

第30回 低温工学基礎技術講習会開催報告

関西支部

低温工学・超電導学会関西支部では、第30回低温工学基礎技術講習会を、大学・大学院学生、関係企業の若手技術者ら計14名の参加を得て、2014年9月3日～5日に開催した（日本真空学会関西支部、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、7名の講師による座学講義とその知識をもとにした実習を、3日間の予定で実施する。本年度は、神戸大学と大阪大学で、それぞれ「寒剤の性質とその取り扱い方」、「超伝導基礎物性の測定および磁気分離技術」のテーマで行った。講師の先生方、実習を準備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。

（京都大学 白井康之）



写真1 大阪市大 畑教授の「低温生成」の講義風景

~~~~~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 武田 実

神戸大学では、9月4日（木）および9月5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6名（1名欠席）および7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

一昨年前までは、事情により極低温実験棟から離れた研究棟で実習を行っていた。研究棟にはヘリウムガス回収配管がなかったため、液体ヘリウムや超流動の実験では、ヘリウムガスを大気へ放出していた。昨今のヘリウムガス供給体制の悪化や価格高騰に伴い、実験装置を極低温実験棟へ移設することが求められていた。そこで、昨年より実験装置を移設する準備を進めて、今回より極低温実験棟にて実習を行う運びとなった。

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、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、古い液化装置に取付けられていた、膨張エンジン（ベークライト製ピストン）や吸入・吐出弁も手に取って見て頂いた。

その後、液体ヘリウムを用いる実験のための窒素予冷および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。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。その際、トランスファーチューブの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取り去り、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。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。初めて見る液体ヘリウムはさらさらで、液体窒素の泡と比べて非常に小さな泡が印象的であった。

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、「液面があった、あった」と興奮していた。

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 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 2000°C の温度差が発生していることを観察した。最後に、噴水効果の実験を行った。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、極低温実験棟にある実験装置等の見学を行い、午後 5 時前に終了した。

今回参加された実習生の多くから、見聞きするものが新しくて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。



写真 2 実験装置の前で説明を受ける実習生

## 「磁気分離技術の基礎実験」

大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

西嶋研究室

大阪大学西嶋研究室では、「超伝導基礎物性の測定および磁気分離技術」の実習の一つとして、吹田キャンパス A1 棟西嶋研究室にて、磁気分離技術を用いた排水処理の基礎実験を行いました。参加者は2日間で総勢13名、例年になく、あいにくの雨の中での実施となりました。

最初に A1 棟 1 階の 113 室にて、秋山講師が磁気分離とはどのような技術かの概要と、磁気シーディングの 3 つの手法の説明を行いました。次に



写真 3 実験の概要説明

3-4 名ずつのグループに分かれていただき、2 階の実験室に移動して磁気分離実験を行いました。①凝集法によるエマルションの磁気分離、②吸着法を用いた染料の磁気分離、の2種類の磁気シーディング法を用いた磁気分離の実験を行い、最後に、③超電導バルク磁石を用いた磁気分離実験を体験していただきました。以下にそれぞれの実習の概要を報告します。

### ① 凝集法による磁気分離

シクロヘキサンと界面活性剤を使って調製したモデルエマルションと、実際の身近な生活排水と米のとぎ汁とシャンプー洗液を用意して、それぞれについて磁気分離実験を行いました。第一段

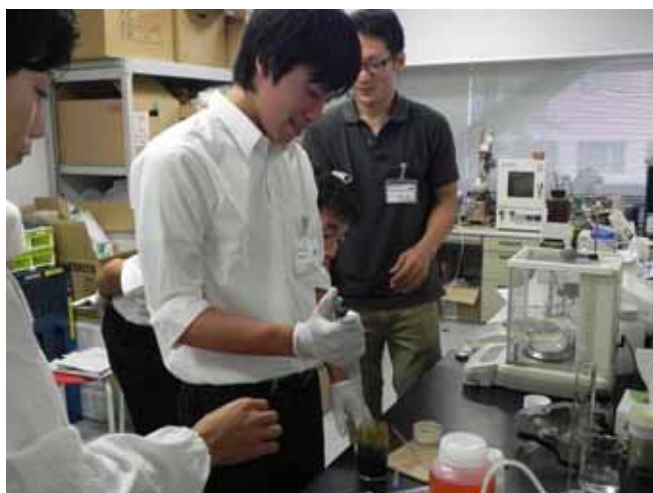


写真 4 磁気分離実験の様子 1

階として排水に無機凝集剤である硫酸アルミニウムを加え、それからアルカリを加えて水酸化アルミニウムを生成させ、小さな凝集体を作ります。第二段階として、高分子凝集剤を加えてさらに大きなフロックを形成させます。そこに強磁性体であるマグネタイトを少量添加し、磁石のけん引力により分離することで、沈降法よりも効率の良い分離が可能となります。無機・有機凝集剤の添加により、目に見える凝集体(フロック)を形成が形成され、少量のマグネタイト

粒子を添加して永久磁石を近づけると、いずれのサンプルも懸濁物を回収し、水の濁度を大幅に低減させることができました。

### ② 吸着法を用いた染料の磁気分離

吸着法による磁気分離では、粒子の表面積が大きいことが求められるため、まずマグネタイトのコロイド粒子の調製を行いました。水酸化第一鉄の青色沈殿を生成させ、次に空気バブリングによって空気酸化を行いました。生成した黒色粒子を超電導バルク磁石上に置くと、磁石に吸い寄せられるように移動し、マグネタイトが生成していることが確認できました。このマグネタイトを、オレンジⅡという染料の模擬排水に少量添加し、攪拌したのちに永久磁石で粒子を分離すると、オレンジⅡの色が薄くなっており、吸光度で分離率を測定すると70-90%になりました。

また今回の実験は一般的な磁気分離法の基礎となる部分ですが、現在西嶋研究室で行っている磁気分離の応用技術の一部をポスターでご紹介しました。一つは磁気分離技術を用いたセシウム汚染土壌の減容化の研究です。これは、吸着剤を用いずに懸濁液を磁石に通すだけで線量を低減できる手法であり、参加者の皆さんにはかなり興味を持っていただき、たくさんのご質問を頂きました。また磁気力制御の医療応用として、磁気ドラッグデリバリーシステムの研究紹介を行いました。抗がん剤などの副作用を軽減できる手法として、このテーマについても、多くのご質問を頂きました。

### ③ 超電導バルク磁石を用いた磁気分離実験

最大磁束密度 3.5T の強磁場を発生する超電導バルク磁石を使って、ビーカー実験で生成させた磁性フロックを流れの中で磁気分離し、連続的な磁気分離を体感していただきました。スチールウールが磁石に強く引き付けられたり、アルミニウムである1円玉も引き付けられたりすることを体験頂きました。また、ここでは強磁場のもう一つの重要な応用として、リサイクルへの応用についての研究もご紹介しました。強磁性の媒質を用いると、液体中に固体を浮かせることができる磁気アル



キメデス法という手法で、色の異なるガラス粉末が瞬時に分離できる様子には参加者も驚いておられました。夕方には幸い雨が止んだため、低温センターに設置しているソレノイド型超電導磁石の見学も行いました。

超伝導体そのものに関する技術や真空技術に関わる研究者が多かったため、超伝導体の応用について知ることができて良かった、などの感想を頂きました。

写真5 磁気分離実験の様子2