

---

# SHARAQ06 液体 He 標的作業

## メモ

---

2012 年 4 月 24 日更新

### 目次

---

セルの製作手順.....	2
• カプトンをリング状に切る .....	2
• ハーパー膜を円形に切る.....	2
• 接着面の面取り .....	3
• 接着剤の混合.....	4
• 接着 .....	4
• 乾燥.....	5
• セルの組み立て .....	5
• 加圧テスト .....	8
液化システムの操作 .....	10
• 液化システム概略 .....	10
• 液化手順.....	10
• 液化中 .....	12
• 気化.....	12
本番の LabView データ .....	12
• 冷却開始時 .....	12
• He 導入時.....	13
• 排気時 .....	13
冷凍機について.....	14
膜の膨らみについて .....	15
輻射シールドについて.....	16
真空及び冷却テスト結果まとめ .....	17

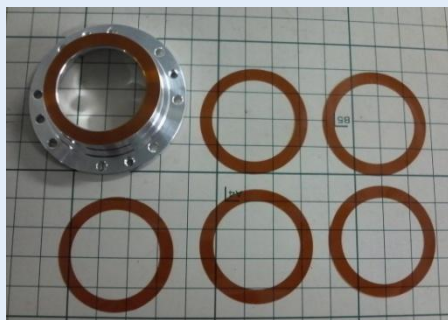
## セルの製作手順

---

- カプトンをリング状に切る
- 



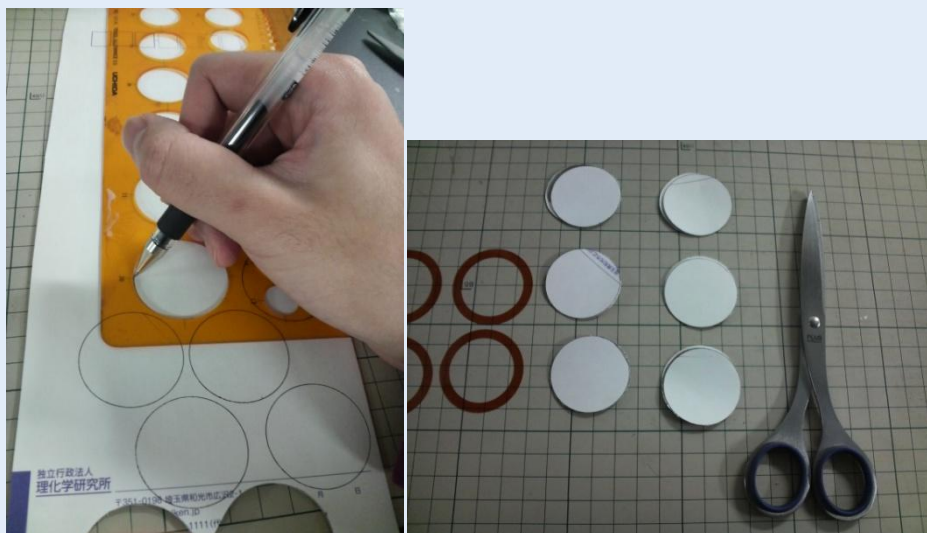
円形カッターでカプトンシートを内径 30mm、外形 40mm に切り出す。  
切った部分が捲れない様、切る度に淵をテープで下に敷いたカッターマットに留める。



セルの接着面からハミ出していなければ OK

[Top](#) 

- ハーバー膜を円形に切る
-



ハーバー膜を厚紙の間に挟み、径 36mm の円形に切り出す。  
ハーバーは高いので出来るだけ詰めて切る。

[Top](#) [へ](#)

- 接着面の面取り

---



接着剤の乗りを良くするため、接着面にハンドグラインダーで傷をつける。

また、圧力が掛かった際に膜が切れない様、内側の面取りをする。

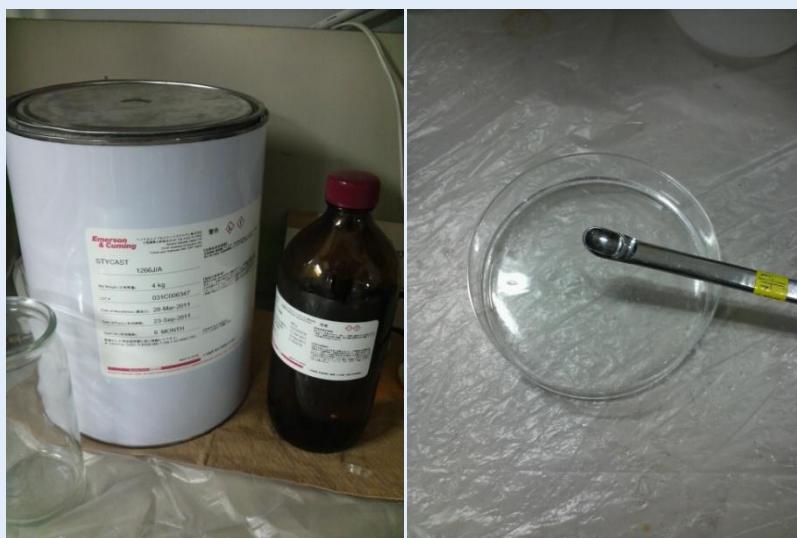
図のやつは面取りをしていなかったなので、Heを入れた時に破裂した。もっと丸みをつけるべき。

[Top](#) 

## • 接着剤の混合

---

接着には **Stycast** という低温用エポキシ系接着剤を使う。



主剤（左）と硬化剤（右）を質量比 100:28 で混合して使う。

[Top](#) 

## • 接着

---



接着面にピンセットで薄く接着剤を塗り、上にハーバー膜を静かに乗せる。

この時、接着剤を塗り過ぎて内側にはみ出した状態で硬化すると、圧力が掛かった時に破れ易くなるので注意。



上からさらに接着剤を塗り、カプトンリングを乗せる。

[Top](#) [へ](#)

- 乾燥

---



一晩乾燥させる。硬化していないうちは出来るだけ水平な面に置く。

[Top](#) [へ](#)

- セルの組み立て

---

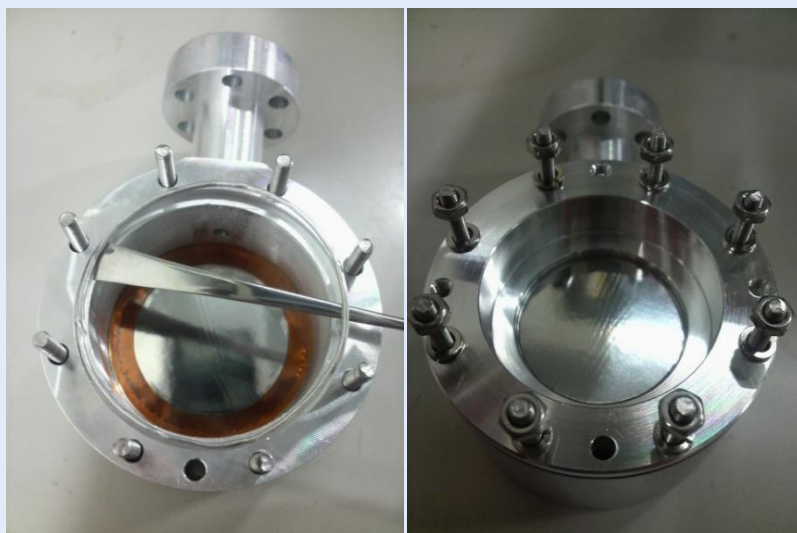


インジウム線を、セル本体の内側の溝の円周に合わせた長さで切り取る。



両端は斜めに切り、円を閉じたときにピッタリ重なるようにする。





インジウムをセル本体の内側の溝に入れ、上から膜を貼った部品で閉じる。  
ねじで押さえる前に、アルミ部分が傷付かない様ステンレス製のリングを入れる。



両側からナットで締めて行く。インジウムが均等に潰れるよう少しずつ締める。



締め方が不均一だと膜に皺が出来る（左）ので、皺の方向にあるナットを締める（この写真の場合左右方向）

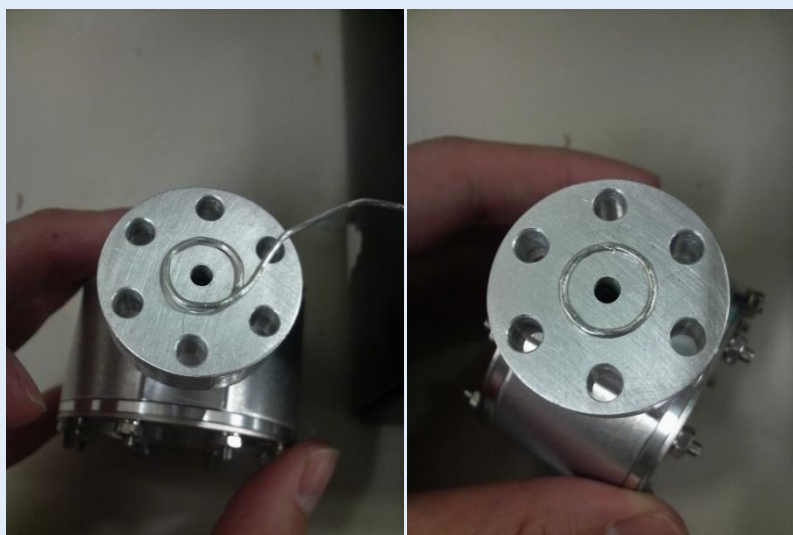
最終的にピンと張っていれば OK（右）

[Top](#) 

---

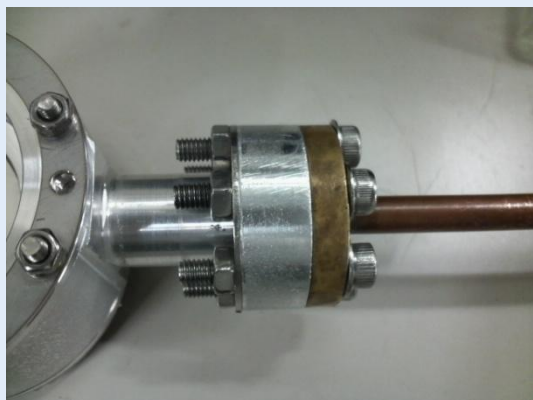
- **加圧テスト**

---



セルの上部の溝にもインジウムを入れる。

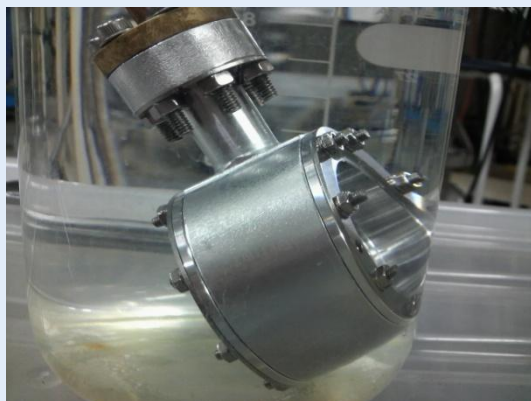




真鍮の接続部品と繋げて締める。



窒素ガスを 1.5 気圧程度セル内に入れる。

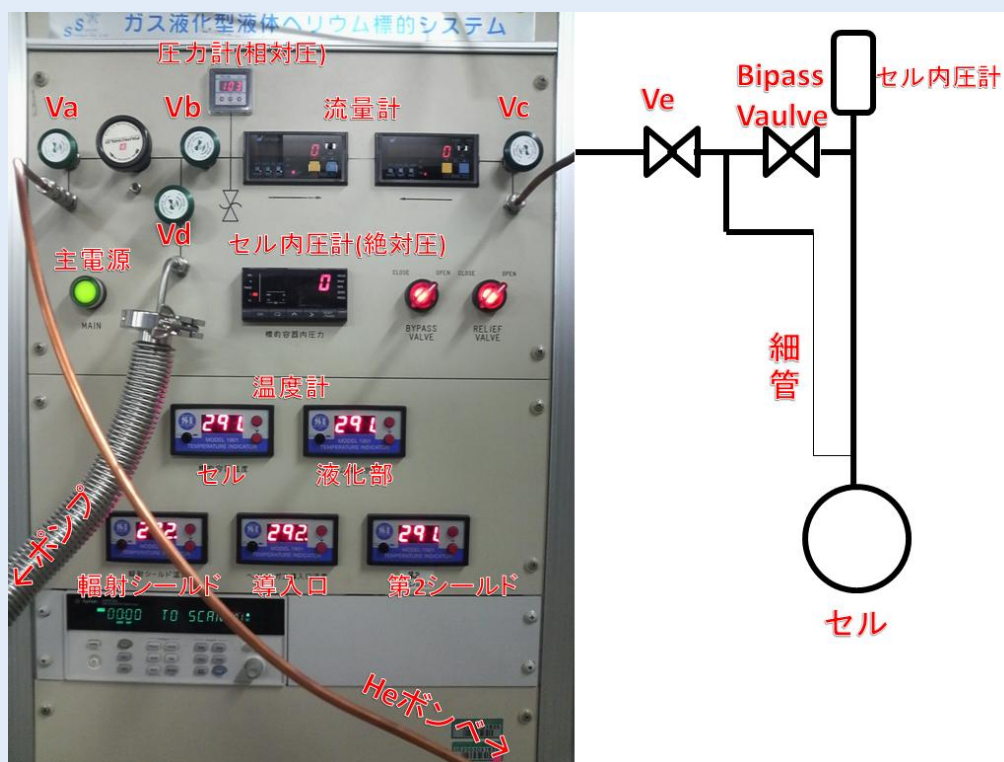


ビーカーに水を入れ、この中にセルを浸ける。数分待つて、気胞が成長してくることがなければ加圧テストクリア。

[Top へ](#)

## 液化システムの操作

- 液化システム概略



[Top へ](#)

- 液化手順

1. セルの外側の真空引きをする。

- セル内の圧力は外側の圧力より低くなってはいけない。（膜がそういう仕様）
2. セルの内側の真空引きをする。
    - **Va** を閉じ、**Vb**~**Ve** を開け、ロータリーポンプで真空引き。
    - 引き始めはゆっくり。
    - セル内圧計は **1kPa** までしか表示できないので、**LabView** で真空度を確認する。
  3. 封じ切って真空漏れがないか確認。
    - **Vc** あたりで閉じる。
    - **LabView** を見て、セル内圧が上昇していないか確認。
    - 単調増加の場合：漏れがあるので、配管の **Swagelok** の締めを確認。
    - 圧力上昇にふらつきがある場合：アウトガスの可能性があるので、1 時間ほど引き続けてみる。
  4. 冷却開始
    - 真空漏れがなければ、セルを封じ切り、圧縮機の電源を入れ冷却開始。
    - 最終的にセルと液化部が **3~4K**、シールドが **20~30K**、導入口が **~220K** になる。それまで数時間待つ。
    - 圧縮機の冷却水は **7~10l/min** が良い。普通の水道では若干不足する。
  5. **He** 導入管の真空引きをする。
    - **Vc** を閉じ、**Va**、**Vb**、**Vd** を開ロータリーポンプで真空引き。
  6. **He** 導入準備
    - **Vb**、**Vd** を閉じ、**Va**、**Vc**、**Ve** を開ける。
    - **He** ボンベの口を開け、2 次圧が **0.02MPa** 程度になるよう調節する。
    - 流量計（左が流入、右が逆流量を測る）の左下に並ぶ 3 つの小さなボタンの真ん中のやつを押すと積算表示と瞬間表示が切り換わる。
    - 瞬間流量がゼロであることを確認し、上述のボタンの一番右を長押しする。これで積算値がリセットされる。気体が流れている時にやると瞬間流量にオフセットがついてしまうみたいなので注意。
    - **Bypass Valve** は開けておく。
  7. **He** 導入
    - 流量計を瞬間表示にして **Vb** を超ゆっくり開ける。流量計の値は **243** でサチってしまう。こうなると積算流量が正しくなくなる仕様なので、瞬間流量は **200** 程度をキープする。
    - 序盤はセル内圧の上昇に合わせて少しずつ **Vb** を開いて行く。
    - 液化が始まると、セル内圧と流量がつり合い一定になってくるので、流量計がサチらないよう見守りながら待つ。

- 積算流量が 10000 を超える辺りで流量が減少を始める。Vb が全開でない場合は全開にする。ここまで速くて 1 時間。冷却能力と外部からの熱流入の度合いによってはもっと時間が掛かる。
- 最終的に 12000 程度入るまでバルブは開けたまま待つ。(2 時間くらい)
- Ve を閉めて封じ切る。ポンベの口も閉める。

[Top へ](#)

## • 液化中

---

- セル内圧とセル温度をモニターし、相図で沸点を超えない様確認する。

[Top へ](#)

## • 気化

---

1. Va を閉め、Vb、Vc、Vd、Ve を開け、ロータリーポンプで引く。
2. 瞬間の逆流量がゼロになるまで待つ。
3. Vb、Vd を閉め、圧縮機を切る。
4. そのままでは、常温に戻るまで 1 日程度かかるので、必要なら He ガスでリークする。
  - セル内の圧力は、セルの外より高くなくてはいけないので、まずセル内に He を入れる。Va を開け、Vb を少しずつ開ける。セル内が数 kPa になったら Vb を閉める。
  - チェンバーに He リーク出来る場合は、セル内圧より低め、~1kPa にする。
  - 温度が上昇すると中の He が膨張するので、セル内外の差圧が 1.2 気圧を超えないよう、必要となったらポンプで引いて内圧を調整する。ただし、セル内の圧は必ず外よりも高くしておく。
  - SHARAQ S0 では He リークは出来ないので、セル温度が窒素の液化温度を超えるまで待った上で、チェンバー内を窒素リークする。この時も、セル内には He を入れて外圧よりも低くならないようにする。
  - 0 度を超えたら大気でリークする。

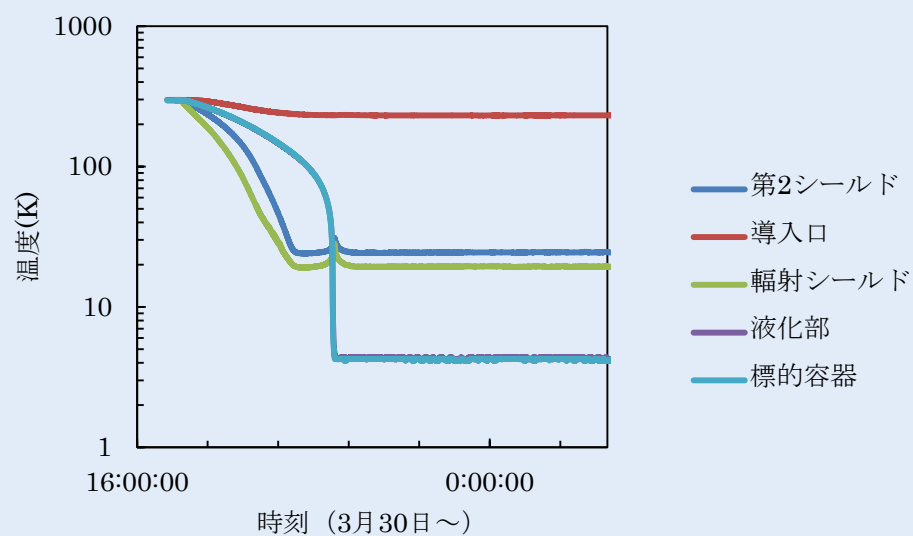
[Top へ](#)

## 本番の LabView データ

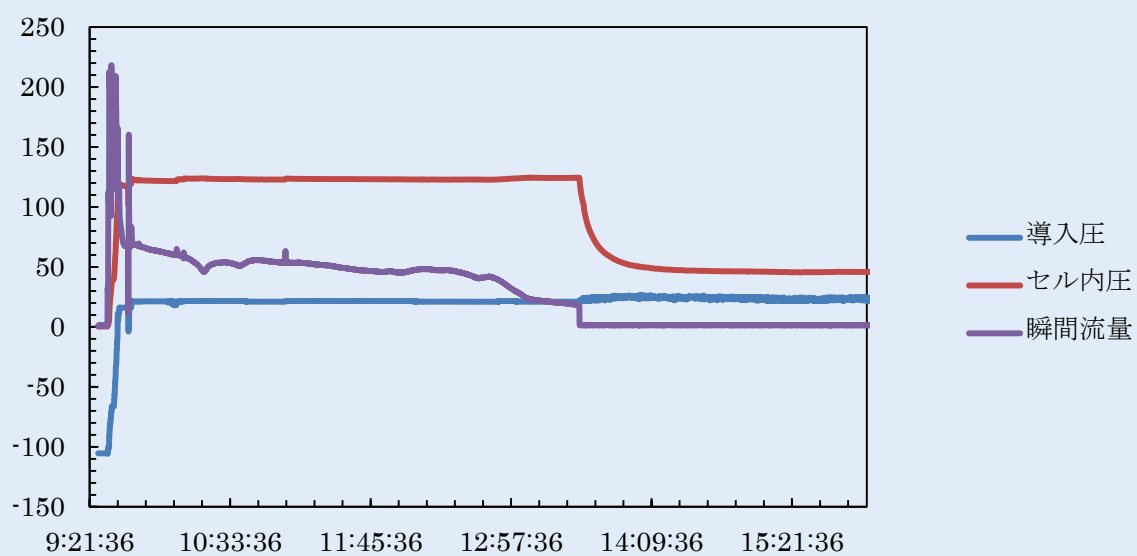
---

### • 冷却開始時

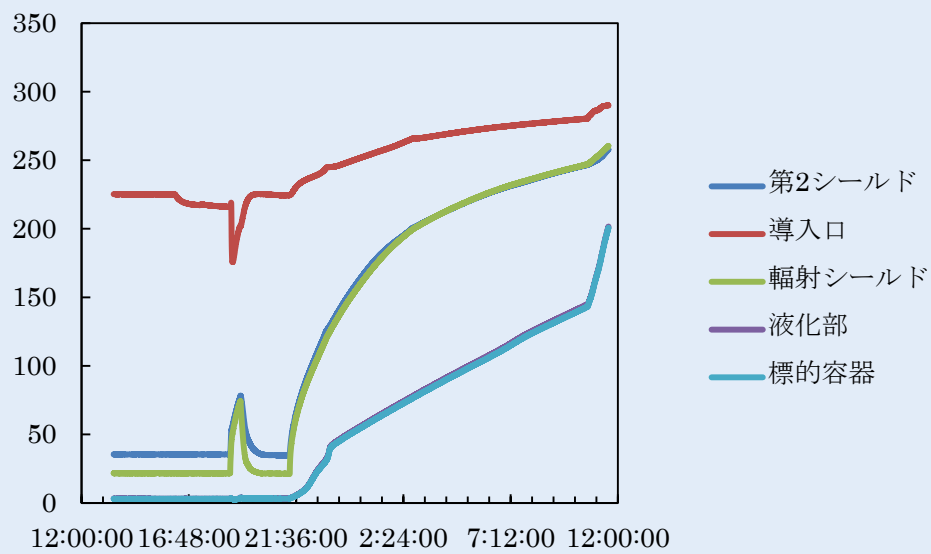
---



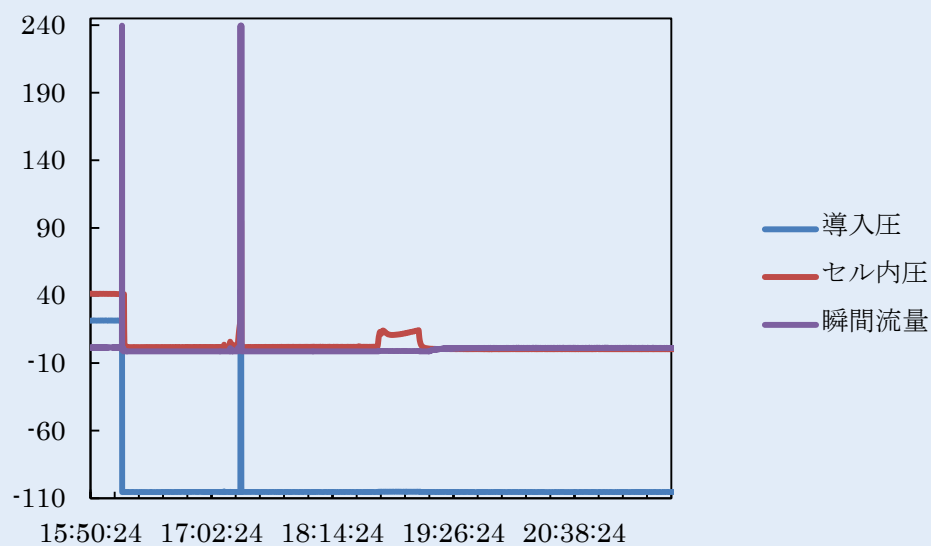
#### • He 導入時



#### • 排気時

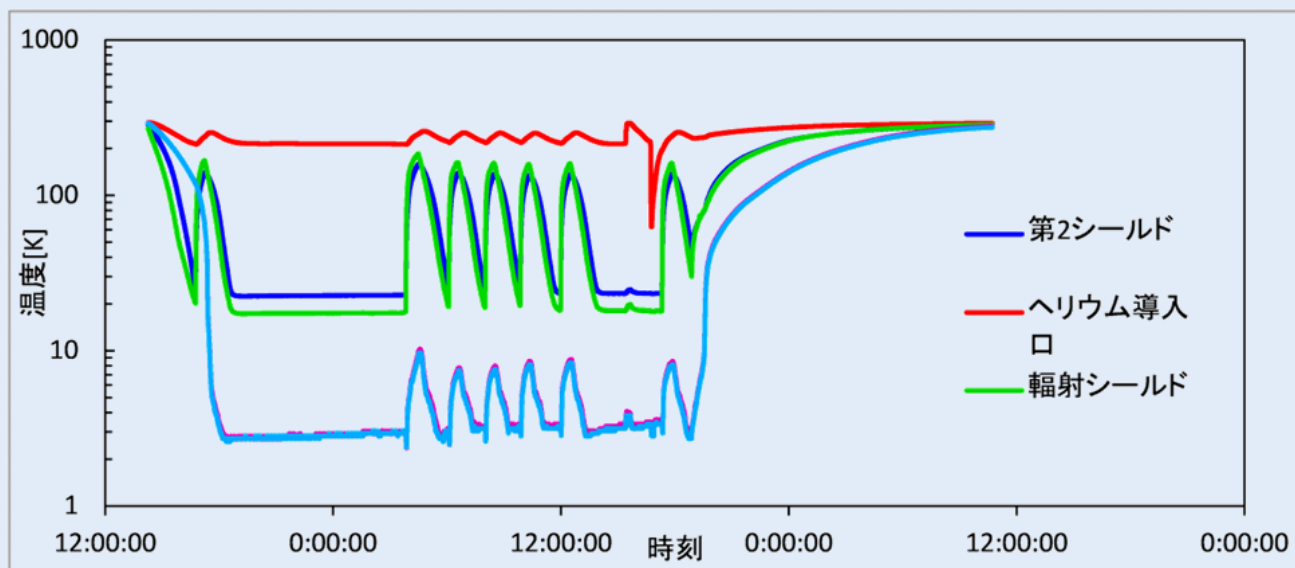


He の気化が遅かったので、19 時頃に一旦冷凍機をとめている。



## 冷凍機について





冷却テストの際に上図のような温度変動が見られたら冷凍機をメンテナンスに出すべきである。

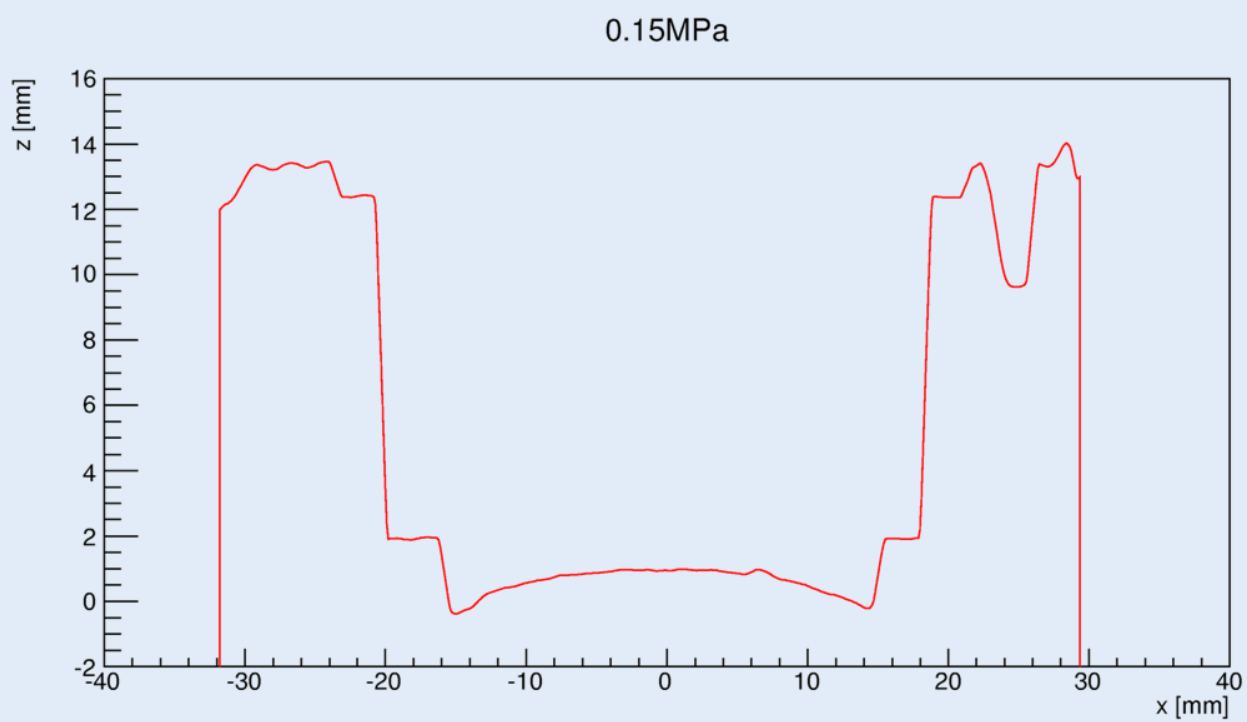
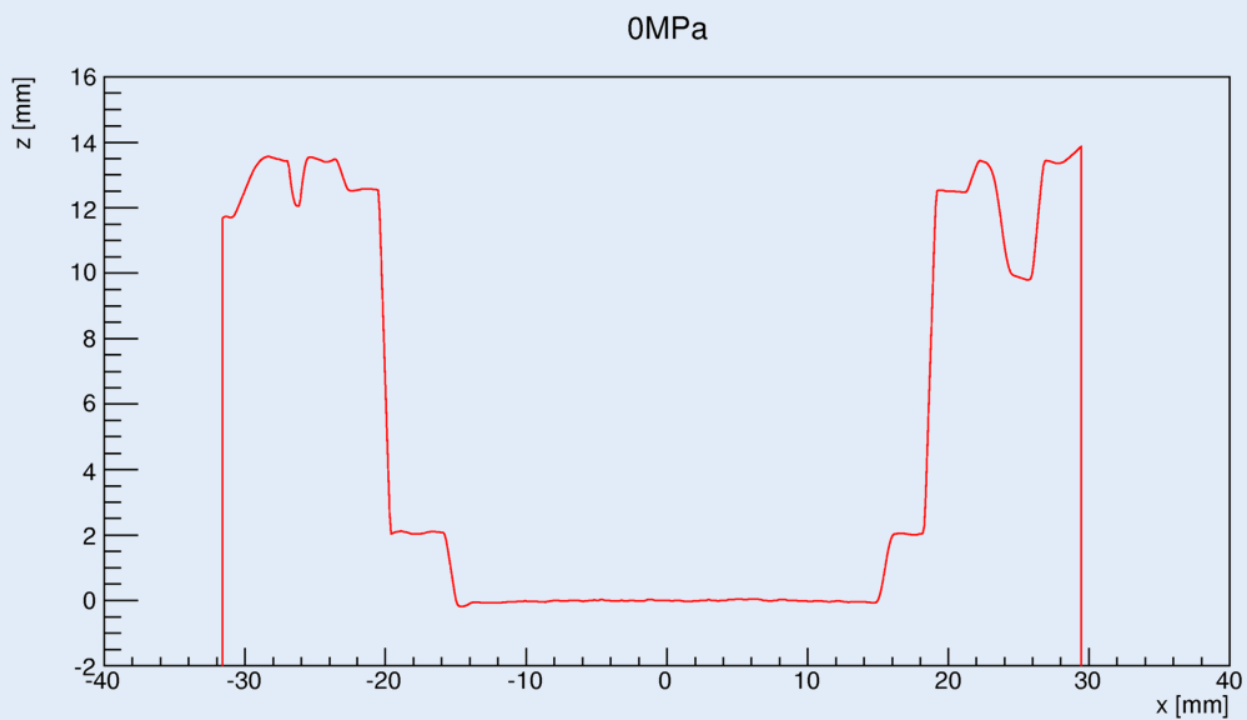
今回の場合、冷凍機内部の樹脂製のシール部品が劣化し、温度が下がった際に冷却用の He が漏れていたことが原因だった模様。

部品を交換してもらったところ、このような現象は見られなくなった。2、3年に1度メンテナンスに出すことが推奨されているらしい。

[Top](#) [へ](#)

## 膜の膨らみについて

膜に圧力をかけた時にどの程度膨らむかレーザーを用いた測定を行った。差圧 0.15MPa で中心が約 1mm 膨らんだ。



[Top ^](#)

輻射シールドは、He 液化温度まで冷却する上で大変重要である。これがないと周囲からの輻射による熱流入により 10K 以下への冷却は困難である。

- 。 ウィンドウサイズは小さい方が良い。
- 。 ウィンドウ膜はある程度厚さが必要。アルミナイズドマイラー(4  $\mu\text{m}$ )では薄くて冷却に問題があったため、アルミフォイル(12  $\mu\text{m}$ )にした。
- 。 膜を張ってしまうと、ウィンドウ穴が見えなくなってしまうので、穴の上と左に目盛つきテープを貼ってアライメントし易いようにした。

[Top](#)  $\rightarrow$

## 真空及び冷却テスト結果まとめ

テスト日 時	チェン バー	セル・輻射 シールド	到達真空度 (Pa)	到達温 度 (K)	液化時間 ※	テスト内 容
2 月 22 日 15:35～	テスト チェン バー ターボ 直結	セルなし	4.2E-5 (非冷)	-	-	真空テスト
2 月 23 日 14:10～	テスト チェン バー ターボ からフ レキシ	セルなし	2.2E-3 (非冷)	-	-	真空テスト
3 月 14 日 10:40～	テスト チェン バー	ウィンド ウ膜なし	3.0E-5 (冷)	9.5K	-	縮み測定
3 月 15 日 9:43～	テスト チェン バー	Al マイラ ー 4um	2.7E-5 (冷)	4.4K	~3h	液化テスト
3 月 19 日 ～	S0 チェ ンバー	Al マイラ ー 4um	5.9E-4 (非冷), 4.46E-4 (冷)	4.4K	-	液化テスト (破裂した)
3 月 22 日 22:10～	テスト チェン	Al foil 12um	3.7E-2 (非冷), 4.4E-5 (冷)	3.6K	1h32min	液化テスト (新セ

	バー					ル)
3 月 24 日 10:24～	テスト チェン バー	Al foil 12 um	2.8E-5 (冷)	3.6K	1h06min	液化テスト (2 回目)
3 月 26 日 16:10～	S0 チェ ンバー	Al foil 12um	2.2E-2 (非冷), 1.2E-3 (冷)	4.2K	2h42min	液化テスト
3 月 29 日 16:25～	S0 チェ ンバー	Al foil 12um	1.9E-4 (非冷), 7.6E-5 (冷)	3.1K	3h13min	本番

表 1 真空及び冷却テストの結果まとめ

※He 導入開始から、積算流量が 10000 を超え、瞬間流量が 30 程度以下に減少するまでの時間。セル内圧を保つにはさらに 1、2 時間待つ必要がある。

[Top](#) [へ](#)