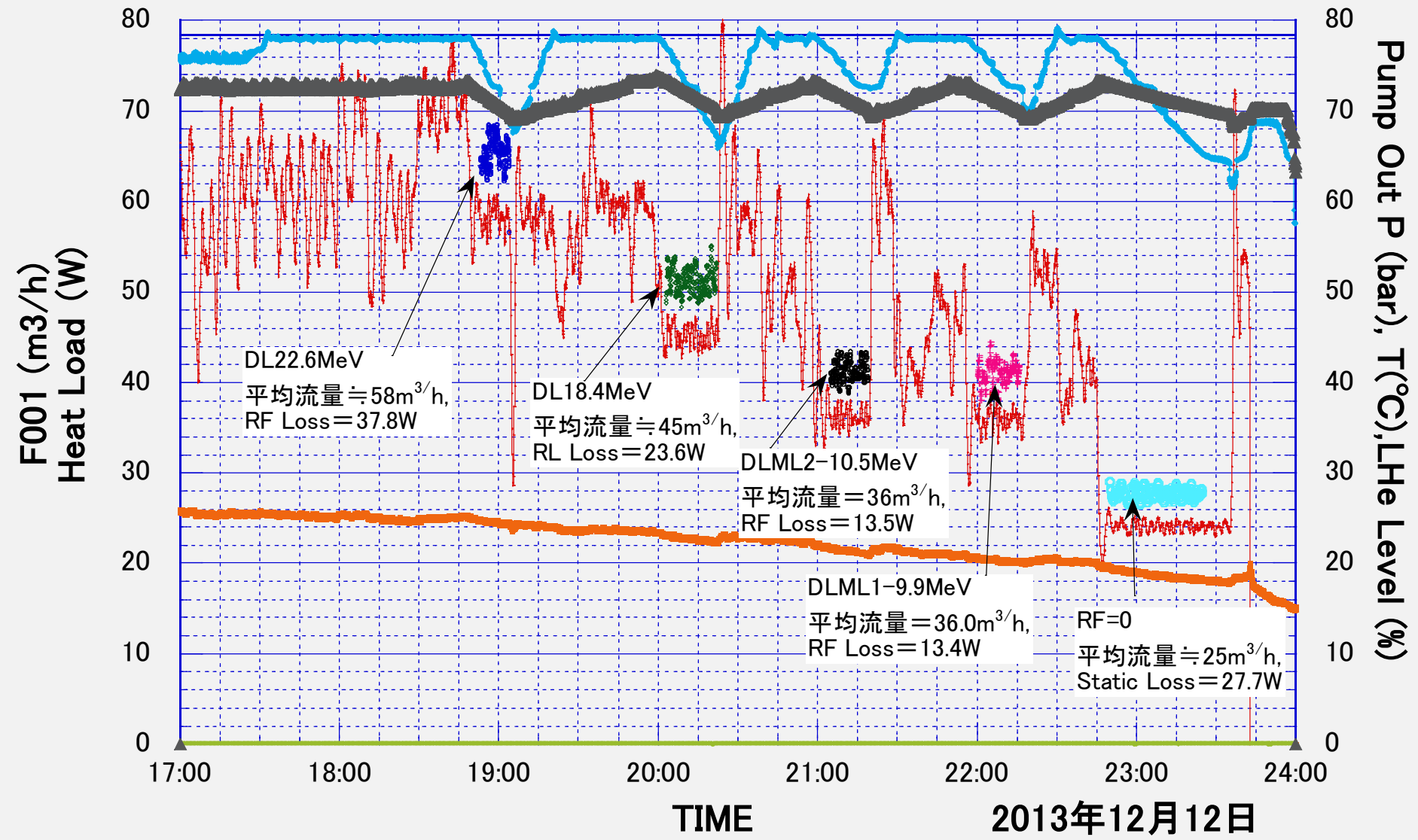
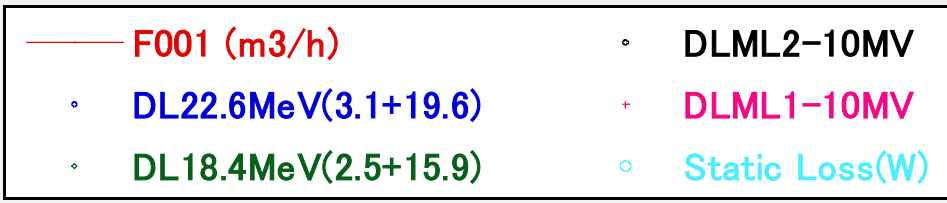
23:58:18 2014/06/19



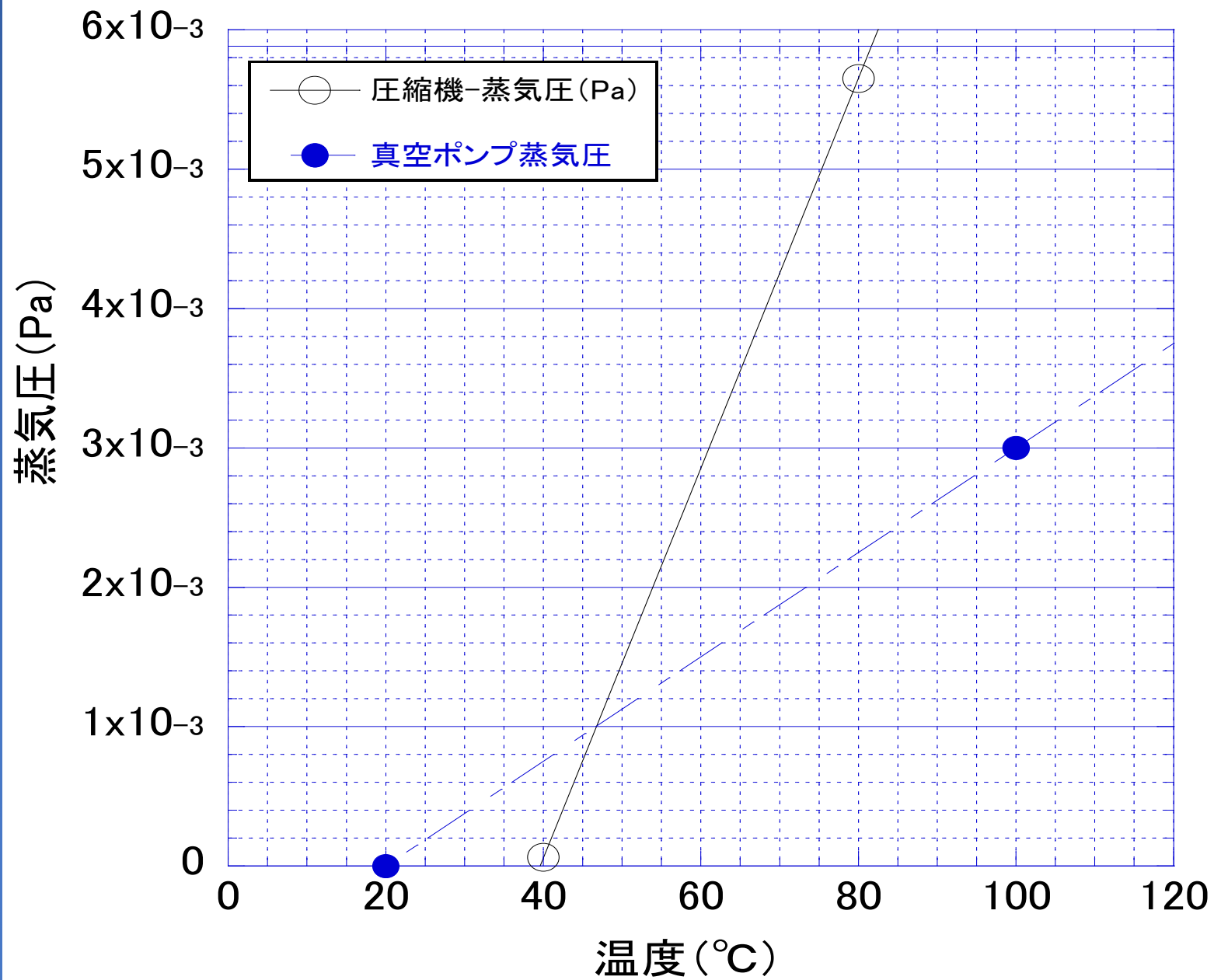
2K定常運転時には圧力(3.0±0.02kPa)、温度及び液面の安定した制御を行うことが出来た。

注)2K付近では  $\Delta P=1\text{kPa} \Rightarrow 0.1\text{K}$   $\therefore 0.02\text{kPa} \Rightarrow \pm 0.002\text{K}$  の温度変化しかないことになる。



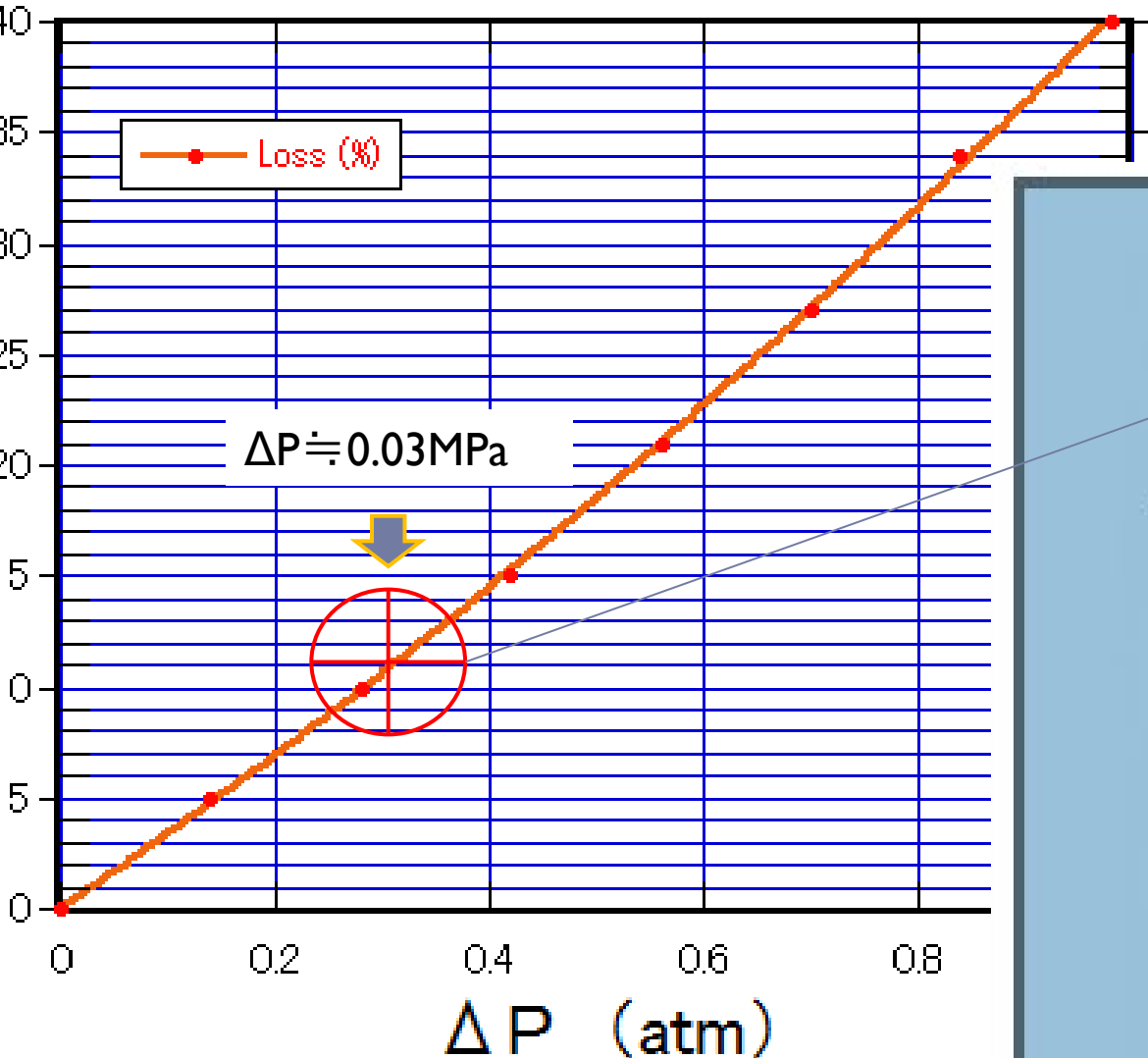


# オイルの蒸気圧と温度





フラッシュロス



4.2K領域  $\div 110 \text{ W} \Rightarrow 157 \text{ l/h}$   
 2K領域  $\div 27 \pm 1 \text{ W} \Rightarrow 50 \text{ l/h}$  ( $33 \text{ l/h} \div 0.66 = 50 \text{ l/h}$ )  
 総消費量  $207 \text{ l/h} \times 1.11 = 230 \text{ l/h}$

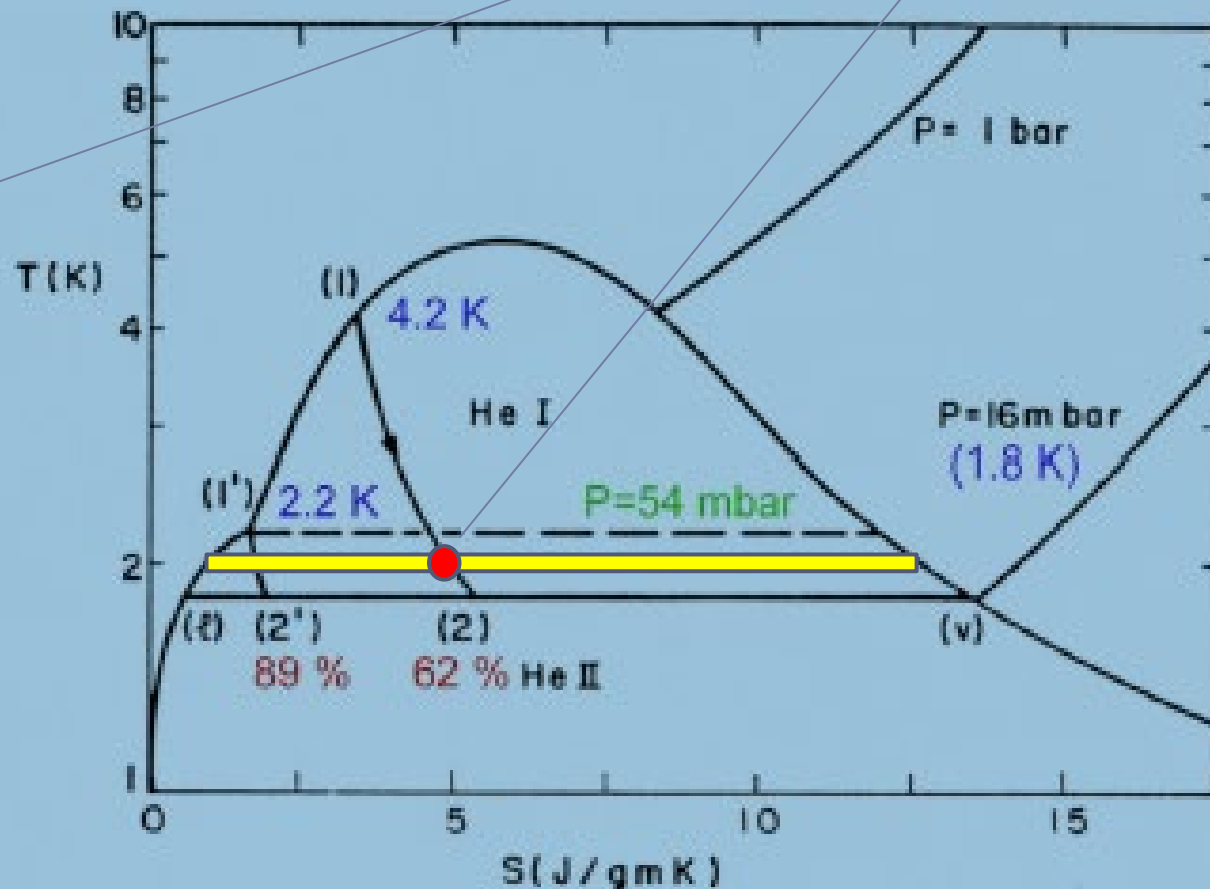
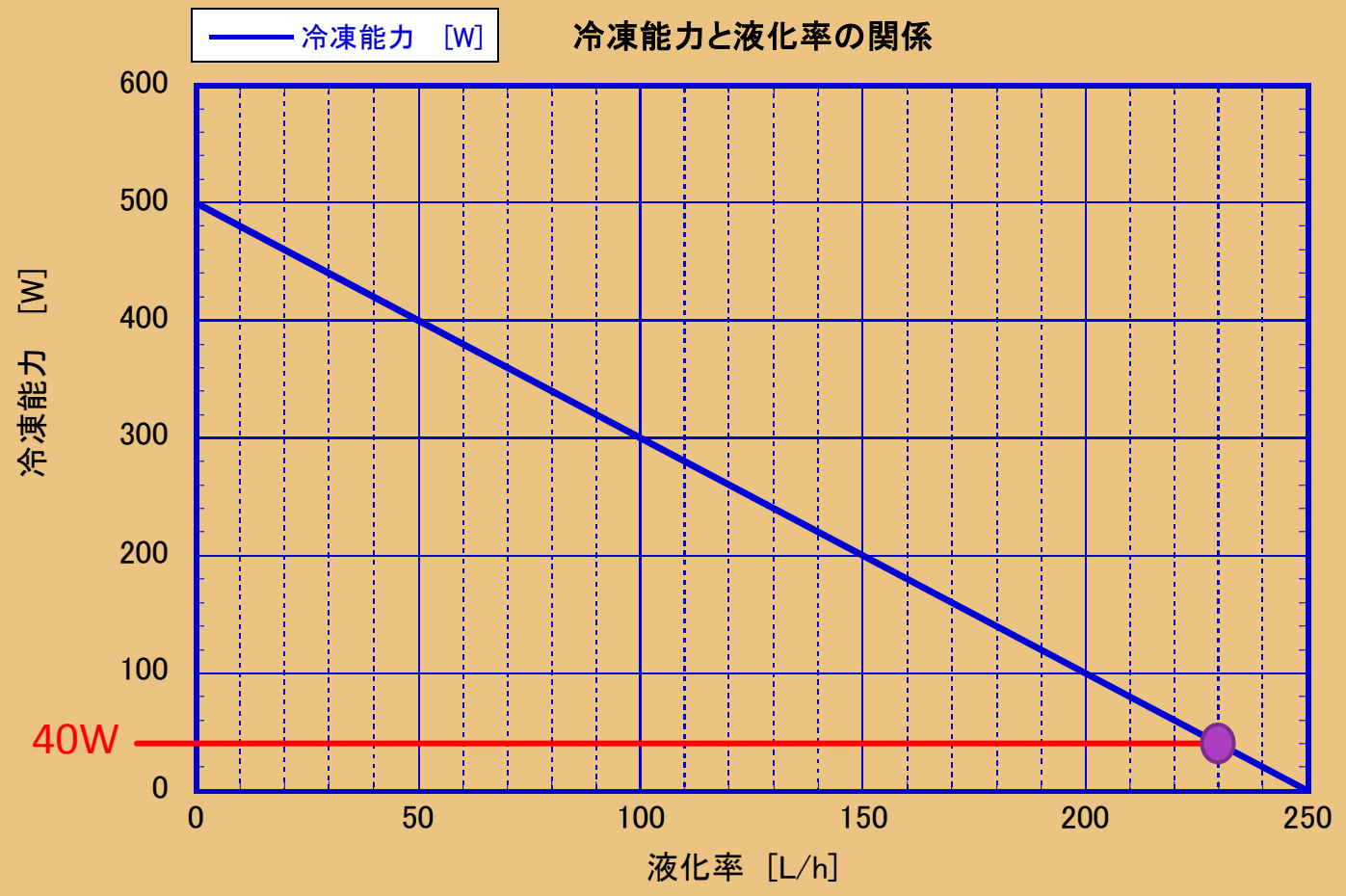


Fig. 4 J-T 弁入口温度による液化率の

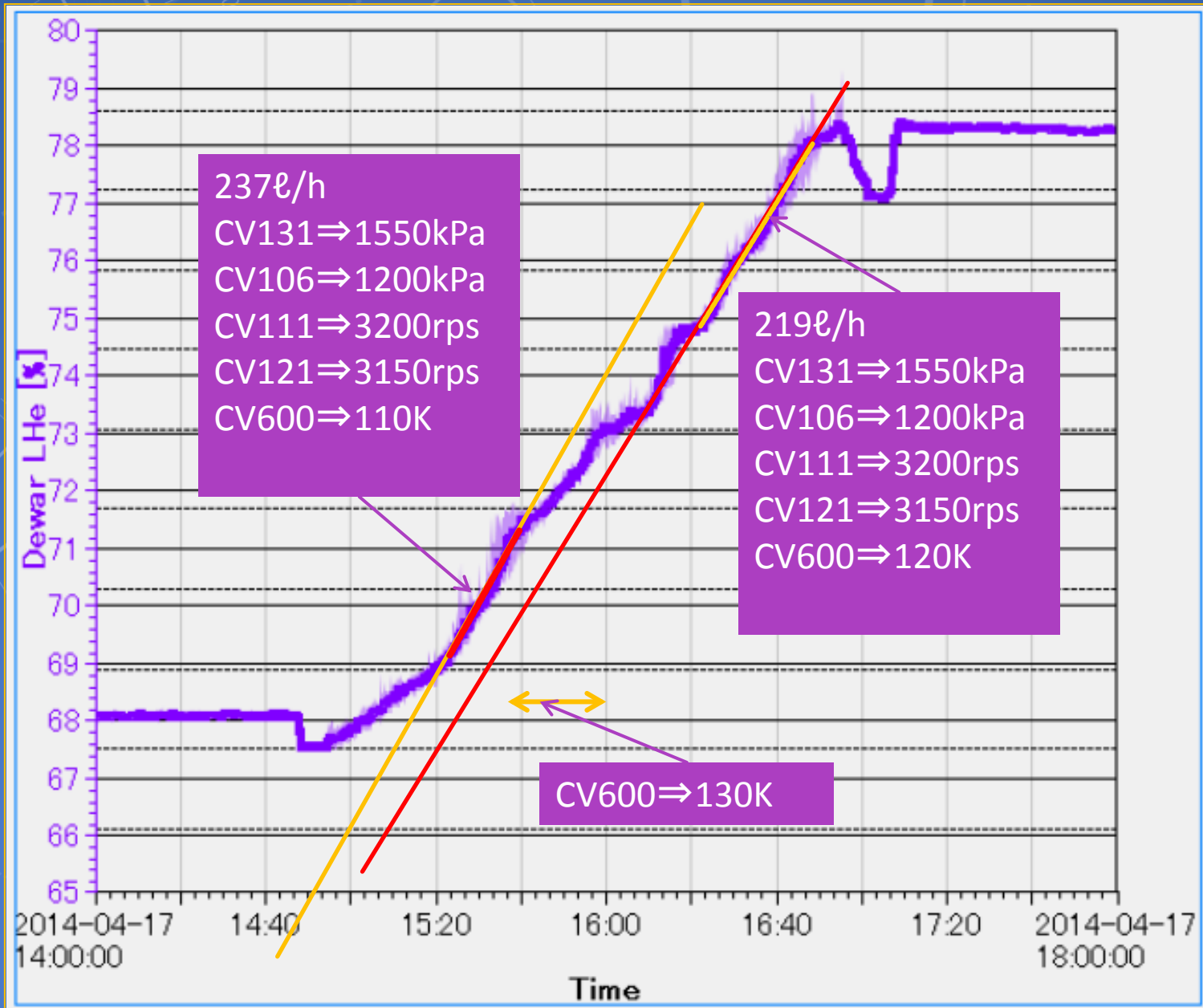
# 液化率と冷凍能力



## 定常状態の熱負荷

冷凍機液化/冷凍能力: 250ℓ/600W(公称値)

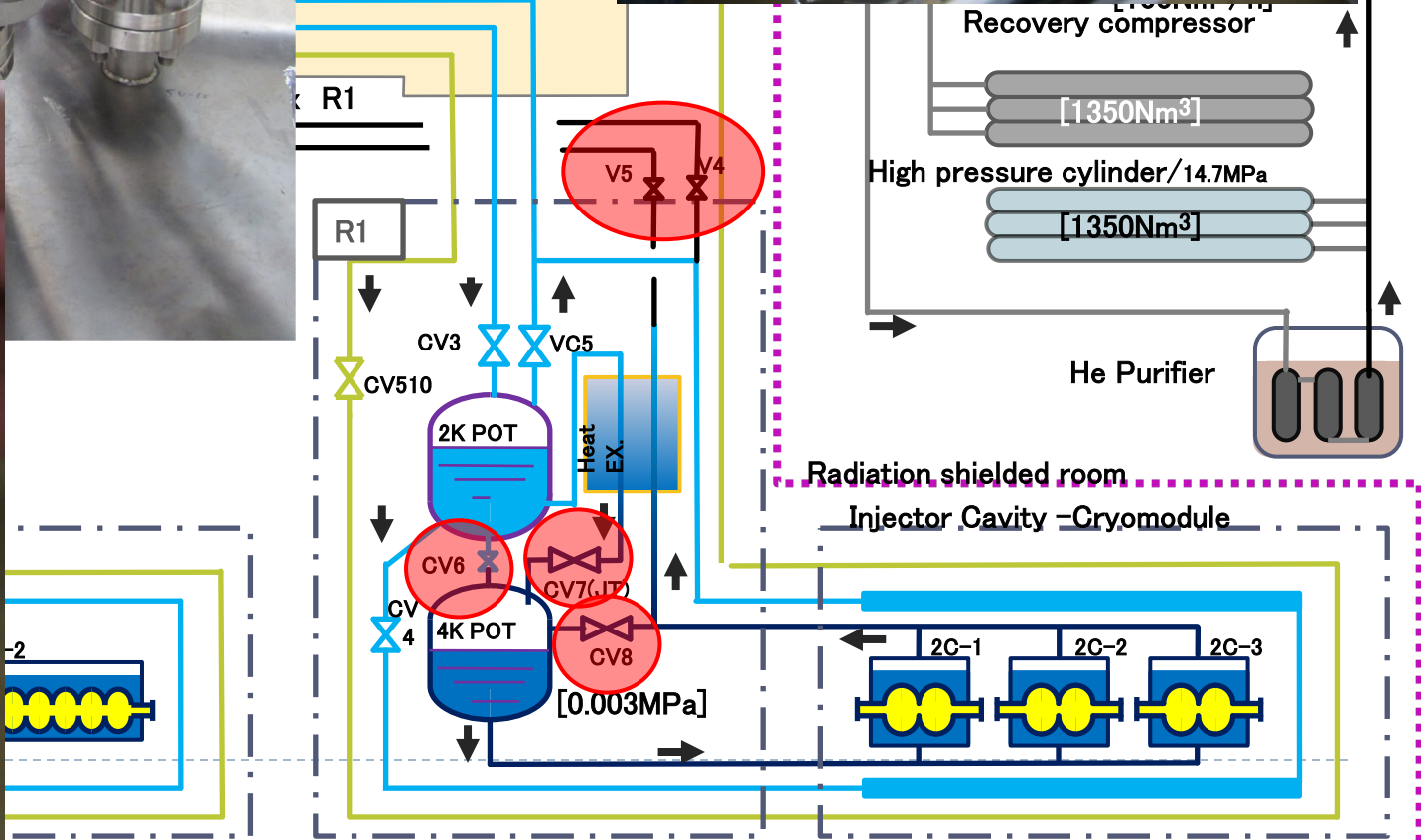
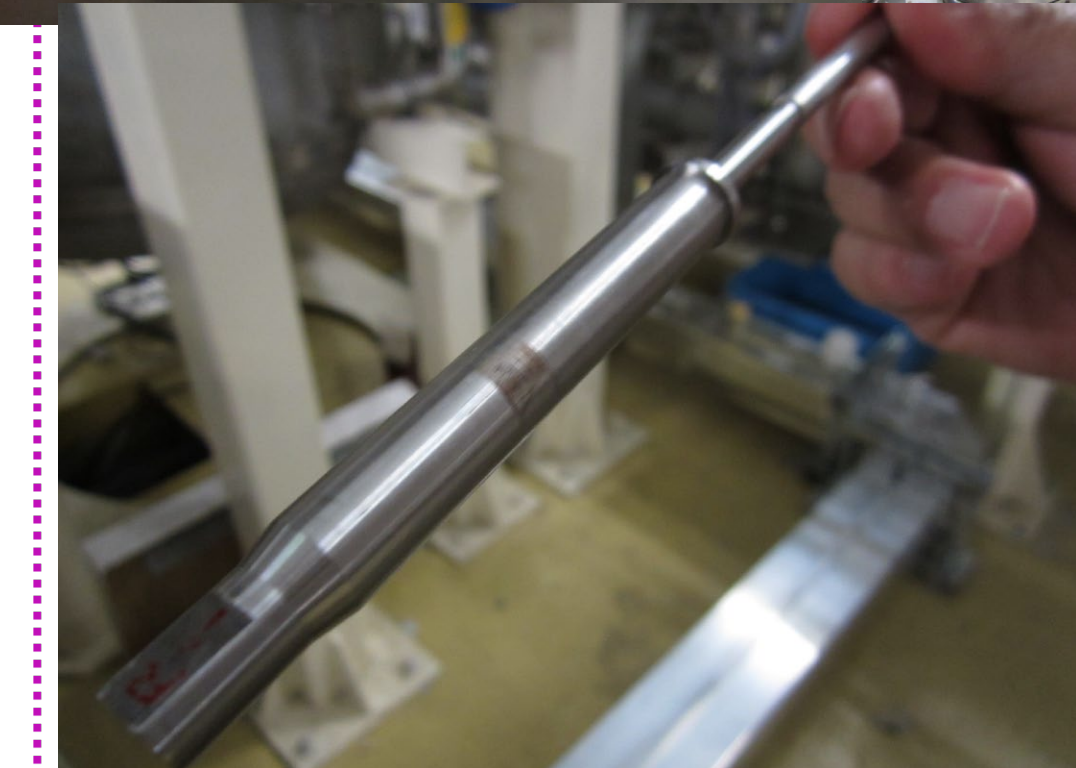
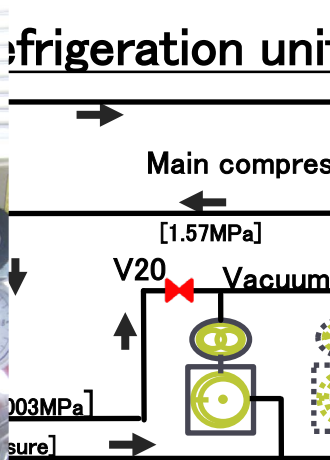
| 機器名   | 熱負荷(W)                            | 液化He消費量                          | 減圧ポンプ排気量   | 備考  |
|---|-----------------------------------|----------------------------------|--|-----|
| マルチトランスファーライン<br>+4Kポット(2台)   | 35W                               | 50ℓ/h                            |  |     |
| 入射空洞5Kシールド用貯槽   | 55W                               | 79ℓ/h                            |  |     |
| 主空洞5Kシールド   | 30W                               | 43ℓ/h                            |  |     |
| 小計  | 110W                              | 162ℓ/h                           |  |     |
| 2K領域(スタティックロス)<br>2Kポット(1W)+入射空洞<br>2Kポット(1W)+主空洞                         | 27W<br>(12W)<br>(15W)             | (2K:33.3ℓ/h)<br>4.2K換算<br>≒51ℓ/h | ≒26m <sup>3</sup> /hr (27°C)<br>≒36m <sup>3</sup> /hr (27°C)(液面維持) | 72% |
| 2K領域(定常ビーム加速時)18.4MeV<br>2Kポット(1W)+入射空洞(2.5MeV)<br>2Kポット(1W)+主空洞(15.9MeV) | 51W<br>RF Loss =6W<br>RF Loss=18W |                                  | ≒45m <sup>3</sup> /hr (27°C)<br>≒60m <sup>3</sup> /hr (27°C)(液面維持) |     |
|   |                                   |                                  |  |     |



# 1. 冷却システムの概要と現在の仕様

| 項目  | 期間                 | 2K維持時間<br>平日 | 土日の状態             | 低温ガスの回<br>収先              | 最大熱負荷<br>[W]<br>排気流量<br>m3/h                                       | 窒素消費量<br>総計 [ℓ]<br>(ℓ/day) |
|-----|--------------------|--------------|-------------------|---------------------------|--|----------------------------|
| 1回目 | 2013/11～12月<br>40日 | 12hr         | 液面を下げて<br>4.2Kを維持 | 液化機<br>CV179(100K)        | Static Loss<br>≒27±1 W<br><br>加速エネルギー<br>≒18MeV<br>51W<br>62±3m3/h | 100,274                    |
|     | (12/6～)            | 14hr(24hrも可) | 4.2Kで液面維持         | CV174(4K)                 |  | (2507)                     |
| 2回目 | 2014/1～3月<br>60日   | 12hr         | 液面を下げて<br>4.2Kを維持 | ガスバッグ/<br>冷凍機高温部<br>CV179 |  | 161,504                    |
|     |                    |              |                   |                           |  | (2691)                     |
| 3回目 | 2014/5～6月<br>43日   | 14hr(24hrも可) | 4.2Kで液面維持         | 冷凍機低温部                    |  | 114,053                    |
|     |                    |              |                   | CV174                     |  | (2652)                     |
|     |                    |              |                   |                           |  |                            |





## • まとめ

- ◎2モジュールの初回の同時クールダウンは4.2Kまで実質9日間、2回目は約6日間、3回目には**4日間**で行えるようになった。冷却速度は100Kまで平均2.1K/hで冷却することが出来た。
- ◎2K定常運転時には圧力(3.0±**0.02kPa**)、温度及び液面の安定した制御を行うことが出来た。従って、あえてコンペンセートヒータ制御を行わないこととなった。

注)2K付近では  $\Delta P = 1\text{kPa} \Rightarrow 0.1\text{K}$   $\therefore 0.02\text{kPa} \Rightarrow \pm 0.002\text{K}$  の温度変化しかないことになる。

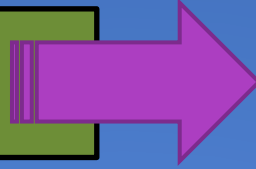
- ◎寒冷(4~10Kのヘリウムガス)の直接回収運転が可能となり、本2K冷却システムの許容熱負荷は現状80Wで、総加速電圧22.6MeV(37.8W)運転でも、液面維持できる事を確認した。RFロス(18.4MeV)で23.6Wであったから約14W以上の余裕があることがわかる。その時の排気ポンプの排気流量(室温)は約72m<sup>3</sup>/hであったことから**RF Lossで45W(現状より+20W)**を吸収する余裕があることが予測される。
- ◎真空ポンプのオイルを主圧縮機と同一にし、気密、耐圧の良いステンレス製オイルフィルター槽と交換した効果でポンプの排気ヘリウムガスを圧縮機の吸入側に戻すことが可能となった。結果的に回収精製運転を行う必要が無くなった。
- ※主空洞と同仕様の空洞モジュールを追加した場合、真空ポンプを2セット増強すれば許容熱負荷をさらに20Wに上げることが可能だが連続2K維持運転は不可？。
- ◎今後は運転マニュアルの整備と改善。ハード面では2K領域に使用されるバルブの改良、真空排気装置の増設、温度計、圧力計、液面計の整備等。



# 長期連続冷却運転の問題と対応

## 2-1 精製装置再生運転のタイミング

最大80Nm<sup>3</sup>/hr(960Nm<sup>3</sup>/day)  
回収ヘリウムを精製する

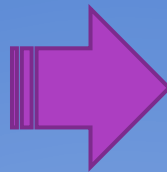


◎冷凍運転中は自転車操業  
となり、精製装置の再生中に  
ガス欠になる可能性がある

精製装置の再生時間≒12時間

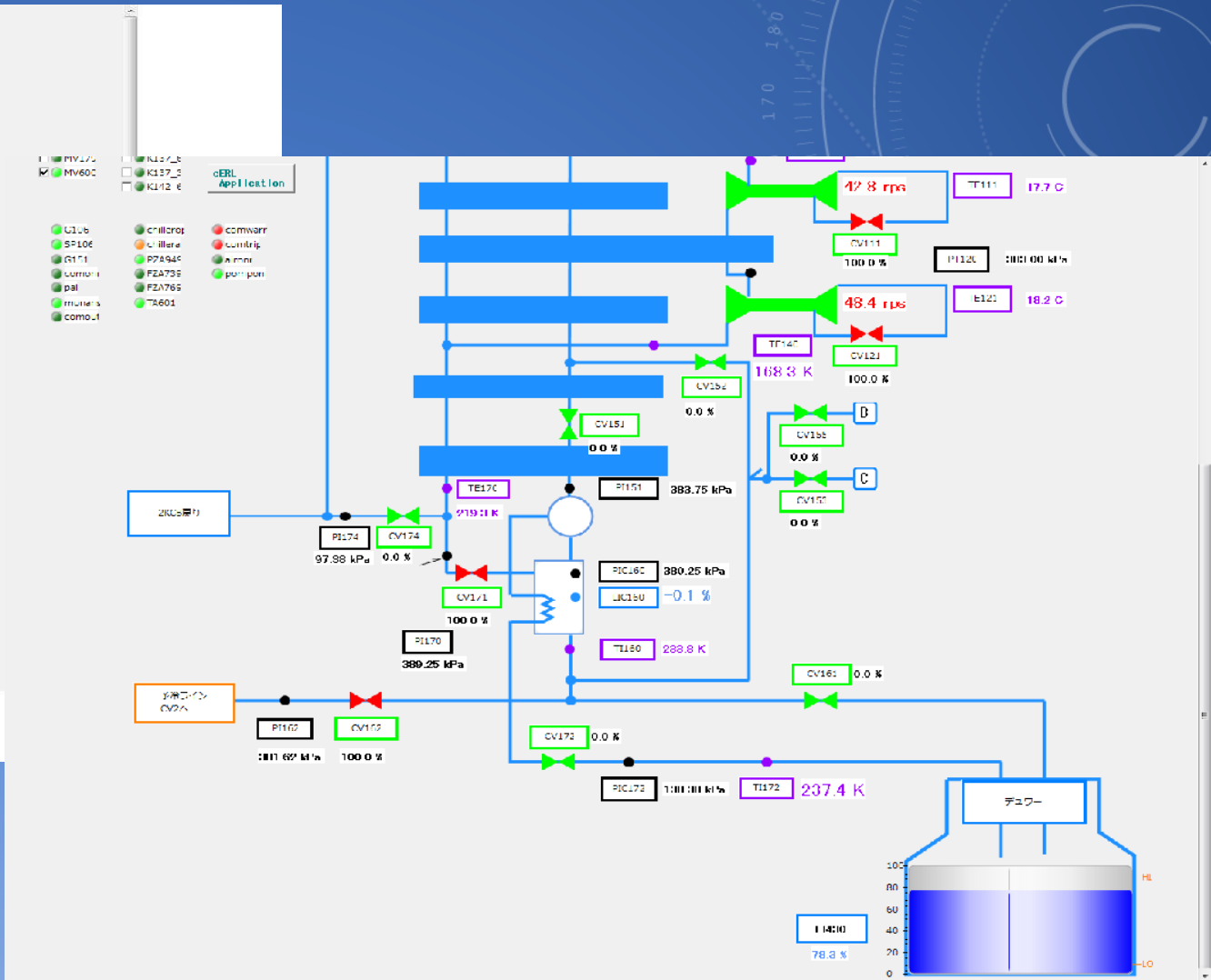
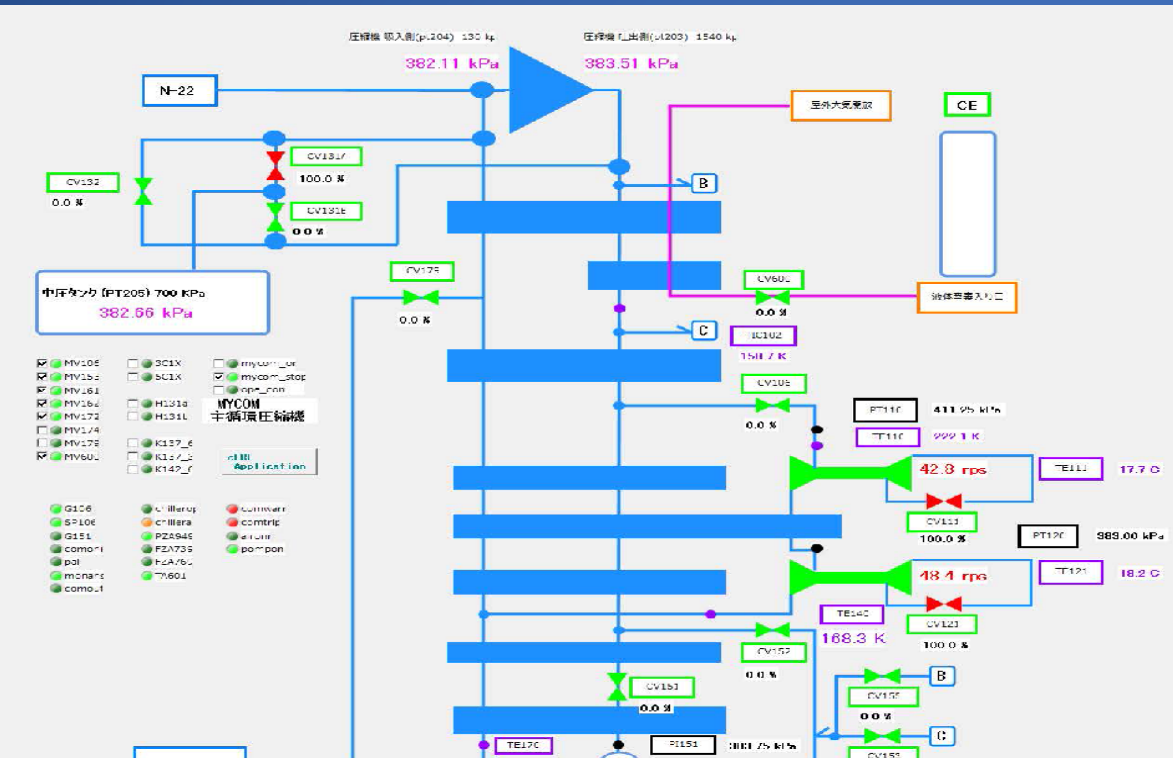
対応策

真空ポンプの排気ヘリウムガスを  
直接主圧縮機の吸入配管に戻す  
ことで精製運転をする必要が無く  
なる。



- ◎真空ポンプやオイルフィルターを気密構造とする。  
(シールワッシャーを使用)
- ◎ポンプオイルを主圧縮機と同じオイルと交換。

# システムの制御画面の開発 : CSS画面



# 長期連続冷却運転の 問題と対応

## 運転条件

冷却試験期間 : 40日以上(土日は77K以下で維持運転)

2K冷却維持運転 : 10時間/日(12:00~22:00)

2K領域蒸気圧力 :  $3.0 \pm 0.1$  kPa以内

2K領域熱負荷 : 最大 80W (定格運転時≒60W)

## 2. 安定した2K維持運転(気密性能)

2012年の冷却試験時にリーク発生  
(JT弁のスピンドルより空気の混入)

- ◎配管、バルブの閉塞
- ◎冷却性能の劣化
- ◎He純度不良

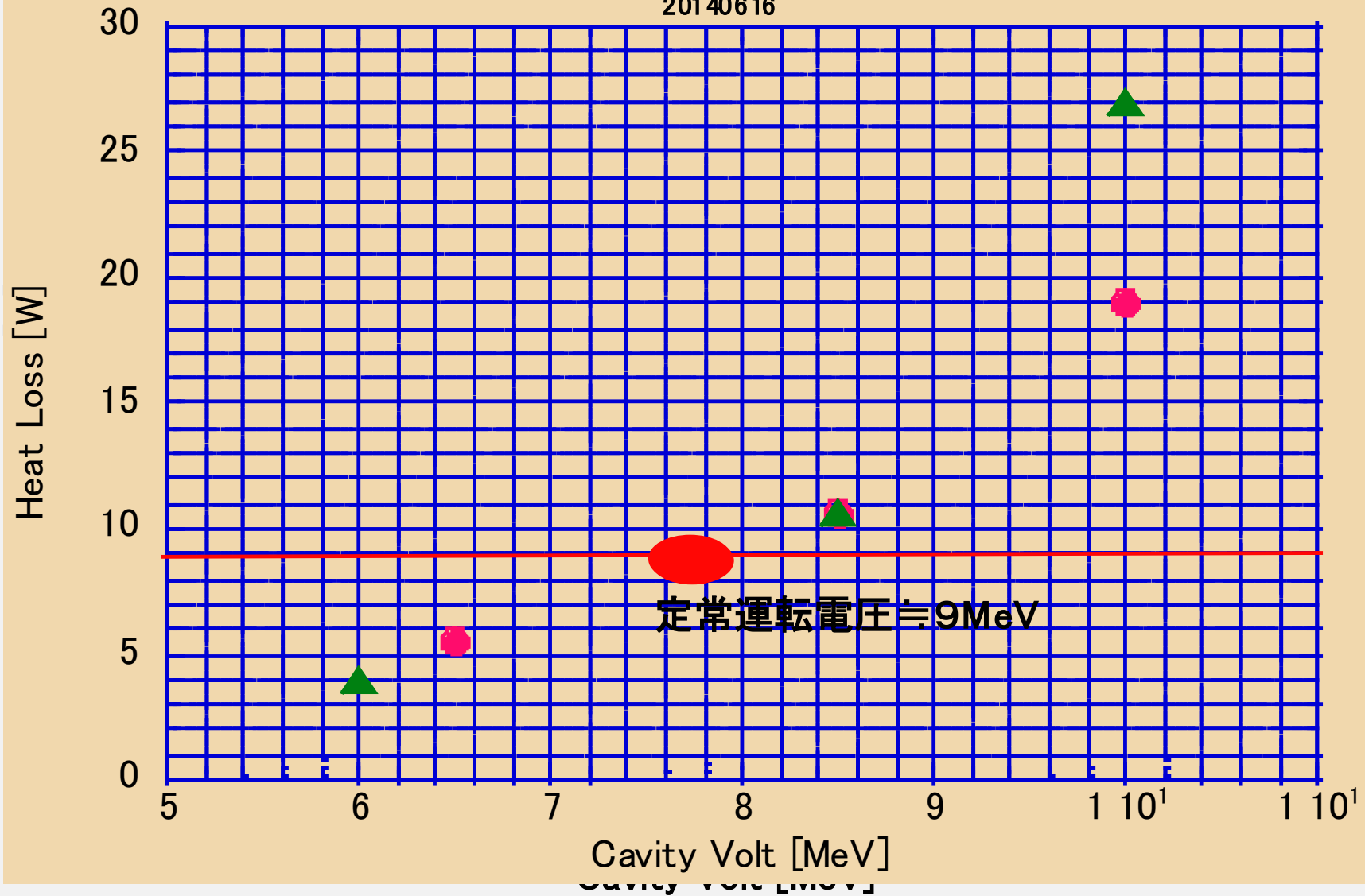
原因はJT弁のアクチュエーターとスピンドルのセンターが合っていなかった。  
バルブのゼロ点がマイナス設定され閉めすぎによりスピンドル下部が弓なりに変形していた。

### 対応

アクチュエーターの調整  
スピンドル室温部のOリング交換  
スピンドルの閉めすぎ防止策

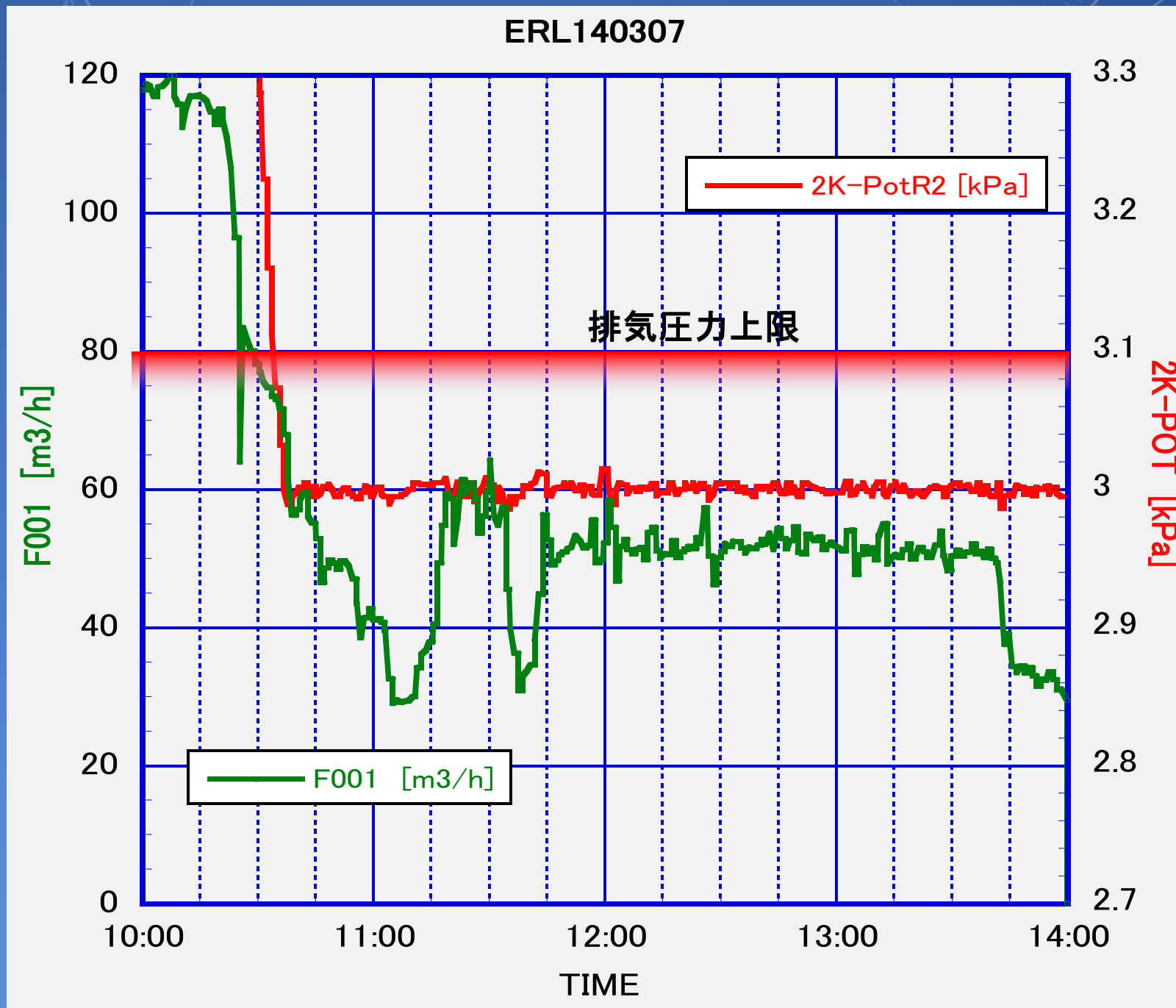


ERL MC 1,2 Dynamic Loss  
20140616



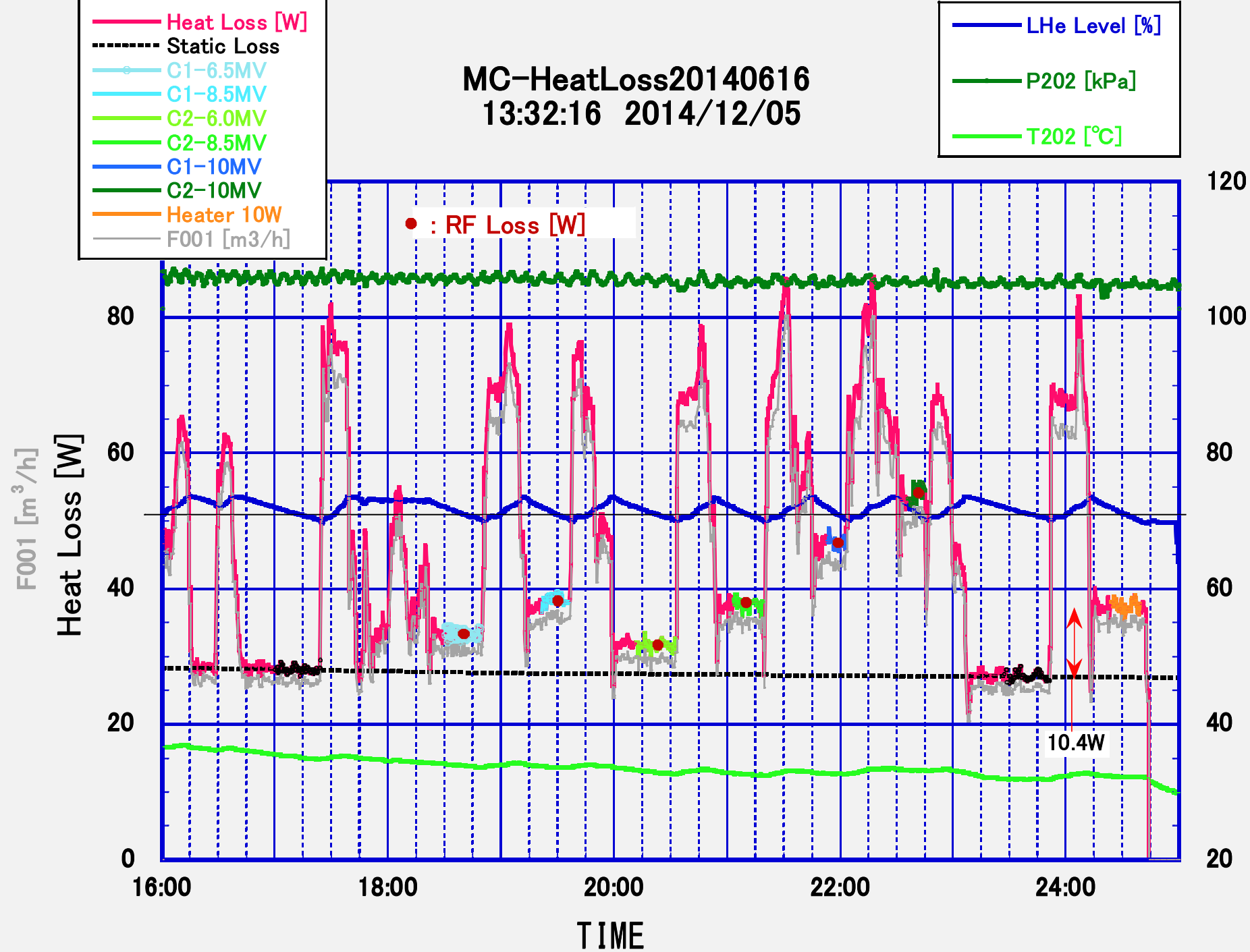


# 压力安定度 (温度)

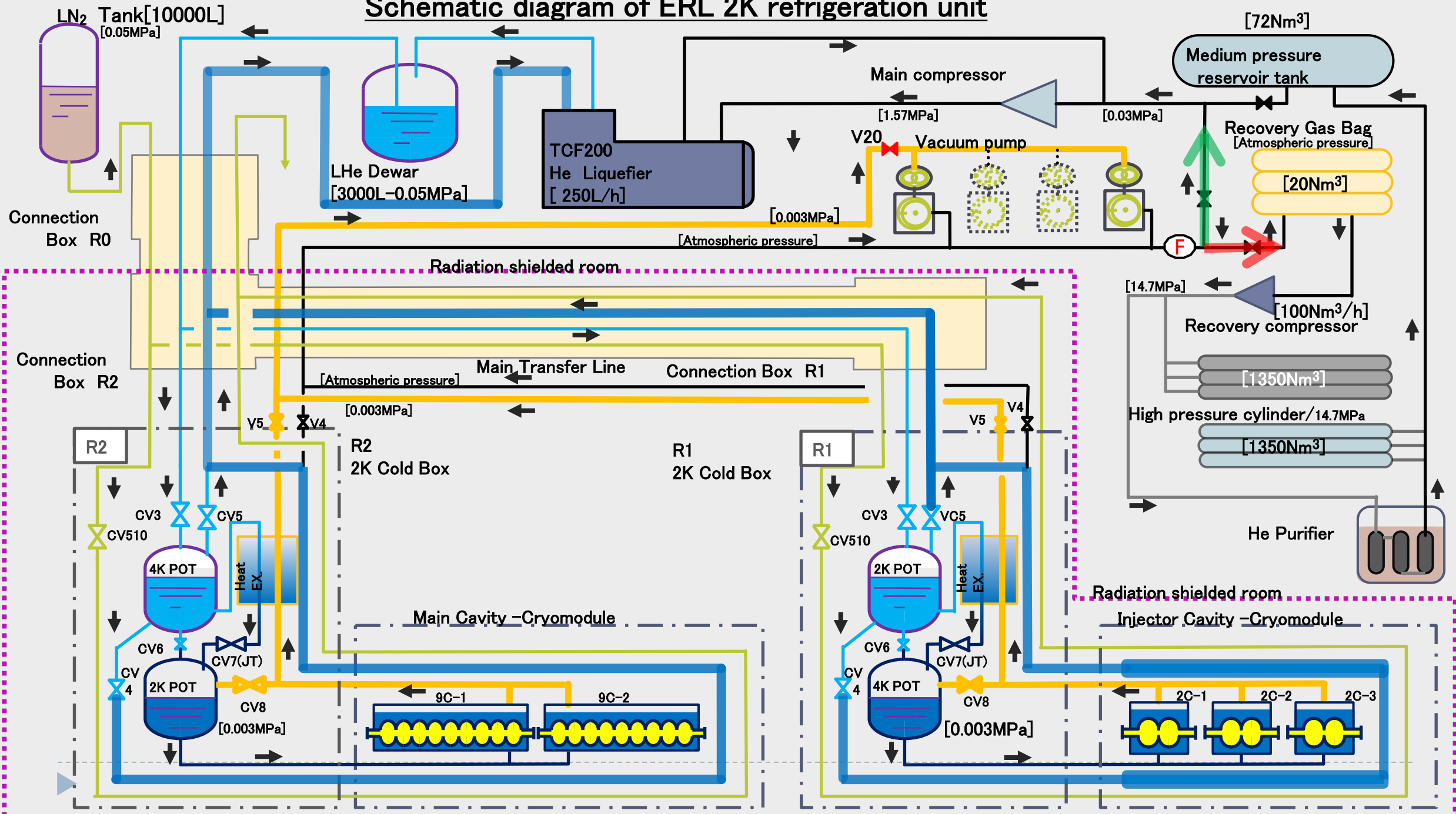


# MC-HeatLoss20140616

13:32:16 2014/12/05

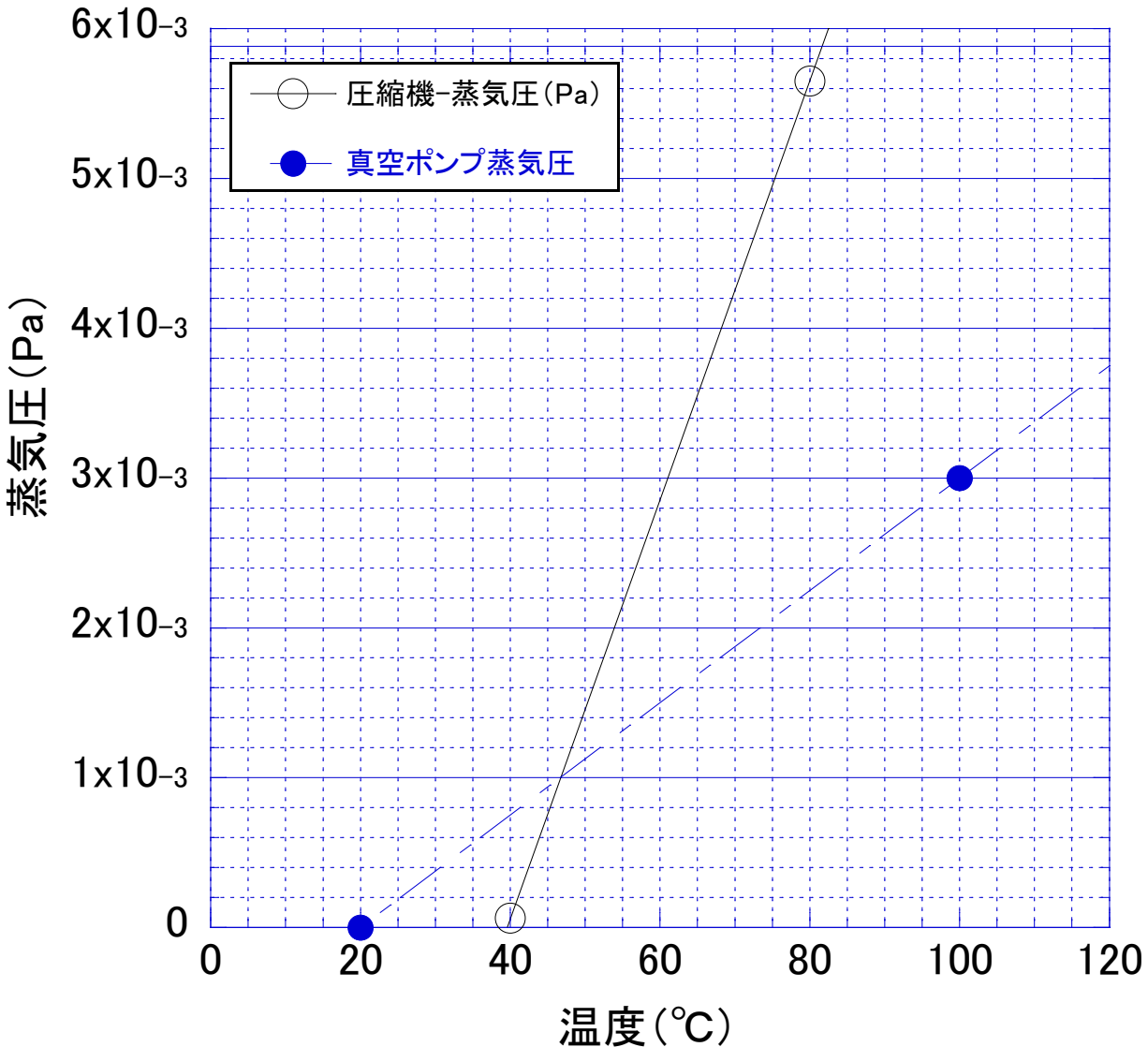


# Schematic diagram of ERL 2K refrigeration unit



# 主圧縮機オイル仕様

## オイルの蒸気圧と温度



# 真空ポンプオイル仕様 グレード70

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| 蒸気圧(Pa):     |                      |
| 20 °C        | $2.1 \times 10^{-7}$ |
| 100 °C       | $3.0 \times 10^{-3}$ |
| 分子量          | 600                  |
| 15 °Cでの比重    | 0.86                 |
| 粘性cSt:       |                      |
| 20 °C時       | 222                  |
| 40 °C時       | 70                   |
| 流動点(°C)      | -12                  |
| 引火点(°C)      | 230                  |
| 自動点火点(°C)    | 360                  |
| 硫黄量(質量による比率) | 0                    |

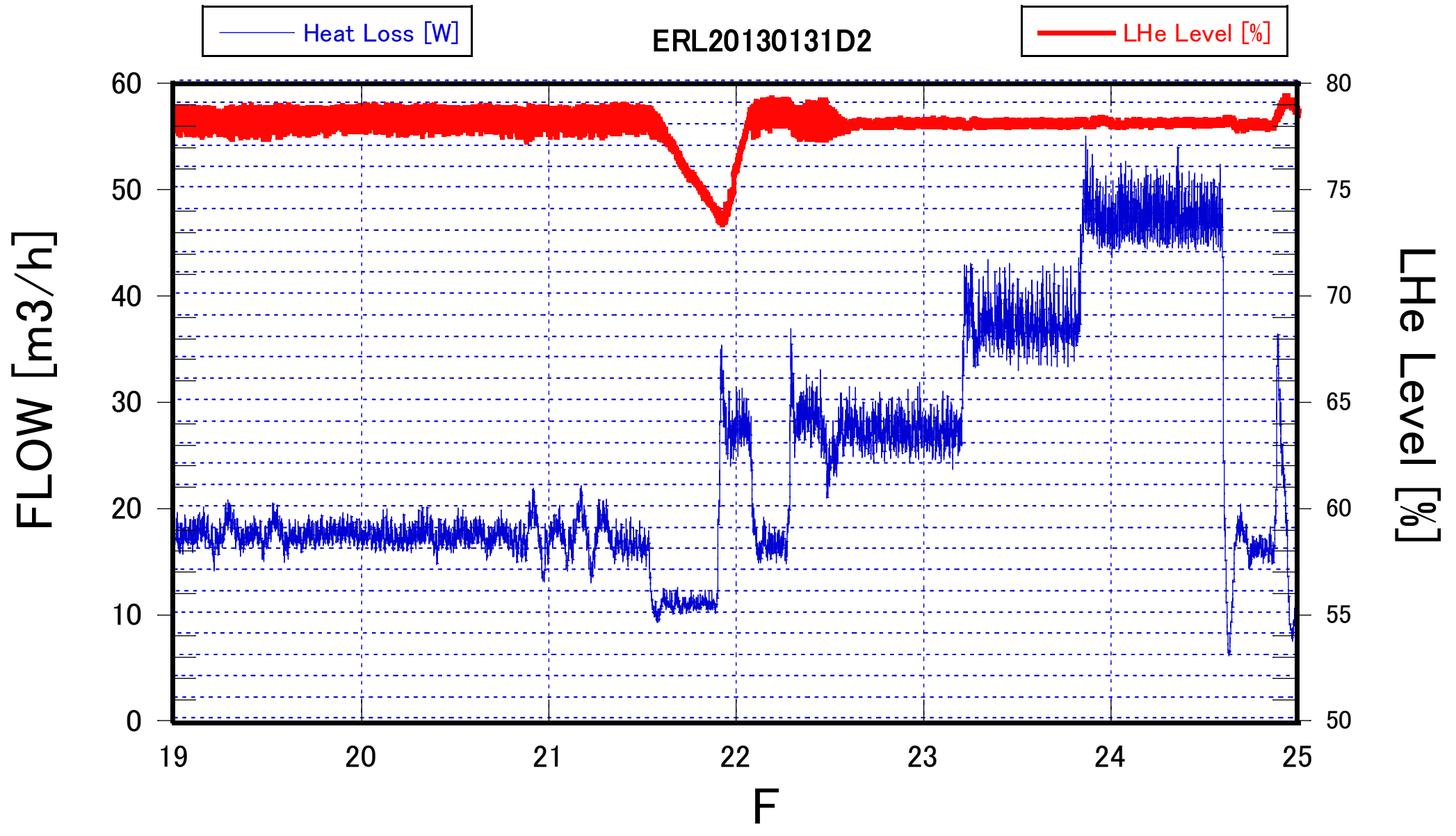
表1 潤滑油動粘度の分類(ISO)

| 粘度グレード<br>ISO 3448 | 中点粘度<br>mm <sup>2</sup> /s (cSt),<br>at 40 °C | 動粘度限界<br>mm <sup>2</sup> /s (cSt), at 40 °C |      |
|--------------------|---|---|------|
|                    |   | min.  | max. |
| VG 2               | 2.2   | 1.98  | 2.42 |
| VG 3               | 3.2   | 2.88  | 3.52 |
| VG 5               | 4.6   | 4.14  | 5.06 |
| VG 7               | 6.8   | 6.12  | 7.48 |
| VG 10              | 10  | 9.00  | 11.0 |
| VG 15              | 15  | 13.3  | 16.5 |
| VG 22              | 22  | 19.8  | 24.2 |
| VG 32              | 32  | 28.8  | 35.2 |
| VG 46              | 46  | 41.4  | 50.6 |
| VG 68              | 68  | 61.2  | 74.8 |
| VG 100             | 100   | 90  | 110  |
| VG 150             | 150   | 135   | 165  |
| VG 220             | 220   | 194   | 242  |
| VG 320             | 320   | 288   | 352  |
| VG 460             | 460   | 414   | 506  |
| VG 680             | 680   | 612   | 748  |
| VG 1000            | 1000  | 900   | 1100 |
| VG 1500            | 1500  | 1300  | 1650 |

# これまでの進捗状況

1. 2009年12月9日 : ヘリウム液化機の設置許可(完成検査合格)
2. 2012年2月10日 : ヘリウム液化機の液化能力確認
3. 2012年4月25日 : 同液化能力250ℓ/hを確認
4. 2012年11月～2013年6月  
: 2Kコールドボックス、入射空洞、主空洞等の単体冷却試験を実施。  
(各部の熱負荷、ダイナミックロス、クールダウン方法等)
5. 2013年11月11日～12月20日 (40日間) : 2モジュール同時冷却----第1回目  
寒冷(4～10Kのヘリウムガス)の直接回収運転を実施
5. 2014年 1月14日～3月15日 (60日間) : 2モジュール同時冷却----第2回目  
6. 冷凍機戻り側の圧損が大きく直接回収運転が出来ず
7. 2014年 5月 7日～6月20日 (43日間) : 2モジュール同時冷却----第3回目  
クールダウン後、直接回収運転を実施

ERL20130131D2





| 試験項目                          | 試験法                 | 規格値                        | 代表値                     |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|
| 密度 @15°C                      | JIS K-2249 (浮きばかり法) | —                          | 0.818                   |
| 外観                            | 目視                  | 無色透明                       | 無色透明                    |
| 色相 ASTM                       | K-2580              | 0.5以下                      | 0.5以下                   |
| 引火点 °C                        | K-2265 (COC 法)      | 204以上                      | 222                     |
| 流動点 °C                        | K-2269              | -55以下                      | -67.5                   |
| 粘度 @ 40 °C mm <sup>2</sup> /s | K-2283              | —                          | 16.5                    |
|                               |                     | @100 °C mm <sup>2</sup> /s | 3.7~4.1                 |
| 粘度指数                          | K-2283              | —                          | 117                     |
| 全酸化 mgKOH/g                   | K-2501 (電位差滴定法)     | 0.1以下                      | 0.02                    |
| 水分 ppm                        | K-2275 (KF法)        | 100以下                      | 50                      |
| 比熱 @20°C Kcal/Kg°C            | —                   | —                          | 0.557                   |
| 平均分子量                         | —                   | —                          | 450                     |
| 蒸気圧 @40°C mmHg                | —                   | —                          | 4.72 × 10 <sup>-7</sup> |
|                               |                     | @80°C mmHg                 | 4.24 × 10 <sup>-5</sup> |

表1 潤滑油動粘度の分類(ISO)

| 粘度グレード<br>ISO 3448 | 中点粘度<br>mm <sup>2</sup> /s (cSt),<br>at 40° C | 動粘度限界<br>mm <sup>2</sup> /s (cSt), at 40° C |      |
|--------------------|---|---|------|
|                    |   | min.  | max. |
| VG 2               | 2.2   | 1.98  | 2.42 |
| VG 3               | 3.2   | 2.88  | 3.52 |
| VG 5               | 4.6   | 4.14  | 5.06 |
| VG 7               | 6.8   | 6.12  | 7.48 |
| VG 10              | 10  | 9.00  | 11.0 |
| VG 15              | 15  | 13.3  | 16.5 |
| VG 22              | 22  | 19.8  | 24.2 |
| VG 32              | 32  | 28.8  | 35.2 |
| VG 46              | 46  | 41.4  | 50.6 |
| VG 68              | 68  | 61.2  | 74.8 |
| VG 100             | 100   | 90  | 110  |
| VG 150             | 150   | 135   | 165  |

## 9. Physical and Chemical Properties

|                            |  |                        |  |       |
|----------------------------|--|------------------------|--|-------|
| Appearance and Odour       | Pale yellow, odourless liquid  | Boiling point          | Grades 15, 19 & 20:<br>380 / 716<br>Grade 70: 400 / 752  | °C/°F |
| pH (as supplied)           | No data available  | Freezing Point         | No data available  | °C/°F |
| Solubility in Water        | Insoluble in cold water  | Auto Ignition          | Grades 15, 19 & 20:<br>355 / 671<br>Grade 70: 365 / 689  | °C/°F |
| Volatile Content by Volume | Non volatile   | Flash Point            | Grades 15, 19: >200 / 362<br>Grade 20: >230 / 448<br>Grade 70: >200 / 392  | °C/°F |
| Specific Gravity           | 0.86 @ 20 °C (68 °F)   |                        |  |       |
| Vapour Pressure (mbar)     | Grade 15: 7.99 x 10 <sup>-6</sup> @ 25 °C<br>Grade 19: 1.33 x 10 <sup>-7</sup> @ 25 °C<br>Grade 20: 2.66 x 10 <sup>-7</sup> @ 25 °C<br>Grade 70: 7.99 x 10 <sup>-7</sup> @ 25 °C | Vapour Pressure (Torr) | Grade 15: 6.0 x 10 <sup>-6</sup> @ 77 °F<br>Grade 19: 1.0 x 10 <sup>-7</sup> @ 77 °F<br>Grade 20: 2.0 x 10 <sup>-7</sup> @ 77 °F<br>Grade 70: 6.0 x 10 <sup>-7</sup> @ 68 °F |       |

# 長期連続冷却運転の 問題と対応

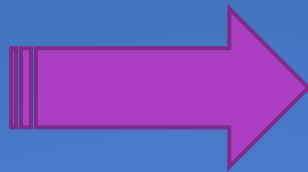
2K冷却維持運転 : 10時間/日 (12:00~22:00)

2K領域蒸気圧力 :  $3.0 \pm 0.1$  kPa以内

2K領域熱負荷 : 最大 80W (定格運転時≒60W)

## 1. クールダウンの冷却速度制限

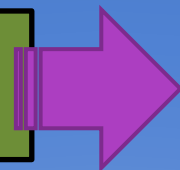
冷却速度 = 3K/h  
 $\Delta T = 50$  K



- ◎主加速空洞HOMダンパーの性能劣化
- ◎熱歪によるリーク

## 2. 安定した2K維持運転(減圧運転)

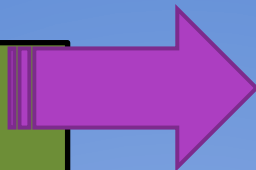
2012年の冷却試験時にリーク発生  
(空気の混入)



- ◎配管、バルブの閉塞
- ◎冷却性能の劣化
- ◎He純度不良

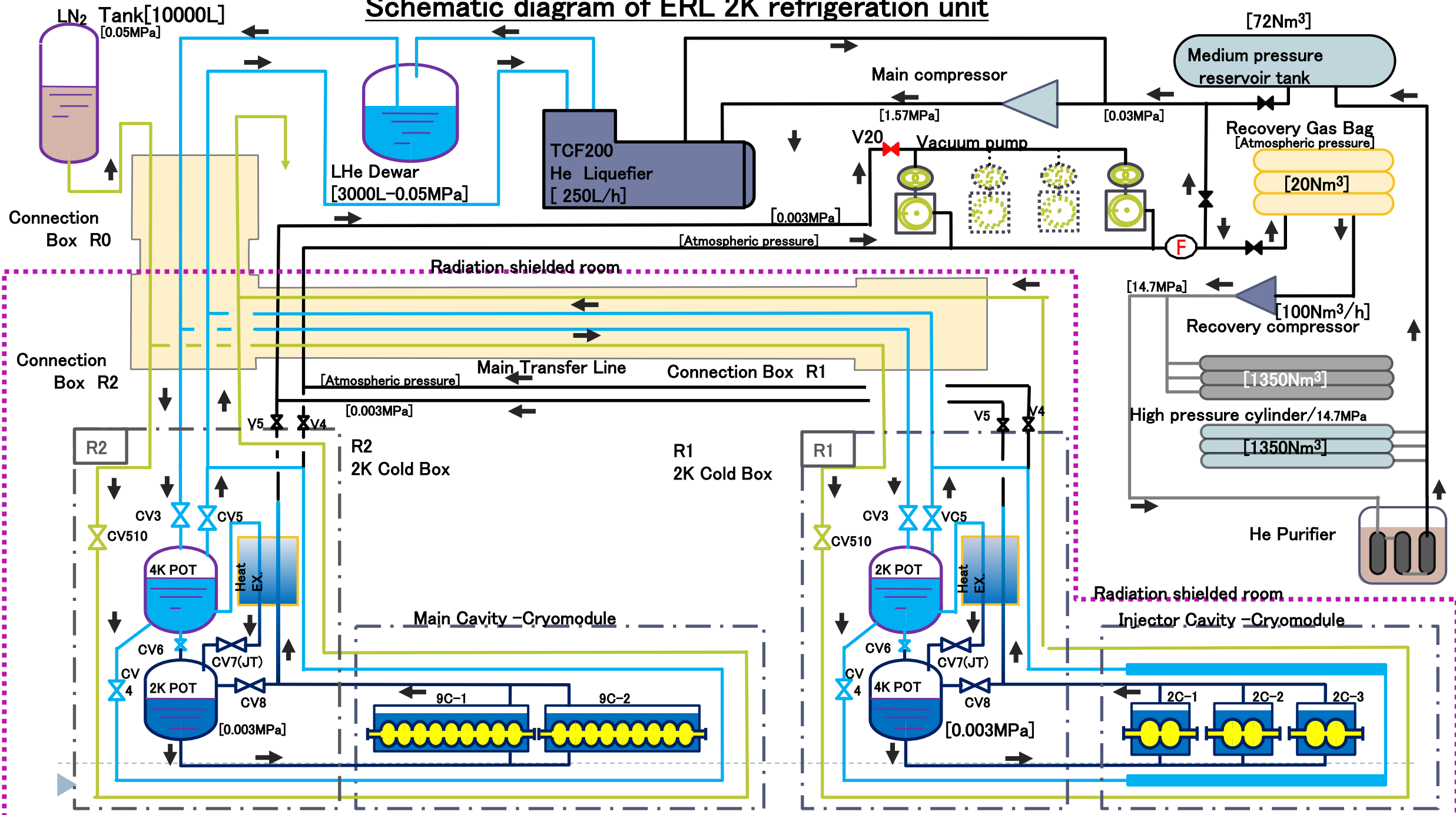
## 3. 精製装置再生運転のタイミング

最大80Nm<sup>3</sup>/hr(960Nm<sup>3</sup>/day)  
回収ヘリウムを精製する



- ◎冷凍運転中は自転車操業となり、  
精製装置の再生中にガス欠になる  
可能性がある

# Schematic diagram of ERL 2K refrigeration unit



Control Room (2F)

Magnet  
Power  
Supply

Helium Refrigerator

RF Source

Gun Drive  
Laser

Photocathode  
DC Gun

Main Beam Dump

Main-Linac Module

Injector Module

THz Beamline

Return Loop

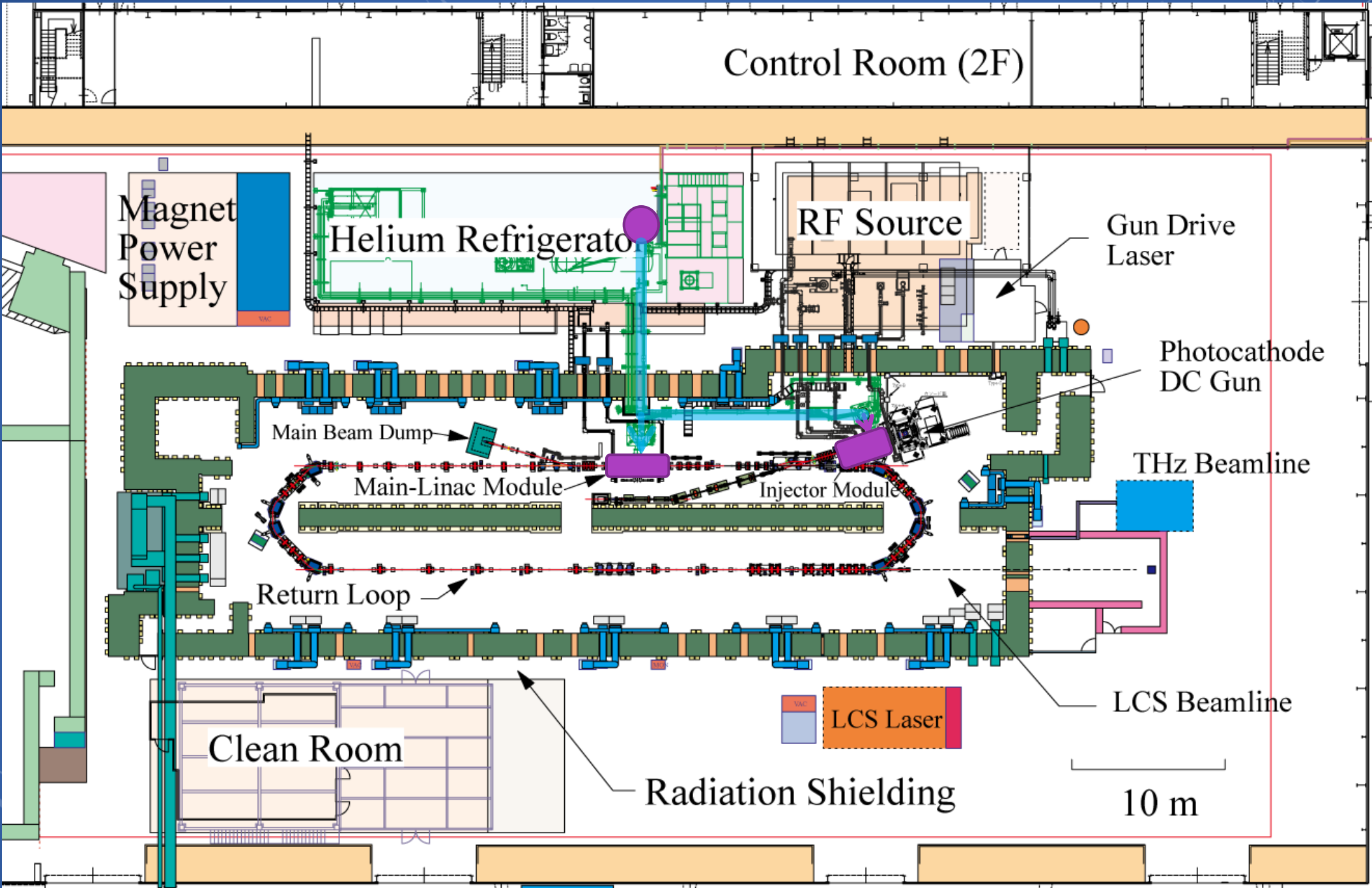
Clean Room

LCS Laser

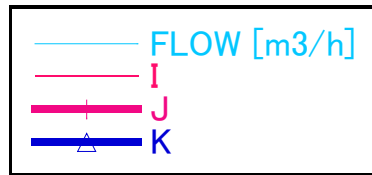
LCS Beamline

Radiation Shielding

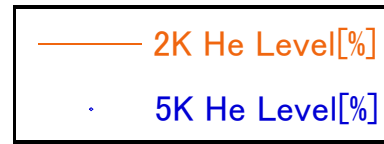
10 m



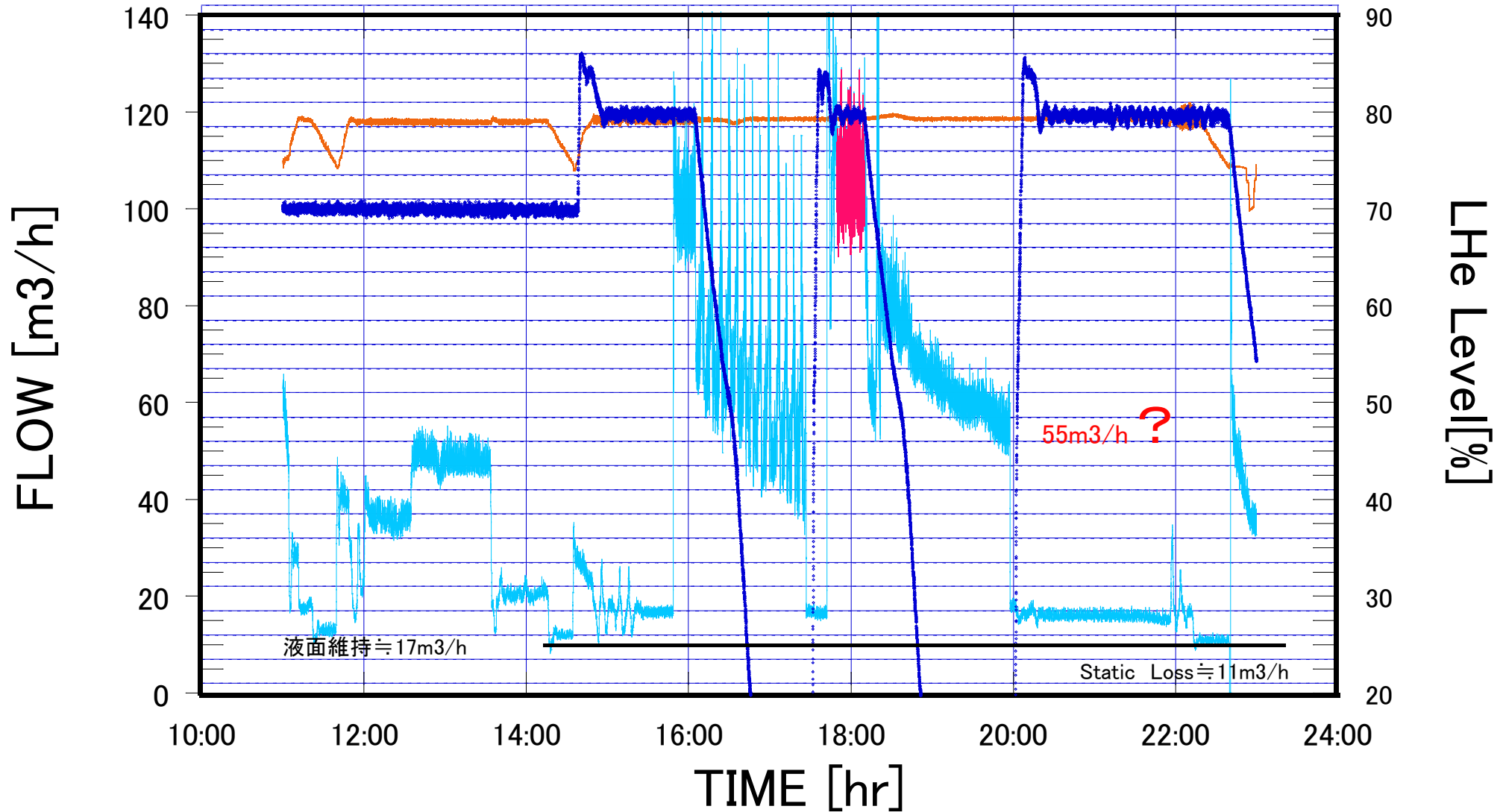




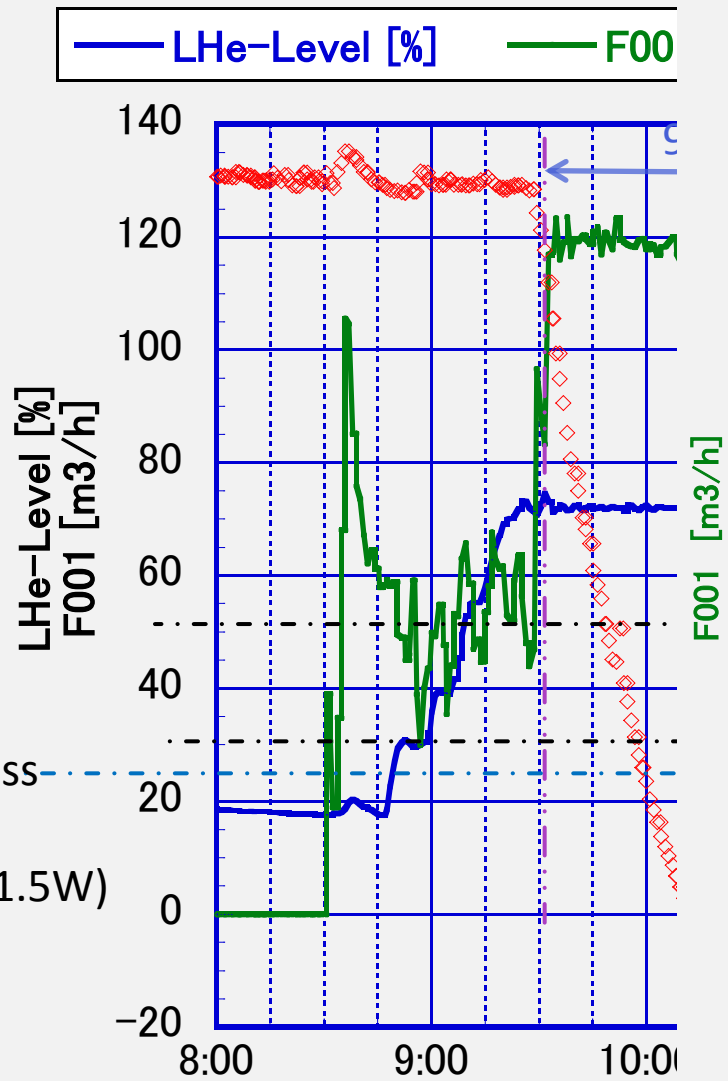
入射空洞



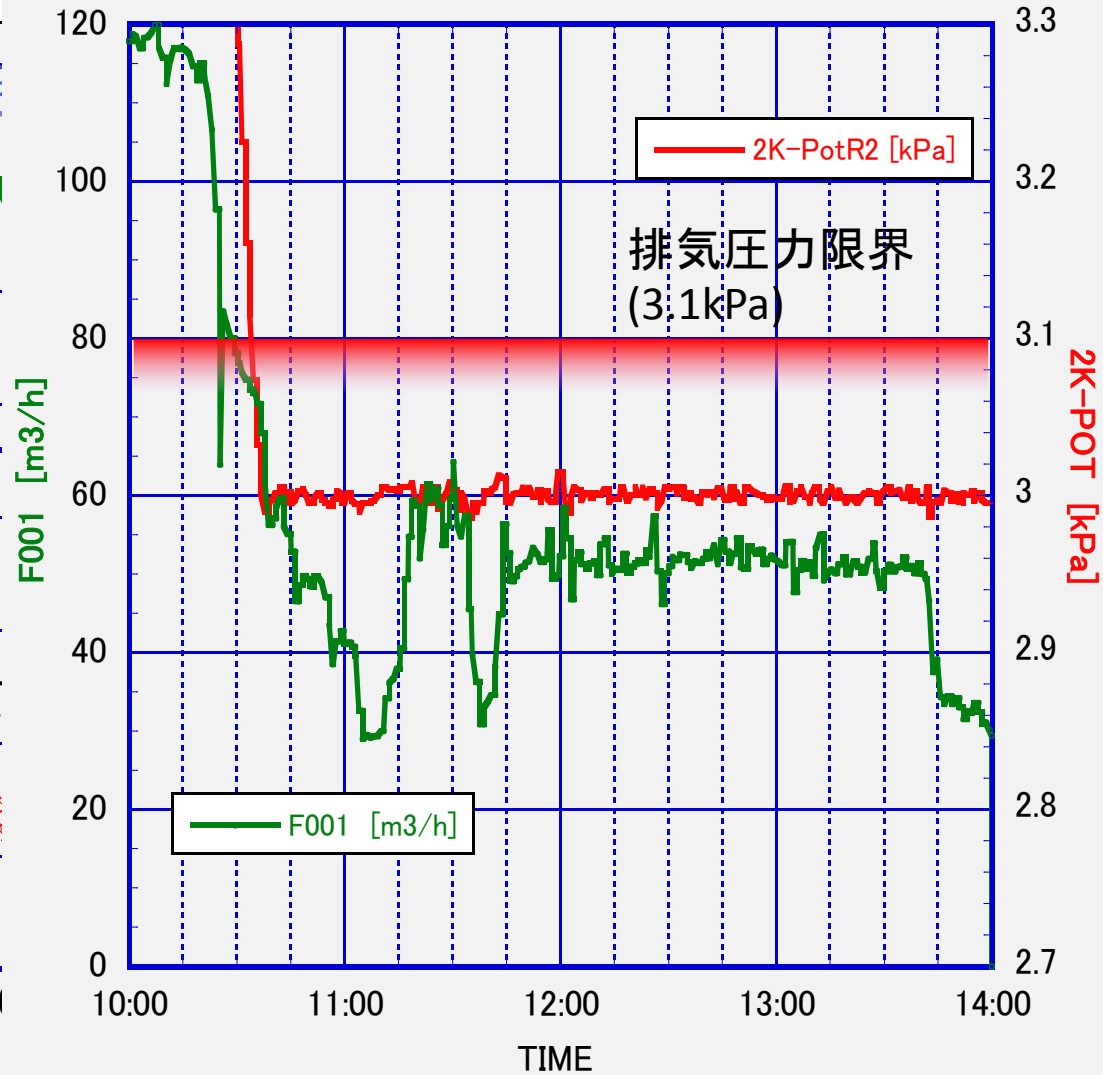
ERL20130201D 11:23:28 2013/02/25



# ERL140307



# ERL140307



# 長期連続冷却運転の 問題と対応

## 運転条件

冷却試験期間 : 40日以上(土日は77K以下で維持運転)

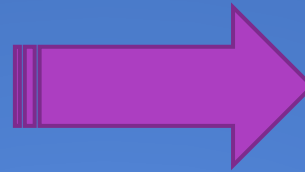
2K冷却維持運転 : 10時間/日(12:00~22:00)

2K領域蒸気圧力 :  $3.0 \pm 0.1$  kPa以内

2K領域熱負荷 : 最大 80W (定格運転時≒60W)

## 1. クールダウンの冷却速度制限

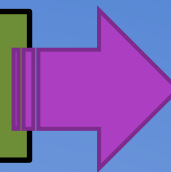
冷却速度 = 3K/h  
 $\Delta T = 50$ K



- ◎主加速空洞HOMダンパーの性能劣化
- ◎熱歪によるリーク

## 2. 安定した2K維持運転(減圧運転)

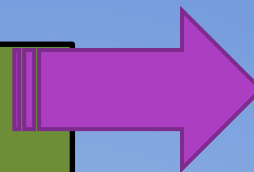
2012年の冷却試験時にリーク発生  
(空気の混入)



- ◎配管、バルブの閉塞
- ◎冷却性能の劣化
- ◎He純度不良

## 3. 精製装置再生運転のタイミング

最大80Nm<sup>3</sup>/hr(960Nm<sup>3</sup>/day)  
回収ヘリウムを精製する

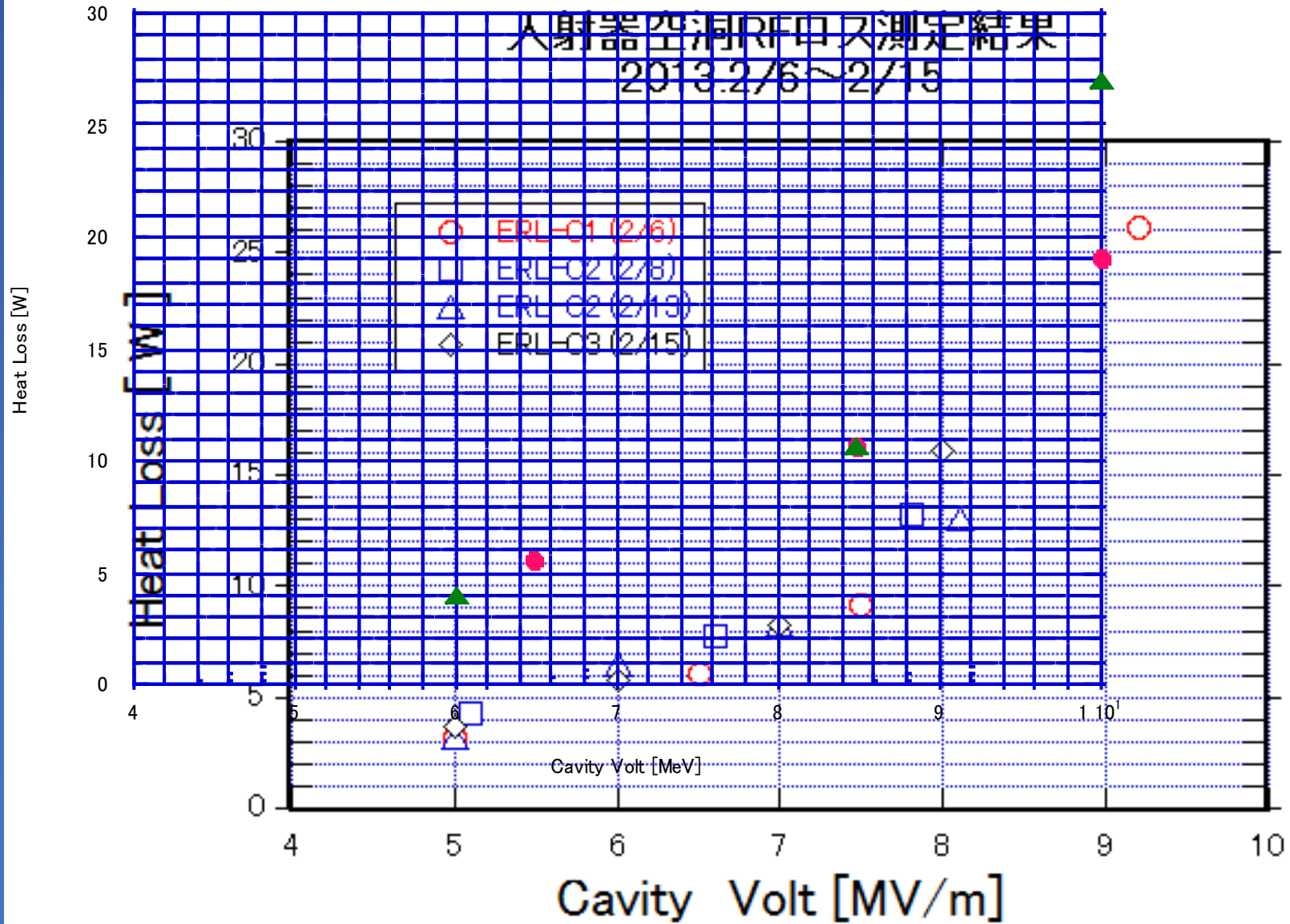


- ◎冷凍運転中は自転車操業となり、  
精製装置の再生中にガス欠になる  
可能性がある



データ 1

# 入射器空洞RFロス測定結果 2013.2/6~2/15





# 測定履歴 冷凍機 LOGBOOKより

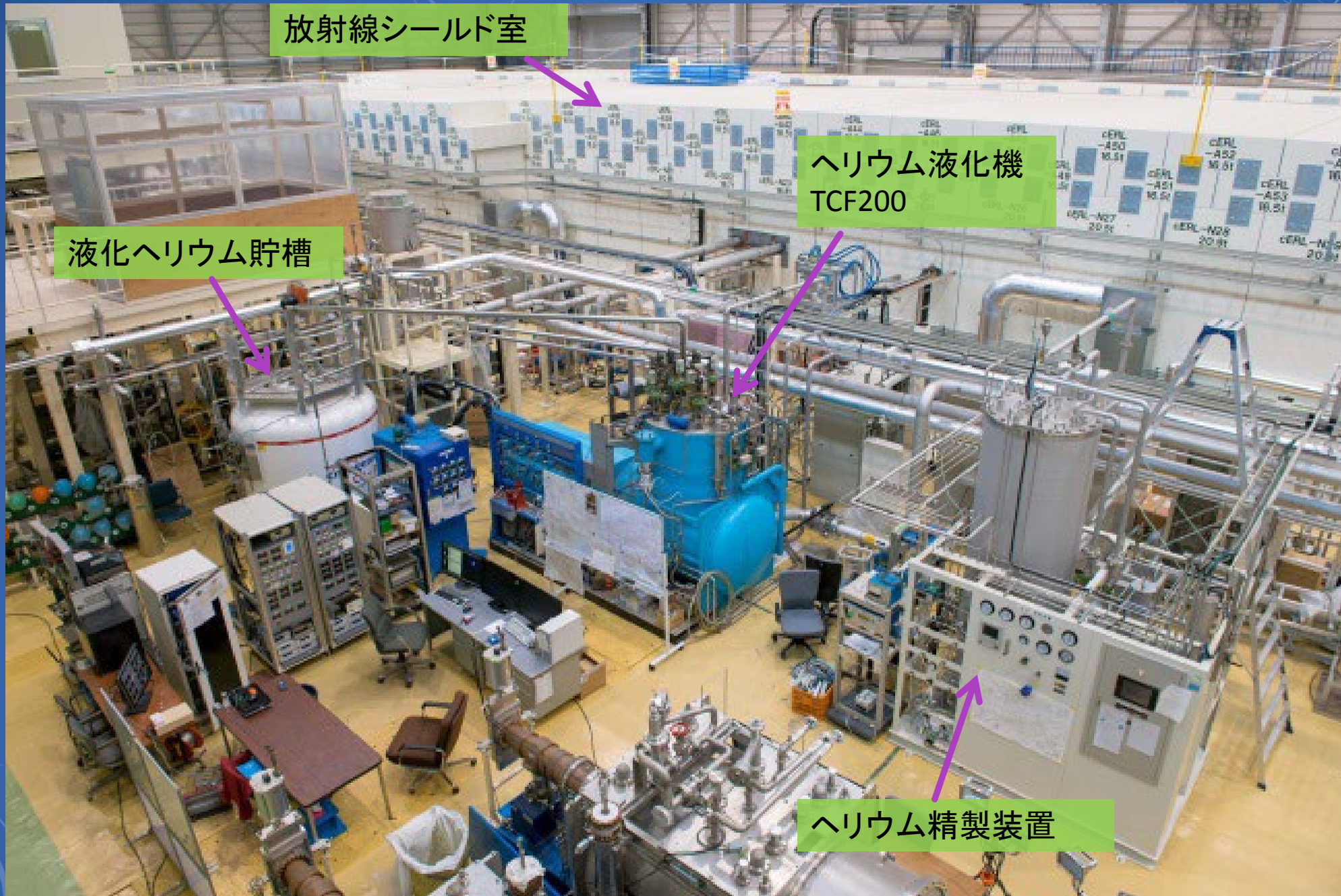
| No. | 測定日                    | 測定内容                     | 傾きを求めた<br>CAV1液面範囲 | 傾きからCAV1液面<br>18%時の<br>HeGas(m3/h) | CAV1液面18%時の<br>StaticLoss計算値<br>(m3/h) | NET Heat<br>Loss (m3/h) | Dynamic<br>Loss (W)温度<br>補正20°C | 備考                                   |
|-----|------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 01  | 2012/12/14 12:10-13:30 | スタティックロス測定               | 25-15              | 11.8                               | 11.8                                   |                         |                                 |                                      |
| 02  | 2012/12/14 20:20-20:35 | cav1 14MV/m HeatLoss     | 25-19              | 40.2(19%)                          | 11.33                                  | 28.87                   | 31.06                           | 除したStaticLoss<br>は、同じ週末の<br>No.16を使用 |
| 03  | 2012/12/15 00:05-01:05 | cav1 detune loss(4.25kw) | 25-16              | 10.58                              | 11.25                                  | -0.67                   | -0.72                           | 除したStaticLoss<br>は、同じ週末の<br>No.16を使用 |
| 04  | 2012/12/18 12:00-13:30 | スタティックロス測定               | 25-15              | 12.98                              | 12.98                                  |                         |                                 |                                      |
| 05  | 2012/12/18 17:20-19:00 | cav2 detune loss(10kw)   | 25-15              | 11.99                              | 12.47                                  | -0.48                   | -0.52                           |                                      |
| 06  | 2012/12/19 01:45-03:05 | スタティックロス測定               | 25-15              | 11.67                              | 11.67                                  | 0.00                    | 0.00                            |                                      |
| 07  | 2012/12/19 04:25-05:30 | スタティックロス+1W測定            | 25-15              | 12.22                              | 11.3                                   | 0.92                    | 0.99                            |                                      |
| 08  | 2012/12/19 06:10-07:10 | スタティックロス+2W測定            | 25-15              | 12.97                              | 11.2                                   | 1.77                    | 1.90                            |                                      |
| 09  | 2012/12/19 07:50-09:05 | スタティックロス測定               | 25-15              | 11.01                              | 11.01                                  |                         |                                 |                                      |
| 10  | 2012/12/19 22:30-22:55 | Qロス測定13.5MV/m            | 25-15              | 44.69                              | 11.01                                  | 33.68                   | 36.24                           | 除したStaticLoss<br>は、NO.09を使用          |
| 11  | 2012/12/20 00:00-01:00 | Qロス測定8MV/m               | 25-15              | 17.01                              | 11.01                                  | 6.00                    | 6.46                            | 除したStaticLoss<br>は、No.09を使用          |
| 12  | 2012/12/20 12:00-13:10 | スタティックロス測定               | 25-15              | 12.6                               | 12.6                                   |                         |                                 |                                      |
| 13  | 2012/12/20 15:00-15:20 | Qロス測定13.5MV/m            | 25-15              | 46.37                              | 12.25                                  | 34.12                   | 36.71                           |                                      |
| 14  | 2012/12/20 16:05-16:40 | Qロス測定12MV/m              | 25-15              | 30.5                               | 12.07                                  | 18.43                   | 19.83                           |                                      |
| 15  | 2012/12/20 17:30-18:25 | Qロス測定10MV/m              | 25-15              | 21.97                              | 11.84                                  | 10.13                   | 10.90                           |                                      |
| 16  | 2012/12/20 18:45-19:40 | Qロス測定9MV/m               | 25-15              | 19.14                              | 11.67                                  | 7.47                    | 8.04                            |                                      |
| 17  | 2012/12/20 20:20-21:05 | Qロス測定11MV/m              | 25-15              | 24.5                               | 11.46                                  | 13.04                   | 14.03                           |                                      |
| 18  | 2012/12/20 21:30-22:30 | Qロス測定8MV/m               | 25-15              | 17.34                              | 11.27                                  | 6.07                    | 6.53                            |                                      |
| 19  | 2012/12/21 00:05-01:25 | スタティックロス測定               | 25-15              | 10.86                              | 10.86                                  |                         |                                 |                                      |
| 10  | 2012/12/21 11:35-12:50 | スタティックロス測定               | 25-15              | 11.5                               | 11.5                                   |                         |                                 |                                      |
| 11  | 2012/12/21 19:40-20:05 | CV1Qロス測定14.2MV/m         | 25-15              | 39.48                              | 11.34                                  | 28.14                   | 30.28                           |                                      |
| 12  | 2012/12/21 20:15-21:00 | CV1Qロス測定12MV/m           | 25-15              | 25.36                              | 11.33                                  | 14.03                   | 15.10                           |                                      |
| 13  | 2012/12/21 21:20-21:55 | CV1Qロス測定13MV/m           | 25-15              | 29.5                               | 11.31                                  | 18.19                   | 19.57                           |                                      |
| 14  | 2012/12/21 22:05-22:35 | CV1Qロス測定10MV/m           | 25-18              | 19.9                               | 11.29                                  | 8.61                    | 9.26                            |                                      |
| 15  | 2012/12/21 22:40-23:35 | cav1 detune loss(5kw)    | 25-18              | 10.82                              | 11.27                                  | -0.45                   | -0.48                           |                                      |
| 16  | 2012/12/21 23:35-00:55 | スタティックロス測定               | 25-15              | 11.25                              | 11.25                                  |                         |                                 |                                      |

放射線シールド室

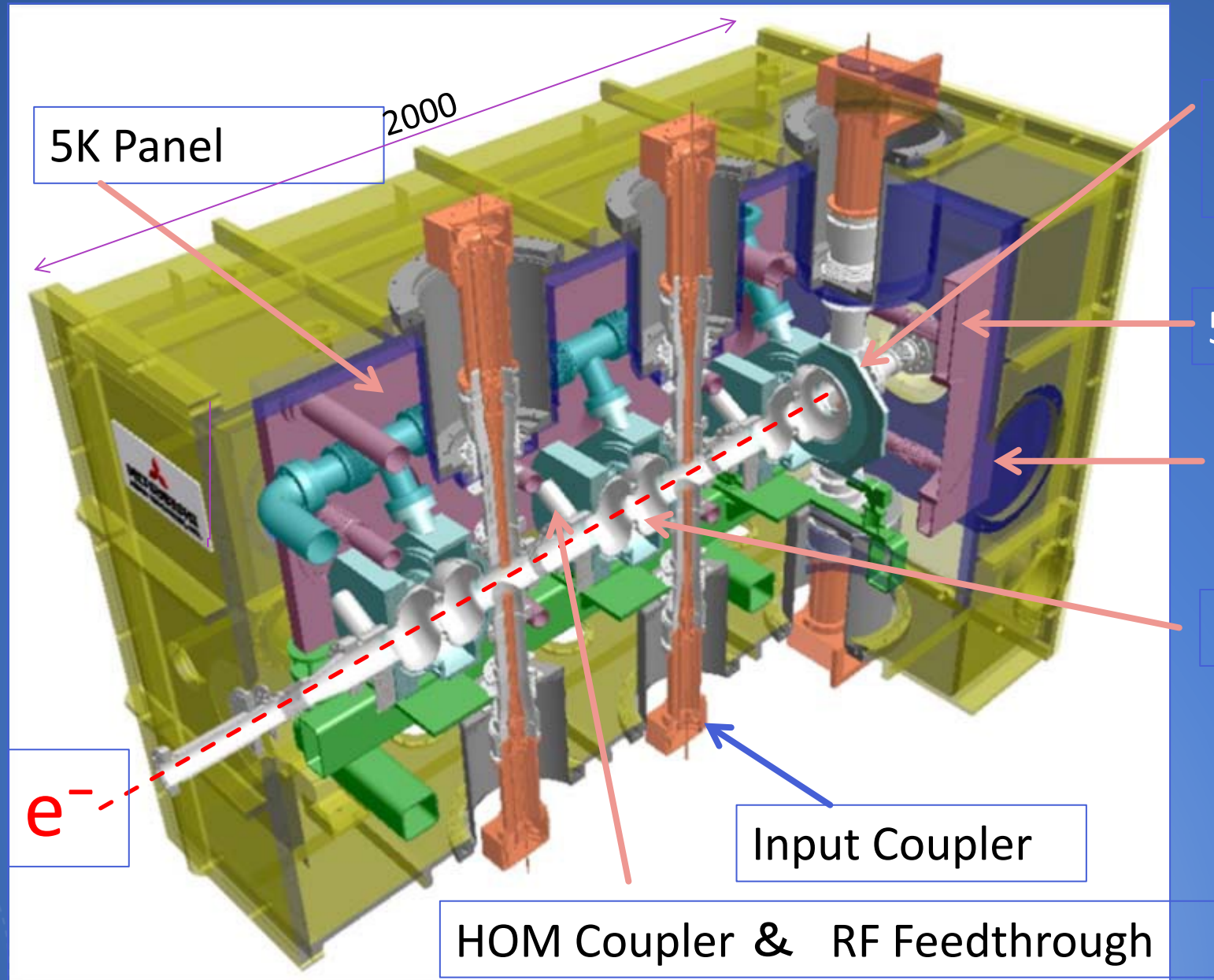
ヘリウム液化機  
TCF200

液化ヘリウム貯槽

ヘリウム精製装置



# 入射空洞クライオモジュール



5K Panel

2000

2K-Jacket

$$6\ell \times 3 = 18\ell$$

5K Panel = 60ℓ

80K-Shield

2cell-Cavity

Input Coupler

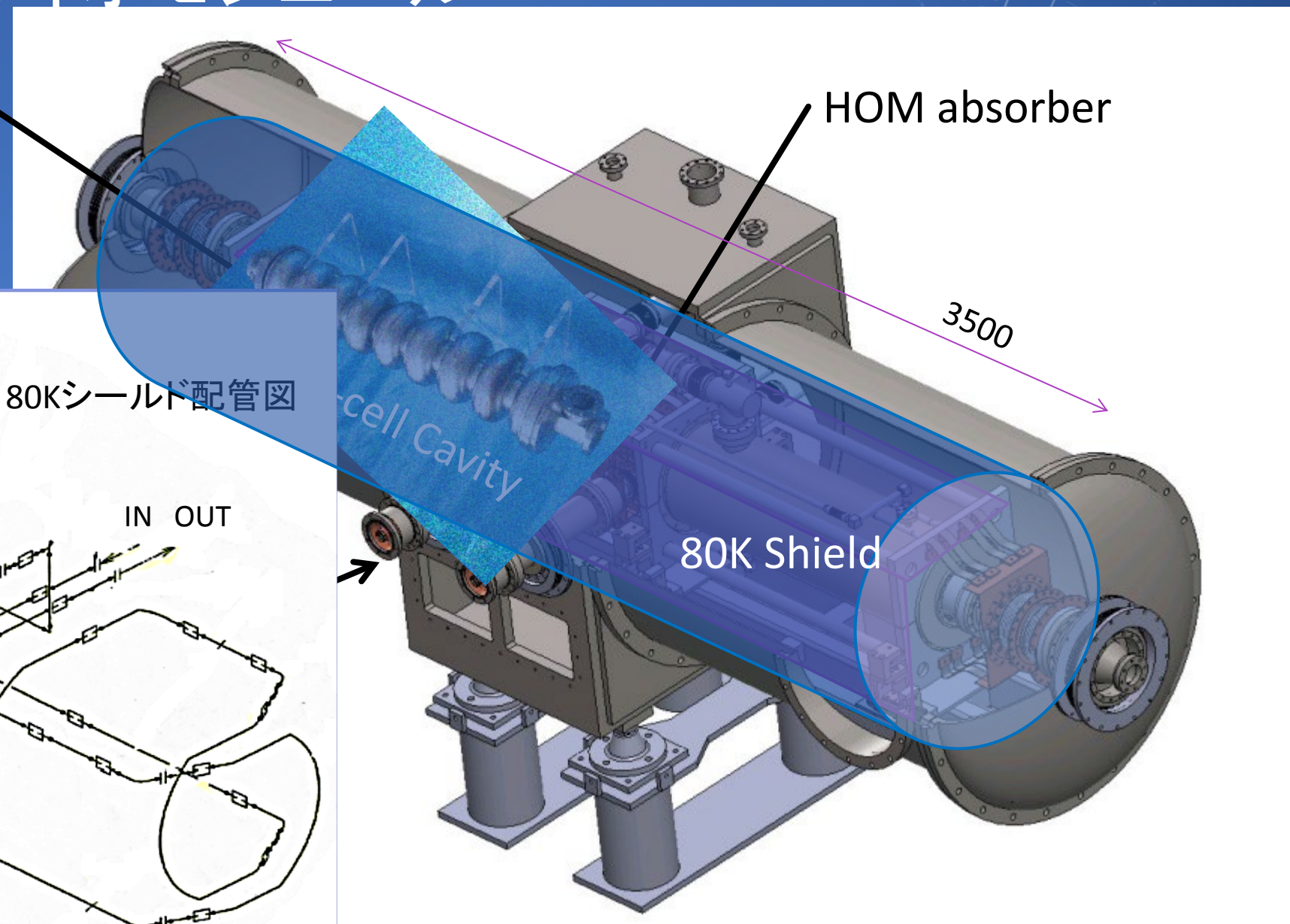
HOM Coupler & RF Feedthrough



# 主加速空洞クライオモジュール

2K-Jacket

$$16\ell \times 2 = 32\ell$$



80Kシールド配管図

