

## 2.2 物理分野1「超伝導」

### (1) 研究開発の概要

超伝導についての理解を深めるとともに、物理実験の一般的な進め方を習得させるため、高温超伝導セラミックスの製作およびその抵抗値の温度変化の測定等の実験を行った。また、名古屋工業大学の大原繁男助教授を招き、超伝導体の歴史や性質、今後の可能性などについての特別講義を実施した。

### (2) 研究開発の経緯

昨年度の終りより名古屋工業大学と打ち合わせを数回行った。2学年は本年度より物理の学習を始めたばかりであり、電気に関する基礎知識がほとんどないこと等を伝えた。そのため、電磁気分野の事前講義を2時間行い、さらに1時間の準備実験を行うこととした。また、実験後に、実験内容や超伝導全般についての1時間の特別講義をお願いした。

### (3) 仮説（ねらい、目標）

超伝導についての理解を深めるとともに、温度による物質の変化についての理解を深める。また、実験の際の一般的な進め方や計測技術を身に付ける。

### (4) 研究の方法および内容

#### ア 対象生徒

2学年理系物理選択者

#### イ 実施日程

平成16年6月下旬～7月上旬

#### ウ 実施内容

##### (ア) 事前指導

電磁気学の分野について未学習のため、実験に先立ち2回の事前授業を本校教員が行った。

##### a 電流と抵抗 担当教員：川口一郎、川口光正、新正司、服部需

電気に関する基本的な考え方、電場と電気力線、導体と不導体などについての講義を行った。

##### b オームの法則、超伝導 担当教員：川口一郎、川口光正、新正司、服部需

オームの法則について講義を行った。また、超伝導体の歴史や性質等についても簡潔に説明を行った。

##### (イ) 実験

超伝導セラミックスの成型、実験の準備及び測定機器の基本的な使用方法の練習のため、本校教員のみでの指導による実験を1回行い、その後、実際の計測を名工大の先生にご指導をいただきながら行った。

##### a 第一回実験 担当教員：川口一郎、川口光正、新正司、服部需

##### (a) 超伝導セラミックス試料ペレットの加圧成型

超伝導セラミックスは、原料を調合した後、混合、焼成を何回か繰り返して作製される。今回の実験では時間短縮のため、最後の加圧成型と焼成のみを行えばよい市販のパウダーを用いた。代表の生徒が加圧プレス器と成型用金型を用いて試料ペレットを成型し、それを焼成、切断し、試料とした。なお、焼成については11時間程度かかり、切断についても高度な技術を要するため、それらの作業は次回の実験時までには教員によって行った。



作製した試料

(b) 常温下での超伝導セラミックスの抵抗値の測定

別途用意した超伝導セラミックスの試料を用いて、常温下での抵抗値の測定を各班において行った。熱電対の測定原理の説明や四端子法の説明を行い、実際の実験の際の計器の接続方法等について確認をした。

b 第二回実験 講師：大原 繁男 助教授（名古屋工業大学）

磯兼雄一郎 助手（名古屋工業大学）

蛭子 博志 助手（名古屋工業大学）

担当教員：川口一郎、川口光正、新正司、服部需

(a) 超伝導セラミックスの臨界温度の測定

第一回の実験時と同じ回路を組み、試料の抵抗値の温度変化を測定した。冷却には液体窒素を用い、10秒ごとに電流値、電圧値、温度（熱電対の起電圧）を測定した。班員が5名程度になるようにし、全員に役割を与えた。



計測の様子

(b) 純銅コイルの温度－抵抗特性の測定

通常の金属の抵抗値の温度特性も知るため、7[m]の細い純銅線で作られたコイルの抵抗値を(a)と同じ方法にて測定した。

(ウ) 実験後特別講義 講師；大原 繁男 助教授（名古屋工業大学）

「超伝導の魅力」という演題で、先の実験結果についての説明や超伝導体についての歴史や応用例、今後の可能性等について講義をしていただいた。また、実験の在り方や実験を行う際の姿勢等についてもその中で触れていただいた。

a 物理学の成り立ち

物理学の歴史について簡単にお話しされ、過去の人々が築いた科学の成果を我々はごく短時間で学ぶことができるということを説明された。そして、その知識や自分の経験を活用し、これからも自然から様々なことを学ばなければいけないということを強調された。また、科学の発見における実験と理論の関係や実験を行う際の目的意識や客観的なものの見方の重要性について説明された。

b 物質の世界の広がり

マイクロとマクロを実感するという事で、身の回りのものを例にとり、それらの大きさが40桁以上の広がりを持つことを確認され、物質の電気抵抗率にも同じ程度の広がりがあることを説明された。



演示実験（酸素の液化）

c 低温とは何か

気体、液体、固体についての基本的な確認を行い、物質の相転移についての簡単な説明をされた。温度によって物質の構造や性質がまったく変わってしまうことを示すため、磁石を加熱して磁力を失わせる実験や、液体窒素を用いて酸素を液体にする実験が行われた。

d 超伝導

超伝導の発見の経緯について、当時の議論の的となっていたことや、偶然が重なって発見されたことなど、詳しく説明された。また、超伝導体の基本的な性質を説明され、その中のマイスナー効果の実演として実際に磁石の浮遊の実験を演示された。さらに、超伝導状態のマイクロな仕組み（BCS理論）について、簡潔に説明され、その理

論が高温超電導には用いることができず、いまだ未解明であることや、そのもつ可能性について説明された。最後に、高温超電導体の応用や可能性、大原先生の研究室の現在の研究テーマなどをお話しいただいた。



マイスナー効果

(エ) 事後指導

実験後にレポート用紙を配布し、実験での測定結果のグラフや考察等を記入させて提出させた。何点かのレポートは講義の前に大原先生に目を通していただき、それについてのコメント等も講義の中でお話しいただいた。

(5) 検証（成果と反省）

ア 事業内容全体の評価

(ア) アンケートの実施

a 事前授業について

「事前授業に興味が持てましたか？」という質問については、74%が「持てた」または「どちらかといえば持てた」と答えている。一方、「事前授業の内容は理解できましたか」という質問には、「理解できた」、「どちらかといえば理解できた」とした生徒と「どちらかといえば理解できなかった」、「理解できなかった」とした生徒がほぼ同じ程度いた。超伝導という言葉自体がよく耳にするものであるため、興味を持ちやすかったのではないと思われるが、物理に関する基礎知識が少ない状態での2回の事前授業は、生徒にとってはやや難易度が高かったように見受けられる。事前授業の時間をもっと増やしてほしいという意見も多くみられた。

b 実験について

「実験の内容はおもしろかったですか」という質問には「面白かった」と「どちらかといえば面白かった」の回答で96%を占めており、生徒は好奇心と意欲を持ってこの実験に取り組んでいたといえる。また、「実験の内容は自分なりに理解できましたか」という質問には、「理解できた」が22%、「どちらかといえば理解できた」が66%おり、事前授業の結果と比べると、実験の内容自体は、ほぼ理解できていた生徒が多くいたことがわかった。

c 実験後特別講義について

「特別講義はおもしろかったですか」という質問には、93%の生徒が「面白かった」、「どちらかといえば面白かった」と回答している。実際に講義の後にも生徒から「とても聞きやすく興味もてた」といった声が多く聞こえた。また、印象に残った点に演示実験を挙げた生徒も多く、1クラスずつ講義を行っていただいた効果がしっかりと出ていたようにうかがえる。

イ 課題

(ア) 事前授業について

アンケート結果からもわかるように、事前授業において十分に理解できない生徒が多く見受けられた。特に電位差については、仕事の分野を習った直後であり、応用が難しく感じられたのかもしれない。事前授業の回数や範囲について考慮が必要であったように思われる。

(イ) 実験について

今回の実験では、特に時間割の変更を行わなかったため、実験によっては教員が一人でやる場合があった。計測機器の故障などが発生した際に、すぐに対応ができないなど不具合が生じた。この点は次回より改善しなければならない。