

# dADR 現状報告

榎崇利, 赤松弘規, 石崎欣尚, 篠崎慶亮

平成 23 年 7 月 4 日

## 概要

6 月 16 - 18 日の冷却試験結果について報告する。セットアップは 5 月の試験時と同じで、4 回サイクルを回し、1 回目のサイクルでは 5 月の試験時と同じ励消磁条件で最低到達温度 45 mK を記録した。今回の冷却目的は主に、CryoCon による AGGHS の動作確認、励消磁条件を変えた冷却、温度制御による 100 mK の保持時間の確認、TES の転移確認である。AGGHS の動作については、CryoCon による AGGHS の動作を確認した。温度制御は、制御のパラメータが適切でなかったため、適切な制御を行うことが出来なかった。CPA 最低到達温度からの温度上昇速度は、1 月に行った 4K からのサイクルでの結果とほぼ同じであることが分かった。TES の転移については、前回と同じ振る舞いをすることを確認した。

## 1 冷却目的と実験セットアップ

前回と同様に、SII182 に Al の磁気シールドと、Detector stage の周りに鉛の磁気シールド、CPA の magnet シールドの上部の隙間を覆ったパーマロイ板 2 枚で磁場対策を行っている。

表 1: 冷却目的、セットアップについて

| 目的                      | セットアップ (図参照)                   |
|-------------------------|--------------------------------|
| CryoCon による AGGHS の動作確認 | Detector stage に鉛の磁気シールド       |
| 励消磁条件を変えた冷却             | SII 182 素子に Al の磁気シールド         |
| 温度制御による 100 mK の保持時間の確認 | CPA の magnet シールド上にパーマロイ磁気シールド |
| TES の転移確認               | TES は、SII182 と SII210          |

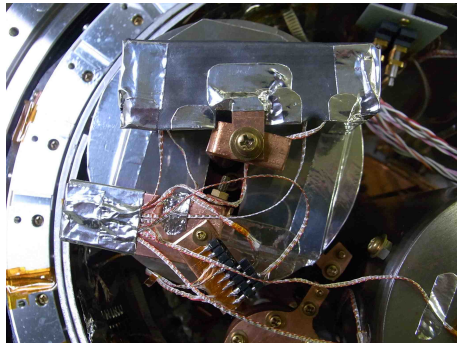


図 1: 実験セットアップの図. 左: CPA 上部. Detector stage に鉛の磁気シールド. CPA の magnet シールド上部の真ん中の隙間を 0.5 mm のパーマロイ板 2 枚で覆っている. 右: SII 210 (写真左) と SII 182 (写真中央). SII 182 は Al の磁気シールドを被せてある. 左側の 2 つの温度計が ch4, ch5 である.

表 2: 1月, 5月, 今回のセットアップについて

| 1月                               | 5月と今回                          |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Detector stage に鉛とクライオパームの磁気シールド | Detector stage に鉛の磁気シールド       |
| SII 182 素子に Al の磁気シールド           | SII 182 素子に Al の磁気シールド         |
| CPA の magnet シールド上にパーマロイ磁気シールド   | CPA の magnet シールド上にパーマロイ磁気シールド |
| TES は, SII182 と SII210           | TES は, SII182 と SII210         |

## 2 CryoCon による AGGHS 動作確認

5月の試験時では Kethley により AGGHS の ON/OFF 動作を確認し、今回は CryoCon により動作を確認することができた(図 2、3 参照)。

## 3 冷却試験結果

### 3.1 サイクル情報とその結果

今回は 4 回サイクルを回し、その結果を表にまとめた。

表 2 の LHe 保持時間については、最後の LHe 転送の際に残っていた LHe が 9L だったため、十分な転送が出来ず、保持時間が短くなってしまった。

表 3 については、各サイクルごとの冷却条件をまとめてある。サイクル 2 回目では CPA の Max Current を 8.0 A に下げ、サイクル 4 回目では GGG 消磁開始温度 (ch2)、CPA 消磁開始温度 (ch4) をサイクル 1 回目より約 400 mK 高く設定した。

表 4 は、今回のサイクルの CPA 消磁開始時の電流値をまとめたものである。最大電流より 1000 - 1500 mA 程度下がってしまっていることが分かる。

表 3: 今回の冷却サイクル前の情報

| dewar | 真空引き時間 | LN <sub>2</sub> 予冷時間 | LHe 予冷時間 | LHe 温度 | LHe 保持時間 |
|-------|--------|----------------------|----------|--------|----------|
|       | 40 h   | 24 h                 | 19 h     | 4.1    | 15.6 h   |

表 4: 今回と前回 (5 月) の各冷却サイクルの目的

| 日付    | cycle number | 温度制御 | GGG Current limit [A] | CPA Current limit [A] | その他        |
|-------|--------------|------|-----------------------|-----------------------|------------|
| 5月26日 | 1            | なし   | 8.0                   | 8.5                   | なし         |
| 6月15日 | 1            | なし   | 8.0                   | 8.5                   | なし         |
| 6月17日 | 2            | なし   | 8.0                   | 8.0                   | なし         |
| 6月17日 | 3            | あり   | 8.0                   | 8.5                   | なし         |
| 6月18日 | 4            | なし   | 8.0                   | 8.5                   | 各消磁開始温度の変更 |

表 5: 今回の冷却サイクル情報

| day              | 5月   | 6月   |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|
| cycle number     | 1    | 1    | 2    | 3    | 4    |
| GGG Max Current  | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 |
| CPA Maca Current | 8500 | 7130 | 7020 | 7070 | 7580 |
| GGG mag start    | 4.09 | 4.08 | 4.08 | 4.07 | 4.08 |
| GGG demag start  | 4.77 | 4.75 | 4.69 | 4.78 | 5.14 |
| GGG demag finish | 959  | 951  | 940  | 956  | 1020 |
| CPA mag start    | 876  | 925  | 904  | 907  | 983  |
| CPA demag start  | 1.40 | 1.20 | 1.17 | 1.22 | 1.66 |
| CPA demag finish | 45   | 45   | 45   | 45   | 56   |

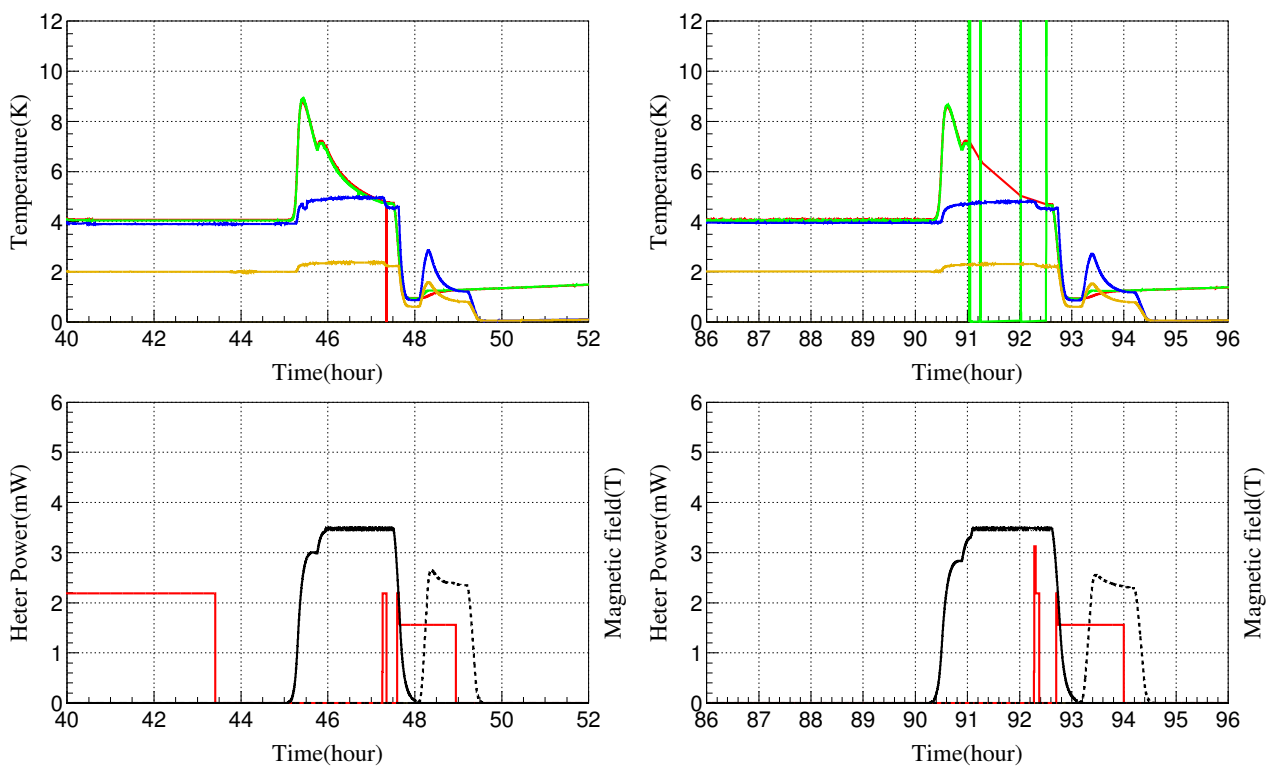


図 2: 冷却サイクルの温度, 磁場, Heater Power の図. 左: サイクル 1 回目, 右: サイクル 2 回目. 上図: 赤 ch2, 緑 ch3, 青 ch4, 黄 ch5. 下図: 黒 磁場, 赤: Heater Power.

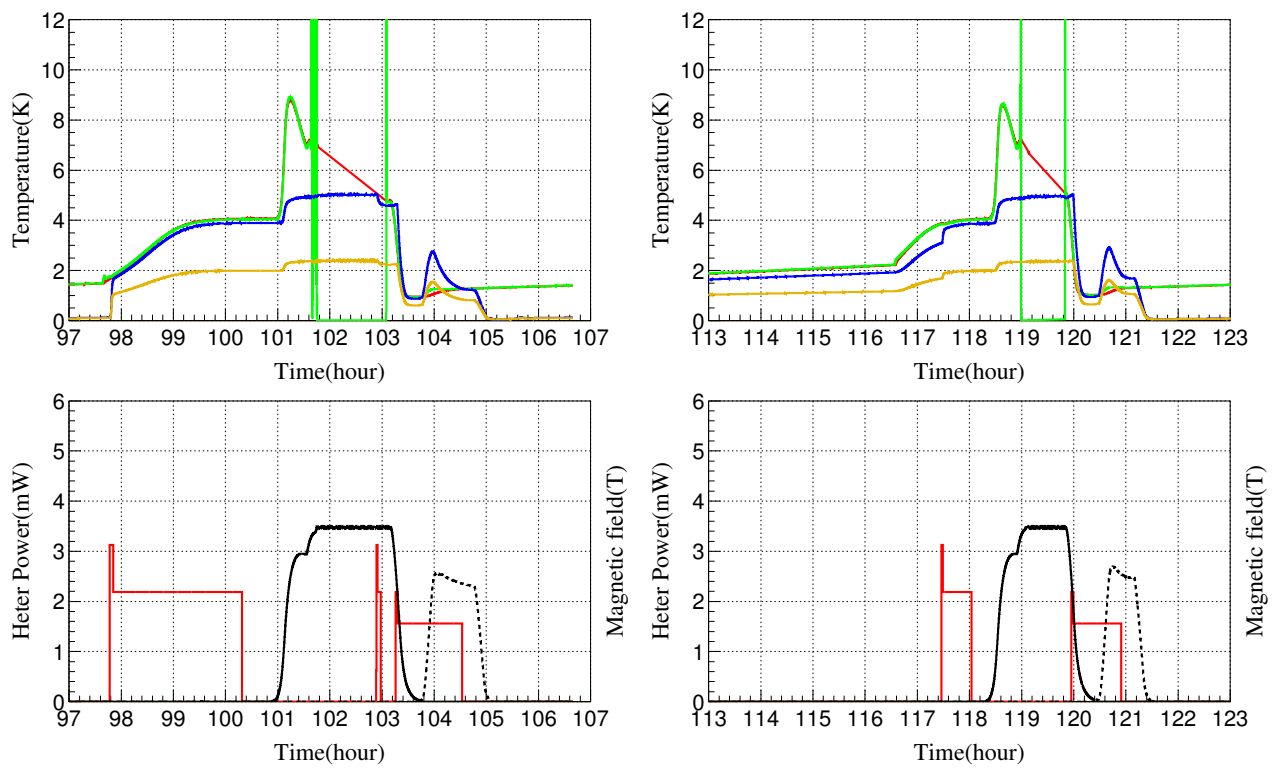


図 3: 冷却サイクルの温度, 磁場, Heater Power の図. 左: サイクル 3 回目, 右: サイクル 4 回目. 上図: 赤 ch2, 緑 ch3, 青 ch4, 黄 ch5. 下図: 黒 磁場, 赤: Heater Power.

### 3.2 最低到達温度からの温度上昇速度

4K から冷却した場合の CPA 消磁後の最低到達温度から 100 mK までの温度上昇速度について今回と 1 月、5 月の試験時の結果と図にした。この図から、100 mK までの保持時間は、1 月の結果は約 1.4 時間、5 月は約 2.8 時間、今回は約 2.6 時間となった。

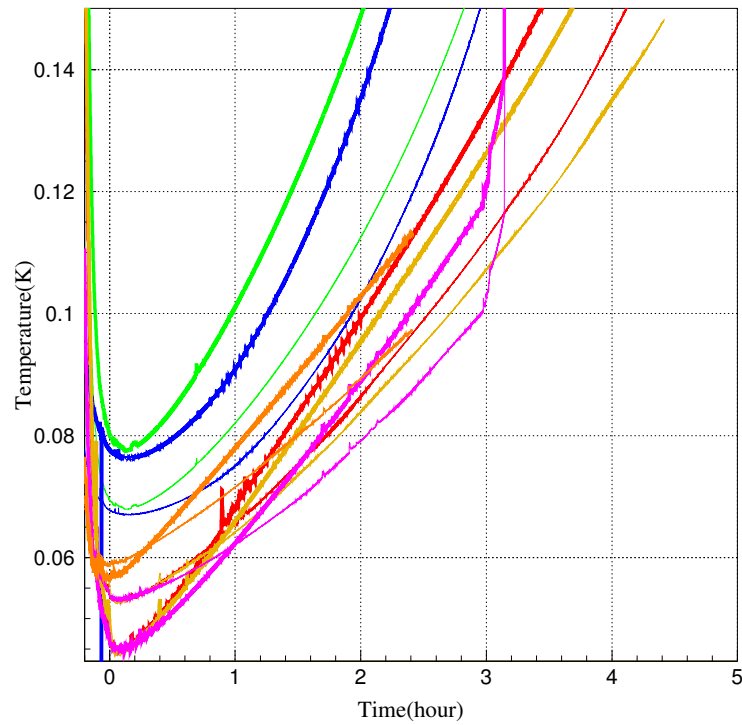


図 4: 4K から冷却した場合の CPA 最低到達温度からの温度上昇速度. 赤: サイクル 1 回目, マゼンダ: サイクル 2 回目, 橙: サイクル 4 回目, 緑: 1 月, 青: 12 月, 黄: 5 月. 太線: ch4, 細線: ch5.

### 3.3 ST 線図と実験データの比較

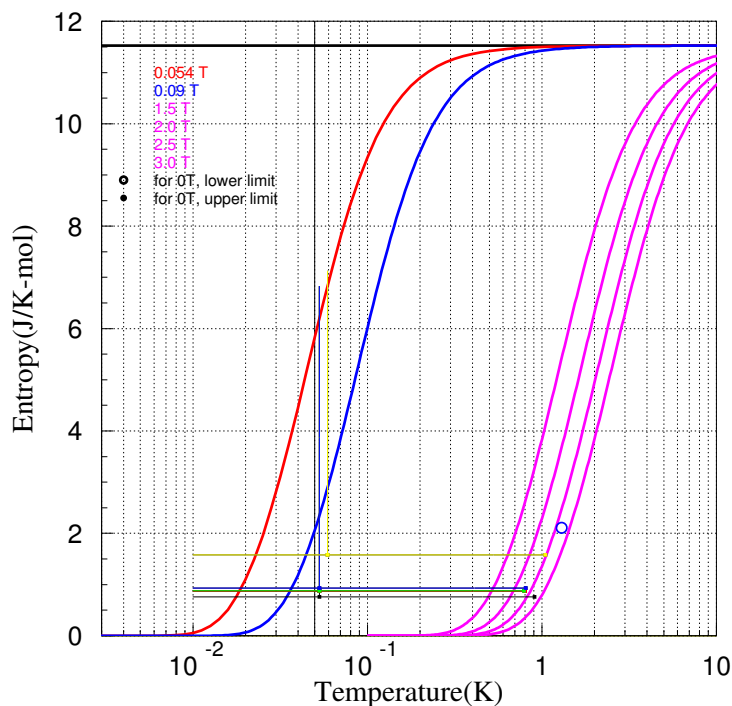


図 5: CPA S-T 線図. 各プロットは, 黒: 5月の試験結果, 赤: 1回目のサイクル, 緑: 2回目のサイクル, 青: 3回目のサイクル, 黄: 4回目のサイクル.

### 3.4 TES の RT の結果

SII182 の RT の結果は図 6 にある通り、5月の試験時と同じセットアップと励消磁条件で、同じ振る舞いをすることを確認した。図の青のサイクル 4 回目では、CPA 消磁開始温度を変更している。黄は、クライオパーム磁気シールドを取り付けた場合の結果である。また、サイクル 3 回目では、GGG 励磁開始から CPA 消磁後まで SII210 の RT のデータを保存した。図 7 は、温度下降時の RT の結果である。dat file のデータを確認したところ、図 3 の左図の 101.5 hour の時に抵抗値が約  $1.9 \Omega$  から  $0.1 \Omega$  まで下がり、その後 CPA の消磁が始まり最低温度温度に至るまでほぼ一定の抵抗値をとっている。

表 6: TES 素子の希釈冷凍機での性能測定結果

| TES     | $T_c$ [mK] | $R_n$ [m $\Omega$ ] |
|---------|------------|---------------------|
| SII 182 | 147        | 97                  |
| SII 210 | 250 - 258  | 110                 |

表 7: サイクル 1 回目の RT 結果

| TES     | GGG 消磁終了時     | CPA 消磁終了時      |
|---------|---------------|----------------|
| SII 182 | $0.46 \Omega$ | 104 m $\Omega$ |
| SII 210 | $0.12 \Omega$ | 108 m $\Omega$ |

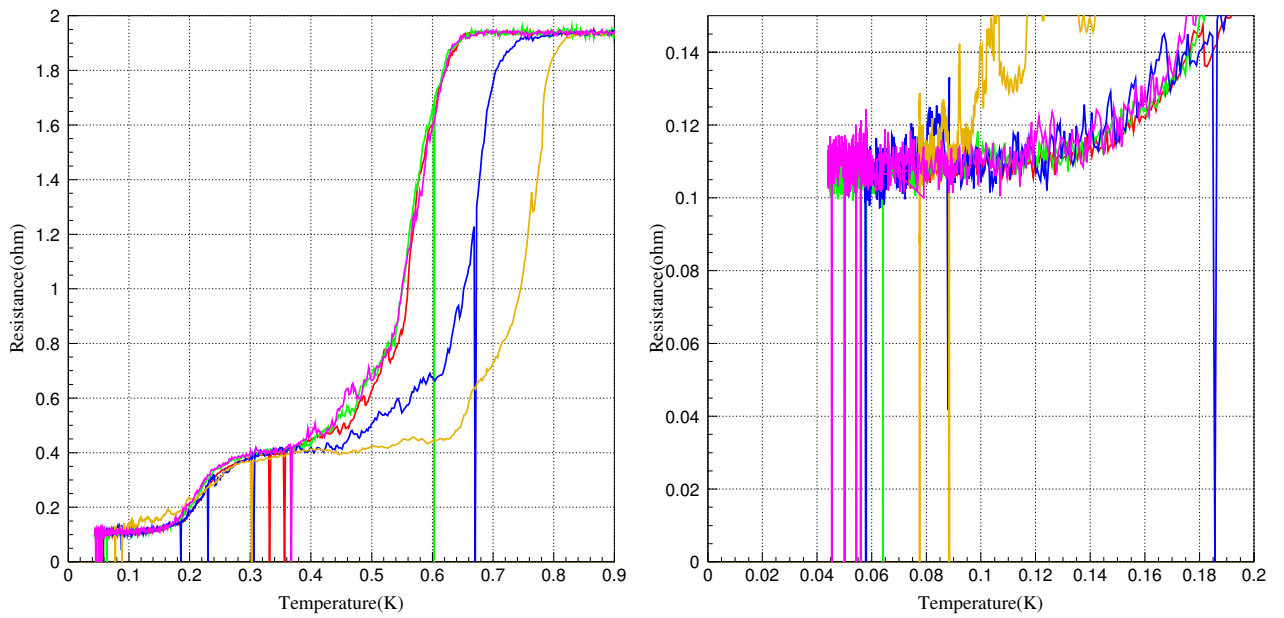


図 6: CPA 消磁時 (温度下降時) の SII182 の RT 図. 右図は左図の拡大図. Detector stage のクライオパーム磁気シールドを外した場合, 赤: サイクル 1 回目, 緑: サイクル 2 回目, 青: サイクル 4 回目, マゼンダ: 5 月. クライオパーム磁気シールドを取り付けた場合, 黄: 前々回 (1 月).

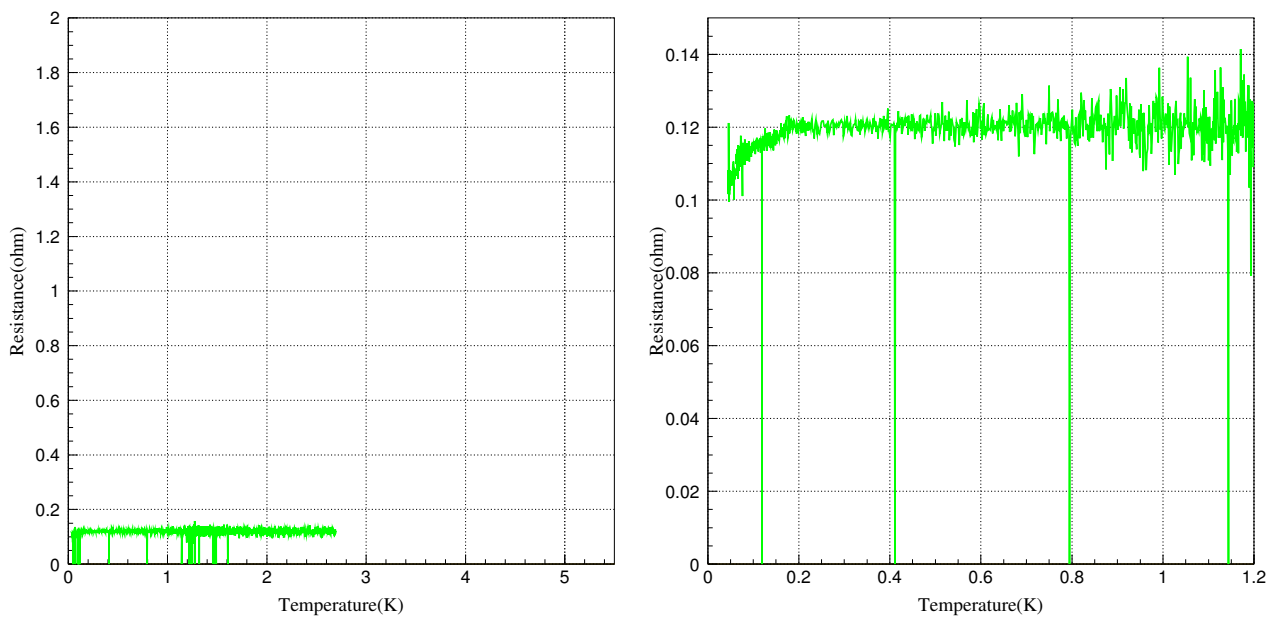


図 7: 左: サイクル 3 回目の CPA 最大電流後 (温度下降時) の SII210 の RT 図. 右: 拡大図.

### 3.5 AGGHS が勝手に On になる現象

今回のサイクルでも、CPA 消磁後 ch4 が約 500 mK まで上昇したところで AGGHS が勝手に On になる現象を確認した。この現象については、今回の冷却目的には含まれないため、確認事項として記載してある。サイクル 2 回目は現象が起きる前に AGGHS を ON にしたため、サイクル 4 回目はデータが途切れているため、サイクル 1、3 回目のデータを記載してある。

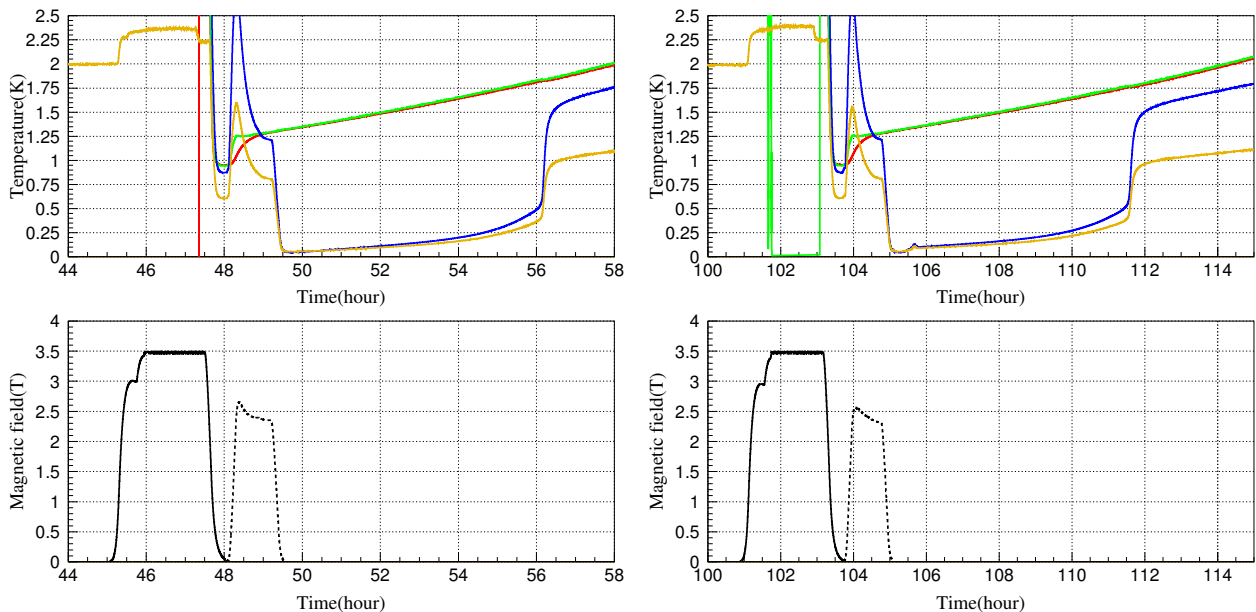


図 8: AGGHS が 500 mK 辺りで急に ON になっている。左: サイクル 1 回目, 右: サイクル 3 回目。

## 4 考察

今回、最低到達温度から 100 mK まで温度制御なしで ch4 は 2.2 時間、ch5 は 2.6 時間保持する結果となった。サイクル結果で気になる点として、5 月の試験時と同様に ch 5 の温度が ch4 と大きくずれていること、CPA 励磁時に Max Current に到達しないこと (図 2、3、表 4 参照) が挙げられる。後者について、マニュアルにもある通り、励磁前には計測電圧と電流により計算される抵抗値が 0.2  $\Omega$  以下であることは確認している。抵抗値が高い原因として、PSF400 とコネクタとの接触不良を疑ったが、サイクル 3 回目の温度制御をする際に一度挿し直しており、4 回目のサイクルにおいても同じく Max Current に到達しなかったため、他に原因がある可能性が考えられる。

## 5 まとめ

今回の目的に対し、得られた結果は次の 4 点である。1. CryoCon により AGGHS ON/OFF の動作を確認することができた。2. 励消磁条件を変えた冷却をサイクルの 2 回目と 4 回目に行ったが、サイクル 4 回目以外は CPA 最低到達温度が一致する結果となった。サイクル 2 回目は CPA の最大電流値を 8.0 A に下げて設定したが、CPA が最大電流に達しないまま消磁開始までに電流値が下がってしまい、CPA 消磁開始時の電流値がサイクル 1 - 3 回目ではほぼ変わらない結果となった (表 4 参照)。3. 1 月と今回とで CPA 最低到達温度後の温度上昇速度がほぼ変わらなかった。4. SII182 は前回と RT の振る舞いに変化がないことを確認した。SII210 は、今回初めてデータとして保存したが、データの保存開始を 4K から始めたにも関わらず、既に normal 抵抗に近い値を示し、データ保存を終える CPA 消磁後まで一定の値を示すことを確認した。また、目的とは別に、AGGHS が勝手に ON になる現象を確認した。



次回の試験に向けて、まずは CPA 励磁時に最大電流に到達しない問題を解決する必要がある。また、試験時には今回確認出来なかった LHe 保持時間の確認も行う必要がある。