

## 第25回 低温工学基礎技術講習会開催報告

関西支部

低温工学協会関西支部主催の第25回低温工学基礎技術講習会を2009年9月7日～9日に日本真空協会関西支部、応用物理学会関西支部の協賛のもとに、大学・大学院学生、関係企業の若手技術者ら計18名（内実習受講者11名）の参加を得て開催した。一日目に座学講義を行い、基礎的な関連項目を学習していただき、二、三日目は2グループに分かれ大阪市立大学と神戸大学で交互に、それぞれ「低温装置と温度計測および超伝導特性」、「寒剤の性質とその取り扱い方」のテーマで実習を行った。本講習会は、企業・大学の若手研究者や低温工学の初学者を対象として、寒剤の取扱い・低温生成・低温と安全・温度計測・低温用材料の性質・超伝導などの基礎的技術を習得していただくことを目的としている。以下に実習風景の報告をさせていただきます。（京都大学 白井康之）

### ~~~~~実習風景1~~~~~

「低温装置と温度計測および超伝導特性」の実習（大阪市立大学 畑 徹）

今回は参加者数が多くなかったので2班に分けることはせず、午前「超伝導特性」の実験、午後「低温装置と温度計測」の実験を行った。

#### 1. 「超伝導特性」

「超伝導特性」は、臨界磁場の温度依存性を調べる実験です。超伝導体としては、第1種超伝導体の鉛（ $T_c = 7.2\text{K}$ 、 $B_c(T = 0\text{K}) = 80\text{mT}$ ）を用いた。ガラス製の液体ヘリウム魔法瓶と液体窒素魔法瓶からなるクライスタットを用い、実習生が液体窒素、液体ヘリウム移送をした。液体ヘリウムの移送を自分で行った経験のある受講生はいなくて、みんなおそるおそるであった。その後、円筒の鉛の筒の外側にあり液体ヘリウムで冷却されている超伝導マグネットで磁場を加えていき、円筒内部に設置したホール素子で侵入磁場をキャッチする方法で臨界磁場の測定を行った。液体ヘリウム液面より少し上に鉛を置き4.2K以上の各温度で、液体ヘリウムに漬けて減圧し4.2K以下の各温度で、磁場をアップ、ダウンさせ、ホール素子の出力をX-Yレコーダー（磁場をX軸、ホール素子出力をY軸）に書かせ臨界磁場を測定した。温度計は、この温度域で感度のよいAllen-Bladley社のカーボン抵抗温度計（100Ω）を用いた。X-Yレコーダーはアナログで読み取るため、測定そのものは比較的簡単だったようで、実習生は要領よく測定をこなしていた。臨界磁場と温度の関係を図にプロットし、理論曲線と一致するかどうかの比較も行った。両者の一致は比較的良好で、超伝導の性質を少しだけ実感できたようだ。

## 2. 「低温装置と温度計測」

「低温装置と温度計測」では、「金属と半導体の抵抗の温度特性」を計測し、その後に、校正した温度計（ダイオード抵抗温度計）を用いて「低温装置」の温度分布の測定実験を行った。

### 2-1 「金属、半導体の抵抗の温度特性」

まず、抵抗測定の基本としての四端子法についての説明をした後、ここでは透明ガラス製の液体ヘリウム魔法瓶と液体窒素魔法瓶からなるクライostatを用い、再び、実習生に液体窒素、液体ヘリウムの移送を行ってもらった。午前中の実習で一度経験しているので余裕が感じられた。

測定では、4つの抵抗温度計（シリコンダイオード、白金線、カーボン抵抗、熱電対）を取り付けた銅ブロックを、まず温度定点として氷と液体窒素に浸け抵抗値を読み取った後、液体窒素から室温までステップ的に昇温し、校正されたシリコンダイオードと熱電対温度計を基準に、温度に対する抵抗値の表を作成した。さらに、液体ヘリウムクライostatに温度計のセットされた銅ブロックを入れていき、液体ヘリウム温度までの校正を行い、表を作成した。その後、温度に対する抵抗値のグラフも作成した。実習生は皆、対数グラフを問題なく使いこなしていたが、グラフにするのは結構大変でここにもっとも時間がかかっていた。半導体と金属では温度に対する抵抗変化が逆特性になっていることを実感できたようだ。

### 2-2 「低温装置の温度分布の測定」

2-1で校正した温度計を用い、クライostat内のヘリウム液面からの距離を変えながら、温度を測っていきクライostat内の鉛直方向の温度分布を調べた。蒸発による低温度の気体ヘリウムがクライostat内を上昇するために、クライostatの大部分では低温が保たれ、急激な温度変化は意外とクライostat上部で起こっていることが実感できたようだ。

実験終了後に、研究室の自作の希釈冷凍機やリンデ社の液化機の見学をした。最後に、今回の内容についての感想を聞いたところ、非常に有益であった、今後役に立つという発言があり、主催側としてやりがいがあった。



「低温装置と温度計測」のクライostatに液体ヘリウムを移送している様子。奥は担当の石川教授。

~~~~~実習風景2~~~~~

「寒剤の性質とその取り扱い方」の実習 (神戸大学海事科学研究科 武田 実)

神戸大学では、9月8～9日の日程で「寒剤の性質とその取り扱い方」の実習を行った。参加者は1日目6名、2日目5名であった。実習項目は、以下のとおりである。

- (1)ヘリウム液化装置の見学
- (2)液体窒素の取り扱い方
- (3)液体ヘリウムの取り扱い方
- (4)サーマルオシレーションの観測
- (5)超流動転移の観測
- (6)フィラメントを用いた超熱伝導性の実験
- (7)噴水効果の実験

9月8日および9日、午前10時に実習生が極低温実験棟に集合した。始めに自己紹介をしていただき、低温実験に関する経験について聞いたところ、半数以上が液体ヘリウムを見たことがないとのことであった。続いて当日の実習内容について説明した後、ヘリウム液化装置(レシプロ型、PSI社製)および液体窒素貯蔵タンクの見学を行った。その際、ヘリウム液化原理の説明を加えるとともに、古い液化装置のレシプロエンジンやバルブなども見ていただいた。その後、物理学実験室へ移動し、午前中は液体ヘリウムを用いる実験のための窒素予冷を行った。始めに液体窒素を取り扱う上での注意点を説明した。続いて、ゴーグルおよび皮手袋を装着し、クライオジェットを用いて液体窒素移送の実習を行った。ほとんどの実習生はクライオジェットを触るのが初めてであったが、すぐにその使用方法をマスターしていた。

午後からは、トランスファーチューブの機能や構造などを説明した上で液体ヘリウムの移送を行った。移送の前には予冷に用いた液体窒素を取り去り、真空引きの後でヘリウムガスに置換した。実習生は、ガラスデュワーの底に液体ヘリウムが溜まり始めると目を凝らして観察していた。サーマルオシレーションの観測では、ステンレスの薄肉パイプの上端にマイクロフォンを取り付けて、ゆっくりと液体ヘリウムの液面へ近づけて行った。パイプの下端が液面上部にあるときは激しい振動と蒸発が起こるが、液面内部にあるときは著しく減衰することをまず目で確認した。次に、オシロスコープを用いてサーマルオシレーションの周波数と振幅を測定し、振動および減衰の様子を確認した。

続いて、いよいよ超流動の実験に移った。実験室外部にある大型真空ポンプを見学した後、このポンプを用いて液体ヘリウムの減圧を始めた。ガラスデュワー内のヘリウムが激しく蒸発する様子を見ながら蒸気圧を計測し、蒸気圧のデータから温度に換算した。超流

動直前になると実習生はガラスデューワーの前に集まり、蒸気圧の値を見ながらカウントダウンが始まった。温度が  $2.2\text{ K}$  となり、超流動転移と同時に思わずオーという歓声が起きた。それまでの激しい沸騰状態とは打って変わって全く静寂な液面が現れ、実習生は食い入るように見つめていた。その後フィラメントを超流動中で点灯させ、その周りから気泡が発生せずに静寂な液体のまま約  $2300^{\circ}\text{C}$  の温度差が発生していることを観察して、超熱伝導性に関する理解を深めた。最後に、噴水効果の実験を行った。 $1.6\text{ K}$  の状態で、熱機械ポンプのヒーターに電流を流し、噴水の出る様子を観測した。具体的には、加える電流値を少しずつ変えながら、噴水の高さを計測した。電流値が大きすぎて噴水の高さがスケールを超えるハプニングもあったが、実習生は電流値と高さの実験結果をまとめて考察を行った。以上の実験を進めながら、その都度質疑応答を行なった。今回は企業からの参加者が多かったためか質問が多く、実習に対する熱意や積極的な姿勢が強く感じられた。

実験終了後に、液体水素実験装置および関連施設の見学を行った。今回参加された実習生の多くから、見聞きするものが新しく非常に有意義な実習だったとの報告を受けております。最後になりましたが、この実習をご支援して頂きました低温工学協会に、また準備段階からご協力頂きました関係者および学生諸君に感謝申し上げます。

#### 写真説明

実習用実験装置の説明を行っている様子

