

## ■ 関西支部だより

低温工学・超電導学会関西支部では、第34回低温工学基礎技術講習会を、大学院学生、大学教職員、関係企業の若手技術者ら計26名（実習16名、内女性0名）の参加を得て、2018年9月26日～28日に開催した（日本表面真空学会関西支部、応用物理学会関西支部協賛）。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。今回は、初日に大阪市立大文化交流センター（ホール）にて7名の講師による座学講義を実施し、2日目～3日目に実習を行った。なお実習は、神戸大学と大阪市立大学で、それぞれ「寒剤の性質とその取り扱い方」、「低温物性基礎実験」のテーマで行った。講師の先生方、実習を担当していただいた両大学の関係者の皆様に感謝申し上げます。以下は、実習風景の報告である。

（神戸大学 武田 実）



講義風景

### 実習風景 1

#### 「寒剤の性質とその取り扱い方」

神戸大学大学院海事科学研究科 超伝導科学研究室  
神戸大学では、9月27日（木）および9月28日（金）に「寒剤の性質とその取り扱い方」の実習を行った。参加者は各々8名（社会人8名）および8名（社会人8名）であった。実習項目は、以下のとおりである。

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

午前10時に極低温実験棟に集合した後で自己紹介をして頂き、低温実験に関する経験について聞いたところ、液体ヘリウムを使ったことはあるが見たことがな

いという実習生が大半を占めていた。続いて当日の実習内容について説明した後、配付資料に基づいてヘリウム液化装置に関する説明を行うとともに、現物の見学を行った。

その後、液体窒素の取り扱い講習を行った。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。クライオジェットを触るのが初めての実習生もいたが、すぐにその使用方法をマスターしていた。この間、実験用ガラスデュワーの予冷に用いていた液体窒素を取り出し、真空引きを行った。

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。なお、トランスファーチューブの断熱真空槽の真空排気弁（シールオフバルブ）の取り扱い方の説明も行った。移送の前には予冷に用いた液体窒素を完全に取り去り、十分に真空引きをした後で、ヘリウムガスに置換した。その後、トランスファーチューブ（脱着式）を用いて、貯蔵容器から実験用ガラスデュワーに液体ヘリウムを移送した。

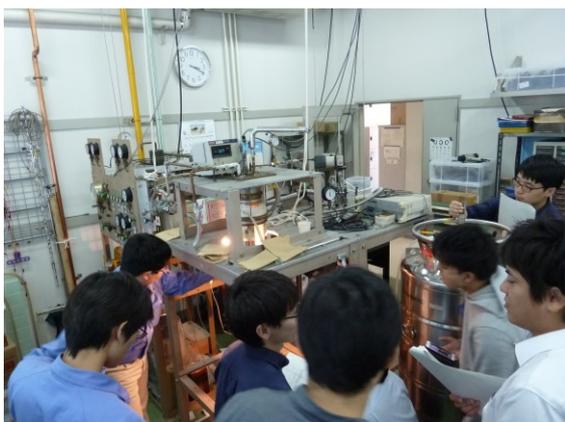
サーマルオシレーションの観測では、ステンレスの薄肉パイプの上端にマイクロフォンを取り付けて、ゆっくりと液体ヘリウムの液面へ近づけて行った。パイプの下端が液面上部にあるときは激しい振動と蒸発が起こるが、液面内部にあるときは著しく減衰することをまず目で確認した。次に、オシロスコープを用いてサーマルオシレーションの周波数と振幅を測定し、振動および減衰の様子を確認した。サーマルオシレーションを利用すれば、簡単な液面計（タコニス振動液面計）になることが知られている。これを用いて、実習生全員が液体ヘリウム貯蔵容器の液面を計測した。液面計の下端が液面に着いた途端に、ビビビーという音の周波数が下がり、「液面が確認できた」と全員が満足していた。

続いて、超流動の実験に移った。大型真空ポンプとマノスタットを用いて、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ワーの前に釘付けになり、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 Kとなり、超流動転移と同時に思わず「オー」という歓声が起こった。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。その後超流動中でフィラメントを点灯させる実験も行った。

最後に、噴水効果の実験を行った。ただし2日目の

実習では、実験用ガラスデュワーの断熱状態が悪くなり、超流動ヘリウムの液面が下がり過ぎたため、噴水効果の実験ができなくなるハプニングに見舞われた。実験では約 1.8 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。始めは要領がわからず噴水がスケールオーバーすることがあったが、次第に慣れてきて、加える電流値および電圧値を少しずつ変えながら、噴水の高さを計測した。実習生はヒーター入力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。残りの時間を利用して、極低温実験棟および水素実験棟にある実験装置等の見学を行い、午後 5 時頃に終了した。

今回参加された実習生の多くから、見聞きするものが新鮮で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・超電導学会に、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。 (神戸大学 武田 実, 前川一真)



神戸大学での実習風景

## 実習風景 2

### 「低温物性基礎実験」

大阪市立大学大学院理学研究科 超低温物理学研究室  
大阪市立大学では、9月27日(木)および9月28日(金)に「低温物性基礎実験」の実習を行った。参加者は各々8名(社会人8名)および8名(社会人8名)であった。

実習項目は以下のとおりである。

1. 抵抗温度計(金属, 半導体)温度特性
2. 低温装置の温度分布の計測
3. 超伝導体の磁気測定(臨界磁場の温度依存性)

参加者が集合後に全体のスケジュールの説明を行った。今年の実習では、二つの班に分けて、午前の一つの班では 1.と 2.を行い、もう一つの班では 3.を行い、午後では入れ替える予定で実習は始まった。

1.と 2.は連続して取り組んでいった。今回使う低温測定用の温度計は、白金抵抗(Pt1000, 室温で約 1000  $\Omega$  の抵抗値), AB1000(アーレンブラッドレイ社製のカーボン電気抵抗で, 室温で 1000  $\Omega$  の抵抗値), 校正済みシリコンダイオードの 3 種類である。参加者の中には、抵抗温度計の原理と種類は知っていても、実物を見るのが初めての人もいた。実習では定電流電源とマルチメータ(電圧測定モード)を組み合わせた 4 端子抵抗測定方法を用いた。簡単な説明の後で、最初に校正済みのシリコンダイオード温度計を用いて、白金抵抗温度計とカーボン抵抗温度計を校正した。氷点(0  $^{\circ}\text{C}$ ), 液体窒素温度(-196  $^{\circ}\text{C}$ )と液体ヘリウム温度(4.2 K)の 3 点定点と、液体窒素容器または液体ヘリウム容器内の鉛直方向(液中温度と液面より上部の気体部分の温度)の温度分布を用いて校正を行った。金属(白金抵抗温度計)と半導体(カーボン抵抗温度計およびシリコンダイオード温度計)では電気伝導のメカニズムが違うために、抵抗値の温度依存性が全く異なることを確かめながら測定を進めた。半導体は一般に低温で抵抗値の急激な(発散するような)変化を示すが、この場合は抵抗値と温度を両対数グラフでプロットするのが良いが、知らない参加者も多かった。次に、校正されたカーボン抵抗温度計を用いて、液体ヘリウム容器の鉛直方向の温度分布を詳しく測定し、容器内に急激な温度勾配が存在することを確認した。

3.では錫(スズ)の超伝導状態での臨界磁場測定を行った。二重のガラス魔法瓶の外側に液体窒素、内側に液体ヘリウムを寒剤として入れて低温実験を行った。この装置の利点は、スリットと呼ぶ、幅が約 1 cm のガラス面にメッキをしていない領域を作り、内部が見える工夫をしていることである。午前中の班は液体窒素を既に入れた状態から液体ヘリウムの初期トランスファー(移送)を体験してもらい、午後の班では液体ヘリウムの継ぎ足しトランスファーを体験してもらった。参加者は手作りの液体ヘリウムトランスファーチューブを手にして驚き、これを液体ヘリウム 100 リットル容器とガラスの魔法瓶へ挿入することを体験し、さらに実際に液体ヘリウムが移送される様子を見て、驚嘆したようであった。移送中には、液体ヘリウムの液面の位置をスリットから覗いて確認する基本的な作業も体験してもらった。錫の超伝導転移温度は約 3.7 K である。減圧による蒸発冷却法によって、気体・液体ヘリウムの飽和蒸気圧曲線に沿って温度を制御した。錫は円筒状に加工され、その内側にホール素子が置かれている。外部磁場をこの円筒軸に平行にかけ、温度を一定に保った状態でその大きさを変化させると、臨界磁場のときにホール素子の出力電圧は特徴的な振る舞いをするので、錫の臨界磁場を定めることができる。測

定温度は3~4点であったが、臨界磁場が温度の2次関数となることが確認できた。臨界磁場の同定をするには、超伝導の性質（講習会初日に行われた講義内容）が必要であり、講義と併せて超伝導の理解が深まったと思われる。

午前・午後をとおして活発な質問が相次ぎ大変盛況であった。講義だけではなかなか理解できないことも、実習を通して自分なりの解釈が出来ていったものと期待される。

実習が終了した後で、超低温研究室の研究装置およびヘリウム液化装置の見学を行い、講習会を終了した。

（大阪市立大学 石川修六，矢野英雄）



大阪市立大学での実習風景