

## スーパーサイエンス概論（第2回特別講義）

### (1) 物理分野

#### ア 指導目標

名古屋工業大学の一瀬郁夫教授、榎本美久助教授を招き、『超伝導：マクロに現れるミクロの世界』という講題で、最先端の研究内容の講義を受け、さらに、大学において実験講習会を実施し、実際に実験、観察することにより、物理の理解を深め興味を喚起する。

#### イ 実施要項

(ア) 期日 平成15年10月21日(火)、22日(水)、24日(金) 12:55 ~ 15:15

#### (イ) 実施場所

愛知県立一宮高等学校 視聴覚教室

#### (ウ) 実施方法

本校普通科1年生9クラス360名を希望により物理分野と化学分野に分け、物理分野の選択者240名を3グループに分け、3日間の3回にわたって講義をしていただいた。

10月21日(火) 1, 4, 7組(80名)

10月22日(水) 3, 6, 9組(80名)

10月24日(金) 2, 5, 8組(80名)

(I) 講師 一瀬 郁夫 教授 (名古屋工業大学): 21日、22日担当

榎本 美久 助教授 (名古屋工業大学): 24日担当

(ロ) 内容 「超伝導：マクロに現れるミクロの世界」

- ・テキスト、パワーポイント、OHPを使って、超伝導についての講義
- ・液体窒素を使った実験および磁気浮遊の観察
- ・質疑応答

#### ウ 実施内容

#### (ア) 大学との連携

6月に名古屋工業大学の一瀬郁夫教授と連絡を取り、打ち合わせに入った。そして、対象生徒が1年生で、物理分野の学習は未実施であり、講義を受ける10月の段階では、講義の内容を理解するのに必要な基礎知識がほとんどないことを伝えた。

また、易しい内容で講義をして頂くことをお願いすると同時に、特別講義までの事前授業(2回分)の内容、特別講義の内容についてメールで連絡を取ったり、直接会うなどして詰めていった。

#### (イ) 事前指導

一瀬、榎本両先生の講義までに基礎知識をつけるために、事前授業を2時間分実施した。

(担当教員; 後藤博、川口一郎、川口光正)

#### a 温度・熱とは(1時間)

- ・粒子の熱運動と物質の三態...固体・液体・気体、熱と温度の違い、摂氏温度と華氏温度
- ・シャルルの法則と絶対温度...シャルルの法則、絶対温度
- ・実験...液晶にさわる、偏光板による観察、過冷却現象の観察

#### b 電流とは、磁場とは(1時間)

- ・電子の移動速度...電子の移動速度、電気抵抗とは

- ・ 導体と不導体...導体、不導体
- ・ 磁石の性質と磁場...磁石と磁力線、
- ・ 磁石に関する実験...硝酸カリウムの溶解と導電性の実験、  
磁石とクリップの間にアルミ板を入れてみる  
アルミ管の中やアルミ板の上でネオジウム磁石を滑らせる

(ウ) 講義内容

講題は、「超伝導：マクロに現れるミクロの世界」で以下の内容であった。

・ はじめに

物理の重要性

朝永振一郎氏の「物理学とは何だろうか？」という本の序文を引用された。

物理学とは？

基本的、根本的学問であり、自然科学の中心に位置している。

物理学のいま

古典力学、量子力学について

物理学の各研究分野への応用

・ 温度、熱とは何か？

温度

温度とは、暖かい、冷たい、暑いという感覚から出発し、これを客観化、定量化した物理量である。温度の目盛りとして、セ氏温度とカ氏温度がある。

熱

熱のやり取りでどの変化を伴う現象を熱現象という。

熱はエネルギーそのものであると結論するまでの歴史

絶対温度と絶対ゼロ度

絶対温度、絶対ゼロ度について

- 273 以下の温度は存在しない。

原子、分子

原子、分子について

原子・分子の立場から見た熱

温度と分子の熱運動の関係、ミクロな熱運動の一つの指標が絶対温度である。

物質の三態と相図

物質の三態について

ミクロな立場で見た物質の三態について

相転移

ある物質を変化させたとき、性質の違う相・状態に変化することが相転移である。

超伝導という性質は相転移によって出現する。また、このことが超伝導の性質を理解する上で重要なことである。

・ 電気と電気抵抗の話

金属結晶

金属結晶とはどんなものか。

電気が流れるとは、金属の場合は電子が動くことである。

電子と金属イオンの衝突が電子の流れを妨げる主な原因である。

電気抵抗について

金属結晶の金属イオンは温度に応じて熱振動をしている。これが金属抵抗の主な原因である。

温度が下がるとイオンの熱振動が小さくなって、その分、抵抗が減ると予想できる。

・超伝導：電気抵抗ゼロの現象

歴史的背景：低温の世界

低温を作り出す技術の発達により金属の電気抵抗が低温で測定可能になり、超伝導現象が発見された。

ヘリウムの超流動現象について

マクロに見た超伝導

超伝導物質がもつ性質である完全反磁性について。

完全反磁性の性質を最もわかりやすく示すのが磁気浮遊である。

電気抵抗ゼロの性質と完全反磁性の性質から、超伝導物質は良い磁石になる。それは、永久電流が流れるためである。

ミクロに見た超伝導

超伝導の現象は、ミクロな粒子が粒子であると共に波としての性質をあわせ持つことに関係しており、低温になるとその性質が顕著になる。

超伝導状態は電子がバラバラの状態で動くのではなく、一体となって動くようになる。

・まとめ

超伝導現象は相転移の一種であり、その原因は電流を運ぶ電子が量子力学というミクロな世界を記述する物理法則に従っていることによる。



(I) 実験・観察

・液体窒素を使った極低温の物体の状態観察

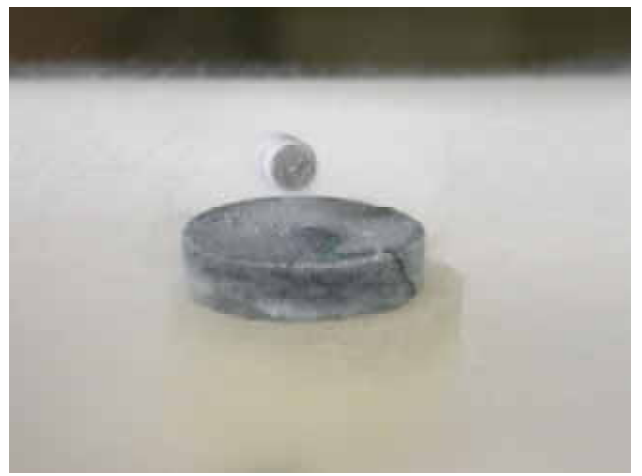
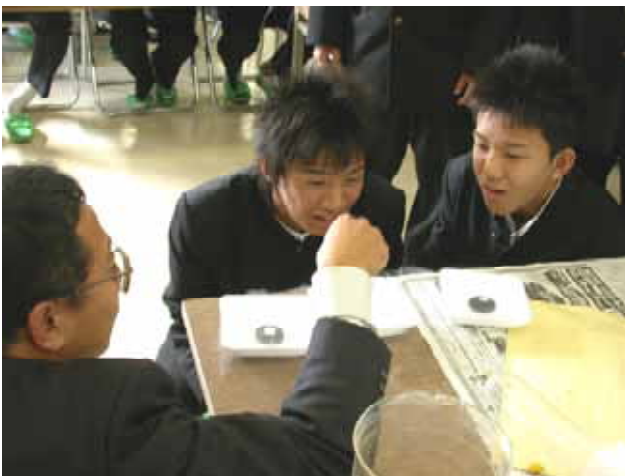
液体窒素の中に、花、葉、バナナ、ゴムボールなどを入れ、状態の観察  
透明な風船をふくらませ、液体窒素の中に入れる。

温度と気体の体積の関係（シャルルの法則）の定性的な確認

液体酸素の観察



・磁気浮遊実験の観察



(オ) 質疑応答

講義終了後、質疑応答の時間を設けた。超伝導の今後の展望について、あるいはこの研究が将来どのように役に立っていくのかなどの質問がでた。

エ 事後指導と評価方法・評価

事前授業、講義について以下の ~ の4つのテーマ(化学分野を含む)から1つを選んでレポート(A4 1枚)を提出させた。

物理分野の授業(「温度・熱とは」、「電流とは、磁場とは」)で、説明等を聞いてわかったこと、疑問に思ったこと、さらにもっと詳しく知りたいと思ったことなどをまとめる。

化学分野の授業(「水素の捕集」、「 $\text{CuSO}_4$ の沈殿生成」、「ムラサキキャベツの色素」、「食酢の滴定実験」)で、実験を実際に実施してわかったこと、疑問に思ったこと、さらにもっと詳しく知りたいと思ったことなどをまとめる。

S S H特別講義「超伝導：マクロに現れるミクロの世界」に関して、説明等を聞いてわかったこと、疑問に思ったこと、さらにもっと詳しく知りたいと思ったこと、感想などをまとめる。

S S H特別講義「化学で『はかる』」に関して、説明等を聞いてわかったこと、疑問に思ったこと、さらにもっと詳しく知りたいと思ったこと、感想などをまとめる。

(ア) 評価の観点

事前授業、講義内容をよく理解し、適切にまとめてあるか。

(1) 評価

レポートをテーマ毎に分け、担当教員が評価した。レポートの内容により、A～Dまでの4段階で評価した。

- A...よく理解できており、特に優れている
- B...よく理解できている
- C...理解できている
- D...特に悪いレポート

オ 実験講習会（名古屋工業大学）

(7) 実施要項

a 期日 平成 15 年 10 月 25 日(土) 10:00 ~ 16:00

b 実施場所

名古屋工業大学 物理実験室

担当：守屋 健 教授

蛭子 博志 助教授

大学院生 8 名

c テキスト

「～自然を学ぼう～低温の世界・超伝導の世界」

(名古屋工業大学の先生が今回のSSHのために作成したテキスト)

d 参加生徒数

e 普通科 1 年生 18 名

f 引率教員 (2 名)

川口一郎、川口光正

(1) 実施方法

18 名を 2 班に分け、午前午後で入れ替えて、「低温の世界」と「超伝導の世界」を実施した。

「低温の世界」

[ 目的 ] 液体窒素と風船から原子や分子をのぞく。  
ガリレオの物理学「推論と実験」を実践する。

[ 講義 ] OHP を使用して実施

・物理学とは何か

なぜ学問をするのか、物理学の目的は何か、残された問題は何か、今の自分に何ができるか、今日の課題について

・実験とは何か

理解の方法と手順、ガリレオの物理学について

・低温の実験

原子や分子、温度について

[ 実験 ]

・実験 1 固体の冷却

さまざまな物質を液体窒素で冷やし、観測する。

木の葉、紙、鉛筆、輪ゴム、金属、スーパーボール等

・実験 2 気体の冷却

ヘリウム気体の冷却、空気の冷却、酸素の冷却、酸素の磁性



「超伝導の世界」

[ 目的 ] 超伝導の不思議な現象の測定を通して、自然科学のおもしろさにふれる。

[ 講義 ] パワーポイントを使用して実施

- ・ 電気抵抗の温度測定による超伝導転移の観測

「転移」ってなに？

超伝導転移をどうやって観測するのか？

電気抵抗の測定、オームの法則

4端子法による電気抵抗の測定

- ・ 超伝導の応用

[ 実験 ]

- ・ 実験 1 電気抵抗の温度変化測定による超伝導転移の観測
- ・ 実験 2 浮き磁石の実験による超伝導体の完全反磁性の観測
- ・ 実験 3 リング状試料を用いた永久電流の観測

[ 観察 ] 液体ヘリウムの観察



(液体ヘリウム)

(ウ) 事後指導と評価方法・評価

希望者を対象とした実験講習会であるため、客観的な数値による評価ではなく、「実験講習会に参加して」という題で、レポートを提出させ、実施目的が達成できたかを調べた。

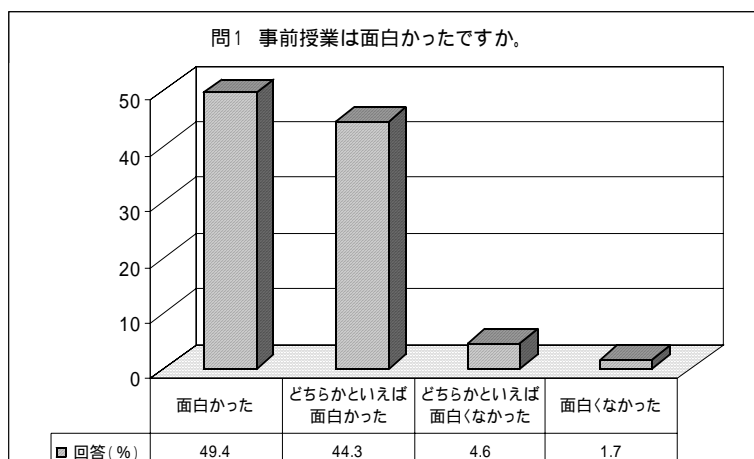
カ 事前授業、特別講義に対するアンケート結果・分析

(ア) 事前授業について

問1 事前授業は面白かったですか。

面白かった    どちらかといえば面白かった    どちらかといえば面白くなかった  
面白くなかった

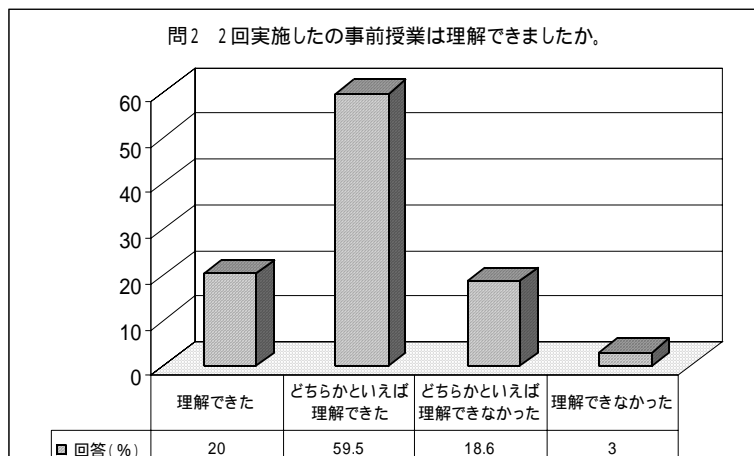
回答 (%)	49.4	44.3	4.6	1.7



問2 2回実施した事前授業は理解できましたか。

理解できた    どちらかといえば理解できた    どちらかといえば理解できなかった  
理解できなかった

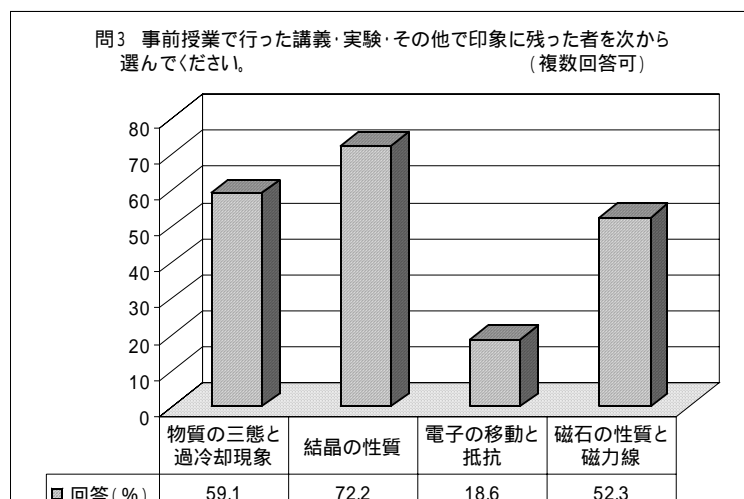
回答 (%)	20.0	59.5	18.6	3.0



問3 事前授業で行った実習・その他で印象に残ったものを次から選んで下さい。(複数回答可)

物質の三態と冷却現象      結晶の性質      電子の移動と抵抗  
磁石の性質と磁力線

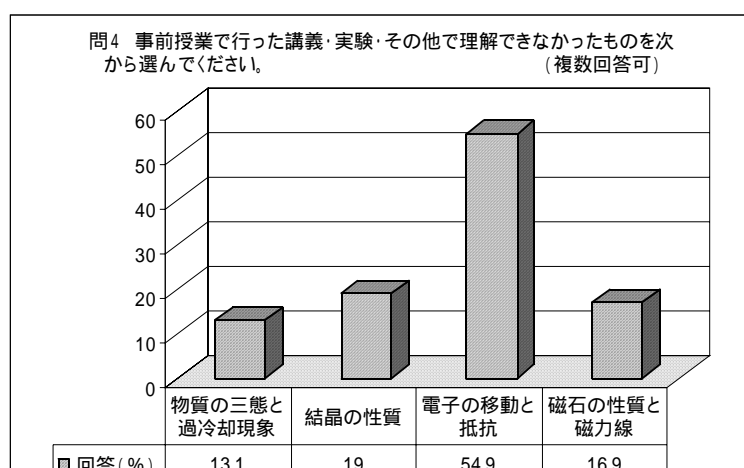
回答 (%)	59.1	72.2	18.6	52.3



問4 事前授業で行った実習・その他で理解できなかったものを次から選んで下さい。(複数回答可)

物質の三態と冷却現象      結晶の性質      電子の移動と抵抗  
磁石の性質と磁力線

回答 (%)	13.1	19.0	54.9	16.9



・「事前授業が面白かったですか」という質問に対して、94 %の生徒が「面白かった」または「どちらかといえば面白かった」と答えている。また、「理解できましたか」という質問に対しては、80 %の生徒が「理解できた」または「どちらかといえば理解できた」と答えており、事前授業は大変良好であった。



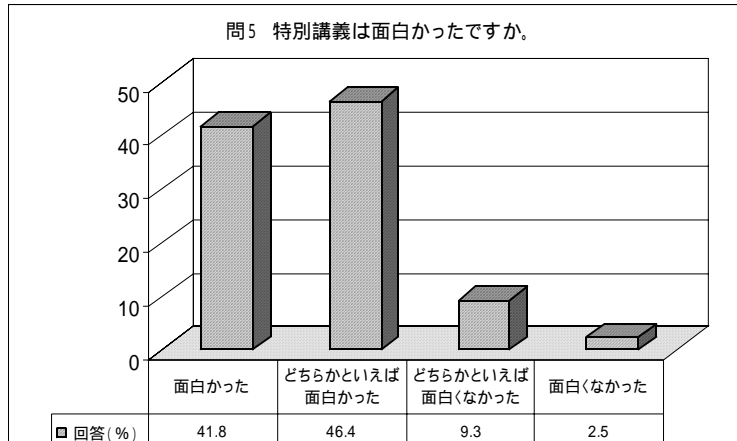
・事前授業の実習で印象に残ったものは、結晶の性質(72.2%)、物質の三態と過冷却現象(59.1%)、磁石の性質と磁力線(52.3%)であり、理解できなかったものは、電子の移動と抵抗(54.9%)という結果であった。

(1) 特別講義について

問5 講義は面白かったですか。

面白かった    どちらかといえば面白かった    どちらかといえば面白くなかった  
面白くなかった

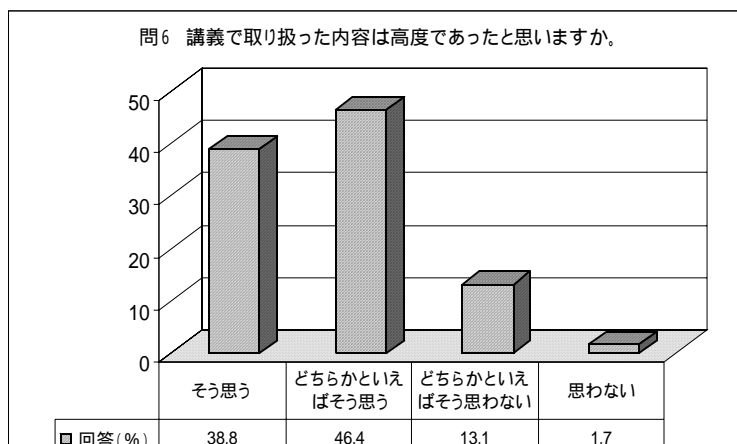
回答(%)	41.8	46.4	9.3	2.5



問6 講義で取り扱った内容は高度であったと思いますか。

そう思う    どちらかといえばそう思う    どちらかといえばそう思わない  
思わない

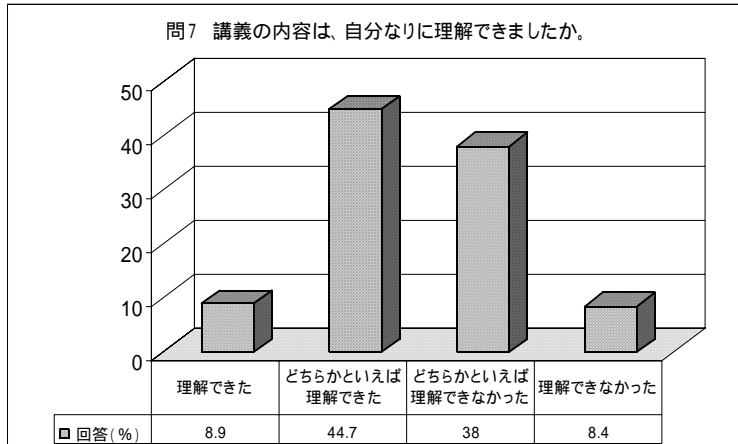
回答(%)	38.8	46.4	13.1	1.7



問7 講義の内容は、自分なりに理解できましたか。

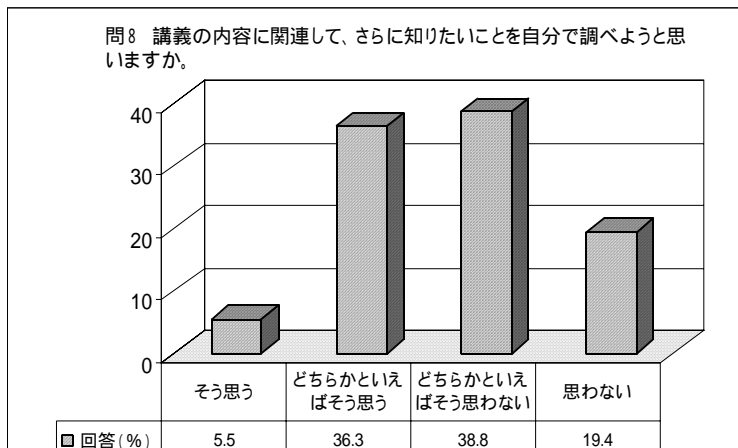
理解できた    どちらかといえば理解できた    どちらかといえば理解できた  
理解できなかった

回答 (%)	8.9	44.7	38.0	8.4



問8 講義の内容に関連して、さらに知りたいことを自分で調べようと思いますか。  
 そう思う    どちらかといえばそう思う    どちらかといえばそう思わない  
 思わない

回答 (%)	5.5	36.3	38.8	19.4



・「講義は面白かったですか」という質問に対して、88 %の生徒が「面白かった」または「どちらかといえば面白かった」と答えている。また、「内容は高度でしたか」という質問に対しては、85 %の生徒が「そう思う」または「どちらかといえばそう思う」と答えている。内容が高度であるにもかかわらず、多くの生徒が面白かったと答えているのは、大学の先生が、分かりやすくまた丁寧に講義をしていたことが伺える。また、講義の中に実験、観察があったこともこの結果に結びついていると思われる。生徒にとっても大変よい機会になったと考える。

・「講義の内容は、自分なりに理解できましたか」という質問に対して、「理解できた」または「どちらかといえば理解できた」と答えた生徒は、「面白かった」と回答している割に 54 %にとどまっている。このことは、内容が高度であったことを裏付ける結果となった。今回の特別講義は、物理分野を選択した生徒であるが、1

年生のこの時期では、やはり基礎知識の不足は否めない。

・「講義の内容に関連して、さらに知りたいことを自分で調べようと思いますか」という質問に対しては、42 %の生徒が「そう思う」または「どちらかといえばそう思う」と答えており、生徒にとって、興味の持てる内容であったと考えられる。