

■ 関西支部だより

低温工学・超伝導学会関西支部では、第41回低温工学基礎技術講習会を、2025年9月1日～2日（実習の部）、9月3日（講義の部）の日程で開催した（日本表面真空学会関西支部、応用物理学会関西支部協賛）。参加者は、関係企業の若手技術者8名と学生2名の計10名であった。

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。コロナ禍ではオンライン開催を余儀なくされたが、今年は対面開催3年目となり、受講者の基礎技術習得への指導効果を実感している。講習会開催にあたり、講義・実習の講師の先生方、事務局、アルバイトの学生さんに多大なご協力をいただき、心より感謝申し上げます。

例年では1日目が講義で2日目と3日目が実習だが、今年は最終日に、大阪公立大学文化交流センター（ホール）にて7名の講師による座学講義を実施した。講義の部の内容は以下のとおりである。

- (1) 寒剤の性質 神戸大学 武田 実
- (2) 低温生成 ―パルス管冷凍― 畑 徹
- (3) 温度計測 ―高磁場下温度計測―
大阪公立大学 石川 修六
- (4) 低温材料 ―実学的低温材料―
大阪大学 中本 将嗣
- (5) 低温と安全 神戸大学 藤川 静一
- (6) 超伝導の基礎 京都大学 掛谷 一弘
- (7) 超伝導の応用 ―電力機器、産業機器他―
京都大学 白井 康之

講義では、情報機器（PC、スマートフォン）を利用したコミュニケーションなど新しい試みを取り入れた。講義中および講義後には受講者から活発な質問や講師との交流があり、受講者の低温工学分野への熱意が伝わってくるとともに、対面での講義の良さを実感した。

初日と2日目には、京都大学と大阪大学で、それぞれ



講義の様子

「低温物性基礎実験」、「超伝導基礎物性の測定および磁気分離技術」のテーマで実習を行った。以下は、実習風景の報告である。

（大阪公立大学 矢野英雄）

実習風景 1

「低温物性基礎実験」

午前10時に集合し、講師・受講者の自己紹介から始まった。受講者の多くは新入社員であり、中途採用の方も見受けられた。今回は講義・実習の順番が入れ替わっているため、午前の部では初めに実習の内容およびスケジュールに加えて、実験で扱う実験装置や物理現象について簡単な説明があった。その後、2つの班に分かれて実習を行った（理学研究科6号館3階および総合研究5号館地下）。1班は理学研究科6号館3階へ移動し、実験装置の説明を受けた後、液体窒素（10 L）の汲み出しを体験した。皮手袋・ゴーグルの着用、換気的重要性に関する説明を受け、エレベーターで液体窒素容器を運ぶ場合は、同乗してはいけないことを教わった。実験室に戻り、液体窒素を用いて実験装置の予冷を開始した。並行して、ゴム風船と液体窒素を用いて簡単なデモンストレーションが行われ、窒素ガスが1/700に凝縮することを体験した。その後、カーボン抵抗温度計の温度特性測定について説明があった。温度計の電気抵抗測定では、直流4端子法に基づいて電流を反転させて熱起電力をキャンセルすること、微小な直流電流を流してジュール発熱を防ぐことなどを学習した。午後からは、トランスファーチューブを用いて液体ヘリウムを移送した。液体ヘリウムがデュワー瓶に溜まり始めると、受講生は食い入るように見つめていた。その後、減圧排気冷却を行い、4.2 K～1.4 Kにおいてカーボン抵抗温度計の抵抗値の温度を校正した。温度校正には、校正済みゲルマニウム抵抗温度計を用いた。カーボン抵抗の感温部が半導体であり、温度の低下に伴ってキャリア濃度が減少するために、抵抗値が急激に増大する様子を観測した。観測データを片対数グラフにプロットする実習では、グラフの取扱いに四苦八苦していた。最後に、白熱灯を用いて、赤外線輻射が真空層を通して低温感温部の温度を上げるほどの熱を伝えることを観察した。

2班は総合研究5号館地下へ移動し、実験装置の説明を受けた後、液体窒素を用いて実験装置の予冷を開始した。午後から、トランスファーチューブを用いて液体ヘリウムを移送した。透明なデュワー瓶に溜まった液体ヘリウムを用いて、タコニス振動を観察した。これが最も簡単な液面計の原理となっていることを学習するとともに、タコニス振動を起こさないことが液体ヘリウムの長期保存に繋がることを学習した。次に、液体ヘリウムの減圧排気冷却を行い、超流動転移に伴う沸騰停止現象を観察した。さらに、超流動ならではの3つの現象であるスーパーレーク（常流

動状態では細孔中に液体が流れないが、超流動状態になると液体が流れる現象)、フィルムフロー(超流動状態の薄膜が容器の壁をよじ登り滴り落ちる現象)、噴水効果(熱機械効果)の観察を行った。温度計測では、室温部に置かれた圧力計によって液体ヘリウムの蒸気圧を直接測定し、ITS-90 温度スケールにより温度換算を行った。沸騰停止現象は劇的な現象なので、液面を明確に識別できた人からは歓声が上がっていた。午後の後半は、1 班と 2 班のテーマを入れ替えて同様の実験・実習を行った。

実習後は、京都大学環境安全保健機構低温物質管理部門北部構内液化棟の巨大な液化施設の見学を行った。この液化施設の液化能力(最大 360 L/h)は大学として世界トップレベルである。また、世界でも数少ない超低温回転クライオスタットの見学も行い、そのスケールの大きさに受講生は驚きを隠せなかった。

(神戸大学 武田 実, 前川一真
京都大学 佐々木 豊, 松原 明)

実習風景 2

「超伝導基礎物性の測定および磁気分離技術」

本テーマの実習では、午前の部で超伝導基礎物性の測定、午後の部で磁気分離の基礎実験を行った。

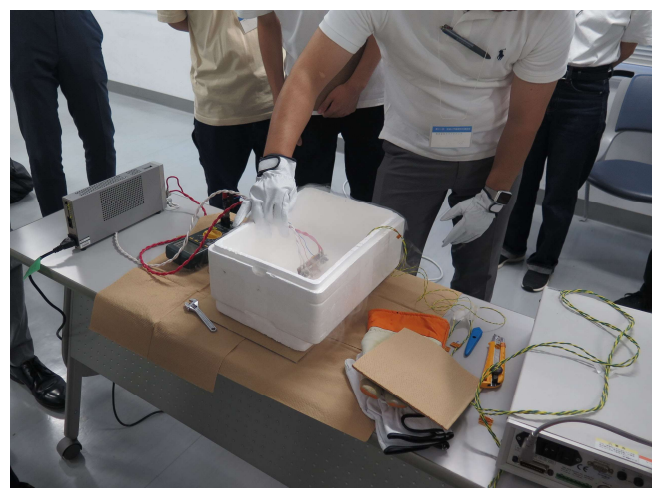
まず午前の部では、大阪大学吹田キャンパスA1棟215号室にて、超伝導線の超伝導転移の測定、および高温超伝導体によるマイスナー効果、ピン止め効果による永久磁石の浮上回転実験を行った。まず超伝導伝導体の性質についての15分程度のビデオを視聴してもらったのち、5名ずつの2班に分かれて実験を行った。まず10センチ程度に切断した超伝導テープ線(REBCO線またはB2223線)の2か所に端子をはんだ付けして、端子を電圧計、両端を直流電源に繋ぎ、4端子法で電圧を計測できるようにした。また、セルノックス温度計を超伝導伝導線の付近に設置した。そして、液体窒素に超伝導伝導テープ線を徐々に浸漬し、電気抵抗と温度の同時計測を行った。室温の状態から、液体窒素に温度計と超伝導伝導テープ線を徐々に浸漬させていくと、電気抵抗が0になることが確認できた。今回は簡易な測定であったが、抵抗と温度の精密な同時測定には工夫が必要であることの説明があった。その後、磁気軸受用に作成された高温超伝導バルクの上にスペーサを挟んでリング状永久磁石を乗せ、超伝導バルクを液体窒素で十分に冷却した後スペーサを取り除くと、永久磁石が浮いた状態で回転させることができ、その様子を観察頂いた。このことで、冒頭のビデオで説明された、第二種超伝導体の一部の欠陥や不純物等に永久磁石の磁束が侵入して固定されるピン止めを実感できた。

昼休みを挟んで午後の部では、磁気分離実験を行った。まず初めに超伝導技術と磁気分離技術の関係、および磁気

分離の手法である吸着法と凝集法についての説明を行った。その後、A1棟211化学実験室に移動して、5名ずつの2班に分かれて吸着法と凝集法のそれぞれの実験を行った。吸着法ではまず、2価の鉄イオンを出発物質として、強磁性の酸化鉄コロイドを調製し、永久磁石に引き寄せられることを確認した。次に、その酸化鉄コロイドを用いて染料の一種であるオレンジⅡの分離を行い、分離前後の吸光度測定により、分離率の算出を行った。後半の凝集法では、身近な家庭排水として米のとぎ汁や味噌汁、コーヒー牛乳や緑茶などを希釈した模擬排水を用い、無機凝集剤と有機凝集剤の添加、pH調製によって水中の不純物を凝集させたのち、市販の酸化鉄粒子を添加して、永久磁石で凝集体を分離した。分離前後の濁度を測定することで、分離率を算出した。いずれの方法においても磁気分離でおよそ90%以上の分離率が得られた。その後、超伝導ソレノイド磁石と超伝導バルク磁石の見学を行った。超伝導ソレノイド磁石では連続処理用の設備も併せて見学いただき、連続的な高勾配磁気分離の仕組みについて説明した。超伝導バルク磁石は、前述のソレノイド磁石による着磁方法の説明ののち、鉄粉を用いた磁力線の観察、磁気アルキメデス法による異種プラスチックの浮上高さによる分離、1円玉を用いた渦電流の観察を行った。最後の質疑応答では、超伝導磁石の仕組みや着磁、社会実装に向けての課題についてなどの質問があった。

全体を通じて、実習中も受講者から大変活発な掘り下げた質問があり、興味を持って真剣に受講されている様子が印象的であった。最後に、午前中の実習にご協力をくださいました、大阪大学レーザー科学研究所の岩本晃史教授に心より感謝申し上げます。

(大阪大学 秋山庸子)



大阪大学での実習の様子