

# 令和2年度まで2年間の高大連携科学実験講座の 成果分析について

夏目ゆうの・瀧本 家康・井口 智文・伊東 明彦・山田 洋一

宇都宮大学共同教育学部教育実践紀要 第8号 別刷

2021年8月31日



# 令和2年度まで2年間の高大連携科学実験講座の 成果分析について<sup>†</sup>

夏目ゆうの\*・瀧本 家康\*・井口 智文\*・伊東 明彦\*,\*\*・山田 洋一\*

宇都宮大学共同教育学部\*

現 宇都宮大学名誉教授\*\*

宇都宮大学教育学部が栃木県内高等学校との連携下を実施した平成31年度の高大連携科学実験講座と、宇都宮大学共同教育学部として初年度となる令和2年度に行った高大連携科学実験講座について、新型コロナ禍における実施方法の違いを視野に入れつつ、無記名アンケート調査から得られた情報を読み取ること

で、この2年間の活動の成果分析を行った。  
その結果、今後の高大連携科学実験講座実施に向けた課題を抽出することができた。また、我々が高校へ出張しての高校内開催が、生徒の負担や高校内での情報共有の面で高校側にとって望ましいことが明らかになった。実験器具のスムーズな搬入方法を含めて、今後の検討課題となろう。

キーワード：物理実験、化学実験、生物実験、地学・環境科学実験、高大連携

## 1. はじめに

宇都宮大学では、平成27年度より科学技術振興機構の公募による次世代人材育成事業、グローバルサイエンスキャンパス（GSC）事業の採択機関として指定を受け、1期4年間を終えた。その後、平成31年度より再度、採択機関として指定を受け、現在、2期目の活動を展開している [1]。

平成31年度（令和元年度）には、栃木県立高等学校と本学部の連携により、12月までに高校生324名（本学部関係の企画のみ）を本学峰キャンパスに招き、高大連携科学実験講座を実施することができた。

一方、令和2年度は新型コロナ禍の影響により、GSC事業が基本的にオンラインで実施されること

になった関係で、高大連携科学実験講座の方は、宇都宮大学基金（3C基金）による出前授業方式で展開する形に計画を修正し、規模を縮小して実施した。令和2年度までの2年間で、実施方式、実施規模とも大きく変化したのである。

もう一つの背景として、本学の中期目標・中期計画でも高大連携事業・中大連携事業は重要視されていることがあげられる。そこで、事業実施後の効果検証についても検討され、無記名アンケート調査による成果分析を実施してきた。本報では、この2年間で劇的に変化した高大連携科学実験講座の実施環境を視野に入れながら、標記事業の成果分析についてまとめた。

<sup>†</sup> Yuno NATSUME\*, Ieyasu TAKIMOTO\*, Tomofumi INOKUCHI\*, Akihiko ITO\*\*\* and Yoichi YAMADA\*: A Study of the Result of the Scientific Student Activities during Two Years in Cooperation with the University and High Schools

Keywords: physical, chemical, biological, earth scientific, and environmental experiments

\* Cooperative Faculty of Education, Utsunomiya University

\*\* Professor Emeritus, Utsunomiya University

(連絡先: inokuchi@cc.utsunomiya-u.ac.jp 著者3)

## 2. 本事業実施までの歩みと今年度の特記事項

上述のように、本事業形態は2年間で大きく変化した。そこで、年度ごとに分けてこれまでの経過を述べたい。

### (1) 平成31年度（令和元年度）事業

平成31年度には、これまで本学部と連携実績のある栃木県立高等学校を中心に、10校あまりにお声かけを行い、いずれも栃木県立小山高等学校、栃木女子高等学校、佐野東高等学校、宇都宮女子高等

学校、及び栃木翔南高等学校の5校と連携することができた。基本的な流れは共通であり、概要を以下に示す。

#### ①事前準備

学校が休みになる土曜日、または夏休み期間で、高校側と実験講座講師を務める本学教員側のスケジュール調整を行い、まず、実施日を決める。

次いで、高校側の希望を伺いながら高大連携科学実験講座として提供できる大学側のメニュー（物理、化学、生物、地学・環境科学の各分野の実験）と、その概要が分かる資料を作成し、高等学校に送付。高等学校内において参加生徒を募集して頂く。その際、同時に実施する講座間で人数バランスが大きく偏らないように、可能な範囲で調整して頂くことにした（この年は、地学・環境科学分野には希望が無かった）。

高校側からの参加者名簿到着を待ち、実験当日の送迎用バスの手配を、本学のバス配車計画書と行程表により事務部に依頼した。また、移動中と実験講座参加中の事故に備え、短期の傷害保険（民間保険会社）をかけた。

大学側の準備としては、実験用消耗品の購入と、当日の指導補助を担うティーチング・アシスタント（TA）の人選、当日の実験テキストや機材の用意、といったところである。

#### ②当日の活動

実験講座当日（令和元年12月21日）、高校へ配車したバス（迎車）が本学峰キャンパスに着くのを待ち、生徒を控室まで誘導し、はじめに挨拶と当日の行動スケジュールを説明した後、物理、化学、生物の実験室に移動して2時間の体験型科学実験講座を受講してもらった。大学側・高校側双方で用意した資料やワークシートを用いて実験結果を整理するとともに、当日学んだことを振り返った。

各実験終了後、生徒控室又はそれぞれの実験室にて、無記名アンケートへの協力を依頼した。アンケートは、生徒用と、引率の高校教員用を用意し、高校の先生方にも参観した範囲での生徒のようす等を記入して頂いた。その後、峰キャンパス内で全体写真を撮影し、再びバスで高校へお送りし、すべての事業を完了した。

### (2) 令和2年度事業

令和2年度、本学のキャンパス内活動は、新型コ

ロナ禍のため大きな制約を受けた。実験・実習等を除き学生のキャンパス内への入構も厳しく制限された状況下では、いかに教育目的であろうとも、高校生を大学のキャンパスに招待することは事実上、不可能であった。また、本事業の性質上、オンライン開催でのバーチャルな活動では、体験を伴わないため意味が無くなってしまう。そこで本年度は、GSC事業から離れて、宇都宮大学基金（3C基金）からの資金により講師である大学教員とTAが高校を訪問する形で、いわゆる出前実験方式の高大連携科学実験講座とした。

平成31年度に実施した5校の中から、栃木県立栃木翔南高等学校と本学が連携しての事業実施である。

#### ①事前準備

高校側からの参加者名簿を頂くまでの過程は、平成31年度とほぼ同じであった。実験当日のバスの手配も同様に本学のバス配車計画書と行程表の提出により事務部に依頼するが、行程が逆になる。すなわち、当日朝、本学キャンパスで我々大学関係者と実験機材を載せたバスは高校へ向かい、実験終了まで高校内で待機してもらう。そして、実験が終了した後、再び我々と実験機材を積んで本学峰キャンパスへ帰るという行程である。また、高校生がバスに乗車することはないので、短期傷害保険も本学としてはかけなかった。

大学側の準備として留意した点は、実験用の機材や消耗品は、とにかく運搬を伴うので無制限というわけにはいかず、我々講師とTAで運べる範囲内という制限が付いたことである。例えば化学実験では平成31年度は大型のガスボンベを使用した（それでも重量は10 kg以上になった）。また、できるだけ荷物を少なくする都合上、高校側で用意が可能な機材や薬品は、借用することとした。

#### ②当日の活動

実験講座当日（令和2年11月21日）、本来ならば大学祭中なので本学峰キャンパスへのバス乗り入れなどできないところであったが、今年度は大学祭も中止となったため、共同教育学部正面玄関までバスを着けることができた。予定どおり本学を出発、定刻に栃木翔南高等学校に到着することができた。高校では先生方が待機し、持ち込んだ機材の運搬をお手伝い頂けたのは大いに助かった。

できるだけ感染症リスクを下げるため、一堂に会

としての挨拶や当日の行動スケジュールの確認は行わないことにした。生徒は参加する物理、化学、生物、及び地学・環境科学の実験毎に割り当てられた実験室にあらかじめ待機、我々講師陣の到着を待っていてくれたので、挨拶やスケジュール確認も実験毎に実施した。2時間の体験型科学実験講座は問題無く終了し、大学側・高校側双方で用意した資料やワークシートを用いて実験結果を整理すること、当日学んだことを振り返り、最後の無記名アンケートへの記入まで、同様に実験室毎に行った。

### 3. 本事業の各実験講座の内容

#### (1) 物理実験

ここでは、出前授業方式で行った、令和2年度授業における物理実験「音を測ってつくる“グラスハーブ”」について述べる。ワイングラスの縁をぬれたで指でこすると、グラスの縁が振動し、美しい音色が生じる。ヴァイオリンの弦を弓でこするのと同じく、スティクスリップと呼ばれる摩擦力による振動が生じている。プロの奏者は、各音に調律された大きさの異なる専用ワイングラスを用いるが、本実験では、市販のワイングラス、ビールグラスやシャンパングラスに水を注ぎ、その量を調整することで音階を作成し楽器として演奏する。

本実験の目的は、音の性質を決める要素は何か、振動数と音階の関係はどのようになっているか、さらにはグラスの形状と水の量によってなぜ音程が変わるのかといったことを、実験を通して探求的に理解することである。さらに、実験で得た物理的な理解を生かすことで、身近なグラスを楽器として演奏することができるという経験を得ることである。

#### ①実験器具

使用した器具類は、グラス4種(シャンパングラス、

小さなワイングラス、ワイングラス、ビールグラス)、外付けマイク、音声解析ソフト、楽器(鉄琴またはおもちゃピアノ)、ピーカー、水、エタノールである。

振動数の測定には、無料のフーリエ変換解析ソフトFFTana [2] を用いた。ワイングラスは、全国規模の100円ショップの定番商品を用いた。安価かつ、割れても同じ型のものを買い直すことが容易である。同様にシャンパングラス、ビールグラスを用意した。

各音の振動数の測定に用いる楽器の選定には、コロナ禍であるため、注意が必要であった。学校教育で用いられている一般的な楽器として、リコーダーや鍵盤ハーモニカが挙げられるが、いずれもコロナ禍では使用が難しい。そこで、鉄琴と簡易的な電子ピアノを採用した。準備したグラスでは、周波数が800 Hzから1800 Hz程度の音域で音階を作成することとなる。予備実験において、リコーダーよりも鉄琴の方が、この音域において各音の振動数のピークを得ることが容易であることがわかった。

#### ②実験内容

まず、FFTanaを用いて自分の声の波形を観察し、音の3要素を復習した。特に、音程が振動数によって異なることを確認した。その後、鉄琴またはおもちゃピアノを用いて音階の振動数を測定し、表にまとめた。この結果から音が高くなるにつれて指数関数的に振動数が多くなることを導いた。次に、グラスに水を注ぎ、グラスの縁をぬれた指でこすりグラスを鳴らした。この時、水面の様子を観察することでグラスの振動の節と腹が形成されていることを確認した。さらに、グラスの形状、および水の量と音程の関係(図1)を実験的に明らかにした。最後に、これらの結果を踏まえて、グラスを音の高低で順に並べ、各グラスの水の量を作成した振動数の表の値

#### 実験2-2:振動数[Hz]を測ろう

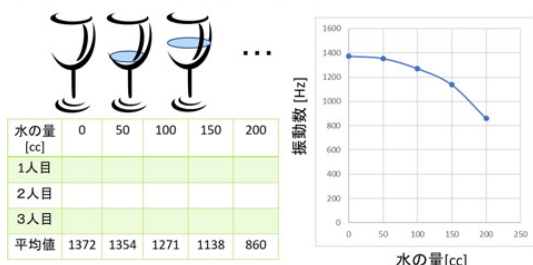


図1. 水の量と振動数の関係を調べるワークシート。グラフは班員の平均値を採用した。



図2. 6音からなるグラスハーブ。左奥から順にド、レ、ミ、ファ、ソ、ラにあたる。

となるように調整することで、ドからラまでの6音からなる音階を作成(図2)、キラキラ星やチューリップなどの曲を演奏した。

実験中は、各グループにアルコール消毒液をおいて、こまめに手の消毒をおこなった。これは、コロナ対策と実験上の必要性を兼ねている。ワイングラスを演奏する際に、油などで汚れた指先でガラスの縁をこすると音が鳴りにくいため、こまめに手指にアルコール消毒した。

## (2) 化学実験

化学実験の講座は、液体窒素を用いて“マイナス200℃の世界”をつくり出し、極低温での物質の様子、物理変化や化学変化について実験を通して確認すること、マイナス200℃での、普段観察体験できない低温下での現象を考察し、理解を深めることを、ねらいとした。

主な内容は、液体窒素を用いた極低温での物質の様子、物理的・化学的ふるまいについて観察実験すること、物質の三態変化、電気抵抗と温度の関係、電池の化学変化と温度の関係、超電導現象などに関する実験を行い、楽しさを実感してもらった。

使用した器具・試薬は、1班当たりピーカー30mL1個、エタノール用試験管1本、水銀用試験管・ゴム栓1式、木製試験管立て1台、ポリ袋2枚、フィルム・ケース1個、軟質塩ビ管1本、ペンチ1本、発泡スチロール製容器1個、白金抵抗(Pt-100)温度センサーを備えた-200℃まで測れるデジタル温度計1台、デジタルマルチメーター1台。全体で：液体窒素、ネオジム磁石、輪ゴム、エタノール、酸素、二酸化炭素適量。

### ①液体窒素

液体窒素取り扱い上の注意を与えてから、発泡スチロール製容器に液体窒素をつぎ分ける。白い煙は水蒸気が凍結したものであり、液体窒素は無色透明の液体で、極低温の状態でも盛んに沸騰していることを確認する。液体窒素の温度(沸点)を測定する。

### ②二酸化炭素

ポリ袋に二酸化炭素を満たした後、輪ゴムで止める。気体が漏れないことを確認したら、ポリ袋の下半分を液体窒素にひたす。粉末のドライアイスができる様子を観察する。再び室温に戻すと、ドライアイスはとけて液体になること無く、気体になることを観察する。

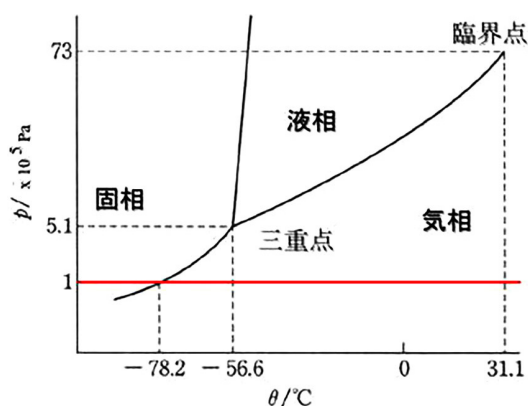


図3. 二酸化炭素の相図

次に、ドライアイスを液化する方法を考える。「液相」の状態(図3右上のエリア)にするにはどうしたらよいか。

ポリ袋から取り出したドライアイスの固まりを、一方をふさいだ軟質塩ビ管の中に移す。発泡スチロール製容器のふたを皿代わりにしてドライアイスを取り出してから、移しても良い。他方の開口部を二つ折りにしてからペンチで押さえる。ドライアイスが気化するときの圧力で加圧されるので、高圧下では融解して液体になることを観察する。

### ③酸素

ポリ袋に酸素を満たした後、輪ゴムで止める。気体が漏れないことを確認したら、ポリ袋の下半分を液体窒素にひたす。液化した酸素がたまるので、液体の色を観察する。

ある程度液体酸素がたまったら、ポリ袋を液体窒素浴から取り出し、側面からネオジム磁石を近づけると液体酸素が磁石の方へ引き寄せられることを観察する。同様に、液体窒素がネオジム磁石につくかどうか、調べておく。

さらに、ポリ袋に空気を満たした後、試験管の口にかぶせて、輪ゴムで止める。気体が漏れないことを確認したら、試験管の下半分を液体窒素にひたす。試験管の内壁に液体がたまるので、液体の色を観察する。

ある程度液体がたまったら、試験管を液体窒素浴から取り出し、試験管の側面からネオジム磁石を近づける。液体が磁石の方へ引き寄せられるかどうか、観察する。これらのことから、液体が何であるか、考えてみる。



#### ④エタノール

試験管にエタノールを5mLほど入れ、この液面まで液体窒素で冷却すると、液体のうちにも体積が減ることが観察される。さらに十分冷却して固体のエタノールをつくってみる。ガラスとエタノールの収縮率の違いにより、固体のエタノールが割れることがある。エタノールが完全に固化したら、別に20 mLのエタノール（液体）を取り分けたビーカーの中に固体のエタノールを入れてみる。固体のエタノールが液体の中に落ちた瞬間を観察する。

#### ⑤導線への電流の流れやすさ

長い銅線をコイル状に巻いておき、乾電池（+）、電流計、銅線のコイル、豆電球、乾電池（-）とつないで回路を形成する。銅線が長いと電気抵抗が大きくなり、豆電球が点灯しないことを確認しておく。コイル状の部分に液体窒素にひたし冷却すると、しだいに豆電球が点灯することを観察する。-196℃では電気抵抗が7分の1まで減少する。再び室温に戻したときの豆電球の点灯具合を観察する。

#### ⑥超伝導

超伝導実験セットを用意し、室温では超伝導物質（希土類元素等を成分とする焼物）に磁石を載せても相互作用が無いことを確認しておく。ゆっくりと容器に液体窒素をそそぎ、超伝導物質を液体窒素で冷却する。液体窒素は超伝導物質が完全につかるまでそそぐ。プラスチック製ピンセットで静かにネオジム磁石を載せると、マイスナー効果により磁石が宙に浮く現象を観察する。うまく載せると、磁石が空中で回転する様子が観察できる。さらに今年度は試行的に、いわゆるピン止め効果の実験も加えてみたところ、興味を持ってもらえた（図4）。

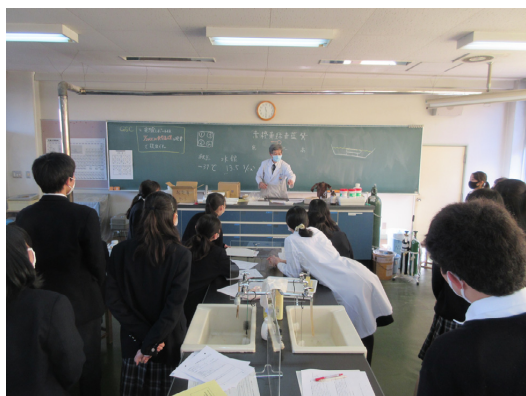


図4. 超伝導の実験

#### (3) 生物実験

生物実験の講座では、「葉はなぜ緑に見えるのか？」との題名で、葉が緑に見える理由について総合的に考察できるように、①オオカナダモの観察、②葉の断面の観察、③薄層クロマトグラフィーによる色素の分離、④直視分光器を用いた抽出色素の性質調査の4つの実験を行い、その後、⑤解説を行った。

##### ①オオカナダモの観察

これは一般的な細胞の観察で、各自にオオカナダモの葉を一枚渡し、簡易プレパラートを作成して顕微鏡で細胞の観察を実施した。細胞中に「緑」に見える構造物（葉緑体）（図5）の確認を観察のポイントとした。また、生物の授業中に顕微鏡の使用をあまり行っていないとのことから顕微鏡の操作手順の確認の意味も持たせた。

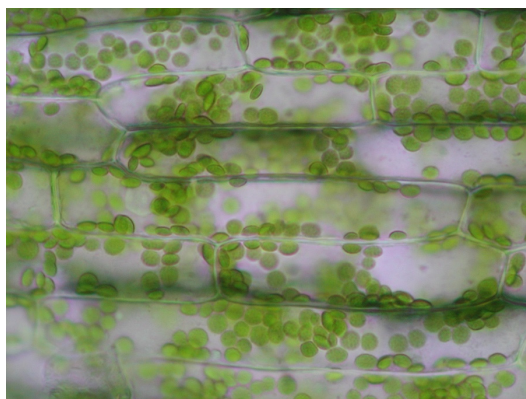


図5. オオカナダモの葉の顕微鏡写真

##### ②葉の断面の観察

ツバキの葉を試料として、カミソリの刃を用い葉の断面の切片を切り出し、簡易プレパラートを作成した。なお、ツバキの葉の切片の作成は中学校の理科教科書にも記載されているが、教科書の記載方法では作成手順に慣れる必要があり授業時間内で観察に耐えうるプレパラートを作成するのは難しいため、本講座では実験講座担当者が開発したカミソリの刃の二枚重ねによる簡易作成法 [3] により作成指導を行い、プレパラートを作成し顕微鏡で観察を行った。まず、既習項目を思い出してもらったため葉の断面構造には表と裏の表皮細胞層、柵状組織、海綿状組織からなる事を確認した。次に「緑」に見える構造物を探してもらい、オオカナダモの細胞同様、細胞中の葉緑体が緑をしていること確認した。また、表皮細胞にはほとんど葉緑体が存在しないことも観

察のポイントとした。

### ③薄層クロマトグラフィーによる色素の分離

葉の断面構造を観察したツバキの葉の一部（10円玉くらい）をハサミで細かく刻んで乳鉢に入れ、葉さじ1杯ほどのシリカゲルを加えツバキと一緒に乳棒で完全に粉末状になるまですり潰し色素試料を作成した。色素試料を1.5 mLマイクロチューブの半分になるまで移し、エチルエーテルを加え色素をエチルエーテルに抽出し色素抽出試料とした。次に色素抽出試料をイエローチップを用いて薄層プレートに20～30滴のせよく乾かした。展開溶媒（石油エーテル：アセトン＝7：3）を入れた展開用容器を準備し、色素抽出試料をのせた薄層プレートの下端を展開溶媒に浸すように容器内立てかけ展開溶媒が薄層プレートの上端に移動するまで静置した。その後、薄層プレートを取り出し、分離した色素の様子を観察した。

分離した色素の観察より、緑色の色素は2種類あり（クロロフィルaとb）、また、緑色に見えた色素抽出試料に緑ではない色素が含まれていたことを確認した（図6）。



図6. 薄層クロマトグラフィーの結果

### ④直視分光器を用いた抽出色素の性質調査

コマツナの葉2枚の柔らかい部分を手でちぎり乳鉢に入れ乳棒で軽く押しつぶしながら、エタノール（50 mL）を少しずつ加え色素抽出液を作成した。色素抽出液は濾紙を用いて濾過を行い、濾液をプラスチック容器（50 mL培養フラスコ）に回収した。

次に直視分光器の使用方法を説明し、直視分光器（図7）で天井灯（蛍光灯）の光を観察した。さらに直視分光器の前に濾液の入ったプラスチック容器をかざし、プラスチック容器がある場合とない場合で直視分光器で観察できる色を比較し、プラスチック容器がある場合は、青系統の光と赤系統の光が暗くなる、あるいは、見えなくなることを確認した。



図7. 講座で使用した直視分光器

### ⑤解説

「葉はなぜ緑に見えるのか」についての解説を各実験の結果を確認しながら行った。オオカナダモとツバキの葉の断面構造の観察より、葉が緑に見えるのは葉緑体があるからであり、その緑をした色素は薄層クロマトグラフィーの結果より2種類あり、直視分光器の実験結果より蛍光灯の光は多くの波長の光が混ざった状態であるが、緑色の色素は緑色の光は吸収せず、青や赤に近い色の光を吸収することを説明した。そして、葉は細胞内にある葉緑体に含まれる色素のため緑色の光は吸収せず乱反射するため緑色に見えると結論した。ただし、乱反射した光が受容器である目の中に入り網膜（図8）にある視細胞が吸収、視細胞の興奮、神経伝導・伝達をへて中枢で「緑」と認識していることを解説した。なお、色素（クロロフィル）に吸収される青や赤の光は光合成に利用されることも説明した。



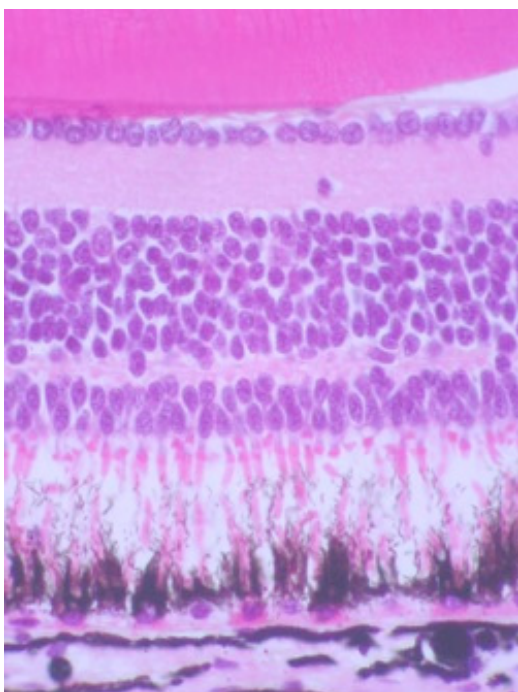


図8. 説明に使用したカエル網膜の顕微鏡写真

#### (4) 地学・環境科学実験

本講座では、対象校において「地学基礎」や「地学」が開講されていないことから、中学校地学分野における学習事項をベースとして、環境科学や他領域の探究活動にも応用ができる内容を検討した。その結果、中学校第1学年で主に学習する「岩石」をテーマとして、「身近な岩石の物理的特性の測定」を行うこととした。

具体的には、「岩石の密度」を測定することをテーマとして、岩石の質量と体積を測定し、その結果を用いて密度を算出する実験を行った。

測定に使用した用具は、電子天秤とノギス、メスシリンダーであり、ノギスを用いて直方体の岩石の体積を測定することと、メスシリンダーを活用して不定形の岩石の体積を測定することが本実験の最大のポイントである。

本講座の概要は、①ノギスの使い方を知ろう、②直方体の岩石の密度を測定しよう、③いろいろな岩石の密度を測定しよう、④地球内部構造について知ろう、であり、その詳細を以下に記す。

##### ①ノギスの使い方

ここでは、ノギスが通常の定規等とは異なる点、

特に本尺目盛りと副尺目盛りの使い方を中心に説明した(図9)。そして、実際に測定を行いながら、使い方を学ばせた。ノギスを使用することがある生徒はいなかったため、最初は副尺目盛りの使い方にとまどっていたが、何回か測定練習を行っていく中で、使い方のコツを掴んでいった。



図9. ノギスの本尺(中央部)と副尺(下部)

##### ②直方体の岩石の密度測定

ここでは、100円均一ショップで容易に購入が可能な「ストーンアイスクューブ」を測定に用いた(図10)。



図10. ストーンアイスクューブ

この商品は、岩石を直方体状に切断したもので、表面も研磨されているため、測定に適している。しかし、岩石の角が安全に配慮して丸みを帯びているため、ノギスを用いて厳密に体積を測定することはできないが、ここではその影響は微量であることから無視することとした。

なお、この岩石はブラジル産の花崗岩でできていることから、生徒にとっても中学校で学習する岩石

の1つであるとともに、墓石などにも用いられているため身近な岩石であるといえる。

本測定においては、電子天秤が小数第2位まで、一方、ノギスが0.05 mmまで測定可能であることから、密度算出に当たっては、有効桁数に留意するように指導した。具体的には、岩石の質量が概ね20g程度、一辺の長さが概ね20 mm程度であることから、密度の有効桁数は4桁になることに留意させた。

岩石 ( )	1	2	3
縦			
横			
高さ			
体積			
質量			
密度			

図11. ワークシート

岩石は1人につき3つずつ配付し、それぞれについて図11の表を埋める形で測定を行った。

### ③いろいろな岩石の密度測定

ここでは、前項のようにある程度形が整い、定規やノギスを用いて体積を求めることができる岩石ではなく、様々な形をした岩石3種類の密度測定を行った。不定形の岩石の体積を測定するために、本実験では、メスシリンダーを用いて、水を入れたメスシリンダー内に岩石を完全に入れたときの水位の変化量から体積を求めさせた。

岩石は、花崗岩、玄武岩、<sup>かんらん</sup>橄欖岩の3種類とし、それぞれ3つずつ配付して計測を行った。測定にあたっては、指導者から測定方法の詳細については指示を出さず、既習事項を活用して自分たちで体積の測定方法を考えるように指示した。

当初はどのように測定すればわからず戸惑う生徒も多かったが、こちらから適宜助言等を行うことにより、全員が測定原理について理解することができた(図12)。

### ④地球内部構造

本実験で用いた3種類の岩石は、主に地球を構成する主要な岩石である。花崗岩や玄武岩は地殻、橄欖岩はマントルの主要構成岩石であり、地球の核は金属から構成されていることから、この3種類の岩



図12. 作業中の写真

石から地球はできているということを伝えることでまとめとした。

さらに、測定結果から、3つの岩石の密度の違いについて、花崗岩<玄武岩<橄欖岩の順に密度が大きくなっていることを確認させ、このことが地球の歴史の中でどのような影響を持ってきたかについて考察させた。

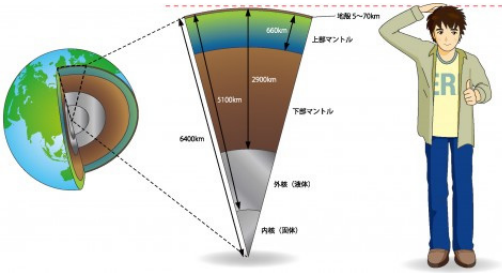


図13. 地球の層構造 [4]

受講生は前述のように高等学校では地学の授業を受講していないことから、考察することが難しい様子であったが、地球の内部に橄欖岩、表面に玄武岩や花崗岩が分布をしていることから、密度の大きい順に地球の層構造が形成されていることを図13も用いながら解説した。

また、このように地球が層構造をしているのは、地球の歴史において一度地球が溶けたことを物語っていることも解説し、溶けた地球が冷えて固まっていく中で密度の大きな物質から小さな物質へ移り変わる層構造を形成したことを説明した。

#### 4. 生徒アンケートの分析

まず、令和2年度の活動、すなわち栃木県立栃木翔南高等学校への出前実験講座の際、実施した調査について述べる。

講座終了後に、物理実験から地学実験までそれぞれの実験室で事後アンケートを実施した。回答数は高校2年生73名（内訳は、物理実験19名、化学実験26名、生物実験16名、地学・環境科学実験12名）

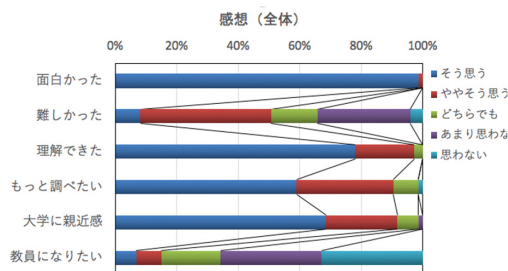


図14. 全体（73名）の感想分布（令和2年度）

と参観していただいた高校教員5名であった。ここでは、主に生徒からの回答を分析することにする。

始めに参加高校2年生全体の傾向を図14に示した。興味・関心と達成感はいずれも全体的に高く、大学組織や我々大学の人間に対する親近感も、持ってもらえたように読み取れる。最後の項目として、将来の選択肢として教職志向が高まったかどうか、「教員になりたい」割合を調べたところ、「そう思う」+「ややそう思う」の合計は、15%であった。対象は、理系進学をめざす2クラスの生徒なので、特に将来教員を目指す生徒ばかりではない。

また、6項目の択一式設問の下に自由記述欄を設け、「新たに分かったこと、自分の考えが変わったこと」と、「感想」を記述してもらった。その結果は、それぞれの実験で紹介する。

#### (1) 物理実験

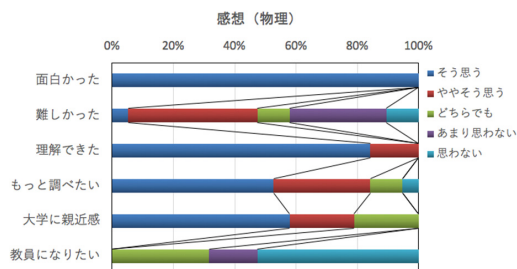


図15. 物理実験（19名）の感想分布

#### ① 択一式アンケートから（図15）

「今日の授業は面白かった」の項目では、そう思うが受講者全員であった。「今日の授業は難しかった」、「今日の授業の内容が理解できた」、「自然や科学についてもっと調べてみたくなった」これらの項目では、令和2年度の全体平均と似通った結果となっている。「大学に対して親近感がわいた」と「学校の先生になりたくなった」の項目で、全体平均よりも低い結果となった。今回の講義内容に関連する振動・波動分野の本学2年次における実験例を紹介するなど、より大学での学修が具体的になる工夫をしたい。また、TAの学生が演示実験の一部を実施するなど、教員志望の学生が説明の様子を見ることなども高校生にとって教育学部で学ぶことを考えるきっかけになるかもしれない。

#### ② 自由記述から

「新たに分かったことなど」については、グラスの形状と水の量によってなぜ音程が変わるのかに関する記述が特に多かった。グラスが固定端であること、グラスの縁の円周が短いほど音が高くなることなどが書かれており、高校の内容やハーブの弦の長さなど自身の知識と結びつけて、本講座の内容を理解している様子が窺えた。

「感想」では、「身近にあるものも工夫すれば別のもんとして扱うことができる。」や「身近なワイングラスをつかってこんなにたくさんの種類の音をだせるとは思いませんでした。」、「グラスハーブと物理を関係させてくのが大学っぽくておもしろかったです。」などの記述が見られた。ねらいとしていた、身近なグラスを楽器として演奏する際に、実験で得た物理的な理解を生かすことでことができるという経験を共有できたといえる。



## (2) 化学実験

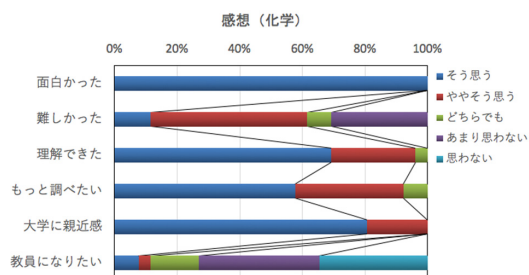


図16. 化学実験 (26名) の感想分布

### ① 択一式アンケートから (図16)

化学分野の傾向は、全体の分布 (図14) に近い。高校の授業ではあまり取り扱われないマイナス200℃での状態変化を主として、さらには電子の動きなど物理分野の内容も加えたため、「今日の授業は難しかった」という設問に「そう思う」+「ややそう思う」と答えた合計は、60%を超えた。全員が「今日の授業は面白かった」としているので、興味・関心は持ってもらえたようだが、そこから一步進んで、我々がおみやげとして持って行った「新しい知識」をどこまで消化してもらえたか、やや不安が残った。

一方、「大学に親近感がわいた」という設問には、80%が「そう思う」と回答してくれたので、この活動自体は高校生に受け入れられたように思われる。新しい知識を運んできた大学という組織体に親近感を感じてくれたことは、満足すべき結果である。

### ② 自由記述から

最も喜ばしい記述は、「大学の先生も大学生の方々も、もっと近寄りがたいイメージでしたが、皆さんがいい意味で気さくに接して下さったのでとても親近感がわきました」というものだった。

化学分野の実験講座は、今まで経験していない現象を見聞きした高校生に驚きを与え、さらには既成概念を変えさせようという、ねらいもあった。液体二酸化炭素、液体酸素、固体エタノール、超伝導現象などを見て、さわって、体験した驚きを書いてくれたことから、奏功したと推察された。

もう一つ、科学技術が日常生活に及ぼすご利益にも気づかせたいと目論んだが、それは「リニアモーターカーになぜ超伝導が使われているのか」、「電気抵抗温度依存性」などについて調べてみたいという回答に、その兆しを見出した。

## (3) 生物実験

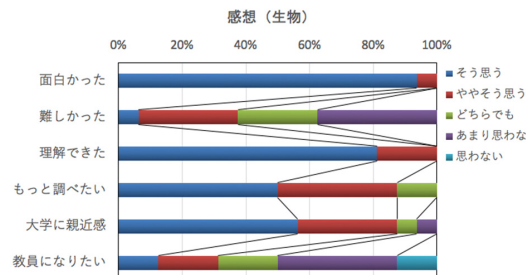


図17. 生物実験 (16名) の感想分布

### ① 択一式アンケートから (図17)

本講座の講座終了後のアンケート結果より、講座としては面白く、内容もそれなりに理解できたことが読み取れる。これは本講座で行った実験自体は教科書に記載されており既習項目もあり理解しやすく、実際に一人一人が手を動かして実験を行なったことについて面白さを感じた結果と思われる。また、本講座では組織学や細胞学と物質科学を融合した内容になっており、それらを総合的に理解することを求めたテーマであったが、難しかったと感じる生徒が少なかったことから、こちらの意図したことを伝えることができたと推察した。

### ② 自由記述から

多くの生徒が、色素による光の吸収と反射により葉が緑に見えるということを記述しており、自由記述からも本講座について理解できた生徒が多数いることが分かった。「講座の内容は、高校の授業で学んだことのある内容でしたが、実際に自分たちで実験することで、さらに葉や色について深く理解することができた」の感想に代表されるが、学習内容の理解とさらに興味を持つことに実験や観察が有効に働くことを再確認できた。さらに、講座担当者として、本講座を学習の再確認や授業内で行えない実験・観察を行う講座として捉えてもらい大いに活用して頂きたいという感想を持った。

また、「違う疑問が出てきたり調べたいと思えることが多くあった」や「目の見え方について興味があるのもっと知りたいと思った」などのコメントもあり、本講座を通じて生物学について興味関心を高めることがそれなりにできたものと考えている。

#### (4) 地学・環境科学実験

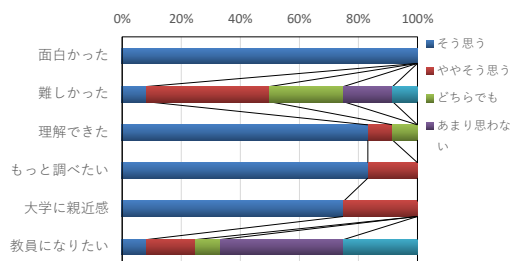


図18. 地学・環境科学実験（12名）の感想分布

##### ① 択一式アンケートから（図18）

本講座についての事後調査結果から、多くの生徒が内容に興味関心を持ち、理解することができたが、その一方で、やや難しいと感じた生徒も一定数いたことがわかる。

本講座でテーマとした「密度」自体はそれほど難しい内容ではないが、その測定自体は体験したことがない生徒が多いと考えられる。そのため、ノギスの使い方や不定形の岩石の体積をメスシリンダーを活用して測定するなど生徒にとって初めての経験であったことが「難しい」と感じた一因であると推察される。

##### ② 自由記述から

本講座の感想等を自由記述方式で問うたところ、「地球の構造、歴史について詳しく知れた」、「地球に対する見方が変わった」、「地学の面白さがわかった気がする」、「中学校で習った内容であったが、更に深掘りして楽しみながら知識を身につけることができた」、「難しいが考えることの楽しさが分かった」など好意的な評価を得ることができた。

以上のことから、本講座を通して、普段あまり意識することの少ない岩石についての興味関心が喚起されたとともに、そこから地球の歴史についても視野を広げることができたといえる。また、「密度」という物理や化学においても重要な量について実際に測定することを体験することを通して、密度の意味や測定方法についても理解を深めることができたと推察される。

#### (5) 前年度との比較

平成31年度（令和元年度）は、上述のように栃木県立高等学校5校と連携して、各校の生徒を本学に招く形で事業を実施したが、令和2年度のと比較

のため、ここでは栃木県立栃木翔南高等学校を本学に招いて行った令和元年度12月21日の調査について述べたい。この年は9月7日の1班と、12月21日の2班に分かれて来て頂いたので、12月21日（2班）の参加者は45名であった。また、物理の実験講座は、担当者と内容が異なっており、地学・環境科学の実験講座は実施しなかった。

講座終了後に事後アンケートを実施した。回答数は高校2年生45名（内訳は、物理実験（運動、目で見える加速度 Fi-Cube、講師 伊東）15名、化学実験（液体窒素、講師 山田）13名、生物実験（ゲル電気泳動、講師 井口）17名と参観していただいた高校教員4名であった。

図14に示した令和2年度の実験講座との比較に際して、物理実験の担当者と内容が異なること、及び地学・環境科学の実験がないことから、参加生徒全体の回答集計結果を分析することにする。

この年も、興味・関心と達成感は全体的に高く、大学組織や我々大学の人間に対する親近感も、持ってもらえたように読み取れる（図19）。

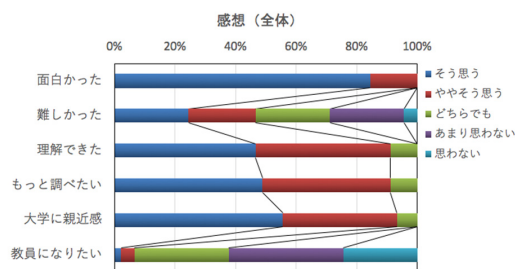


図19. 全体（45名）の感想分布（令和元年度）

細かく見ると、「今日の授業は難しかった」という設問に「そう思う」+「ややそう思う」と答えた人数は、令和元年度がそれぞれ11+10（計21名）であり、令和2年度の6+31（計37名）とは傾向が異なった。さらに、「今日の授業の内容が理解できた」という設問と、「今日の授業を受けて、自然や科学についてさらに調べてみたくなった」という設問では、「そう思う」+「ややそう思う」の合計はいずれも90%かそれ以上であるが、令和元年度では「そう思う」と「ややそう思う」が半々であるのに対し、令和2年度は「そう思う」が6, 70%程度であり、より強い達成感や探求心の向上がみられた。これには、特に生物や地学・環境科学の実験講座の貢献度が大きかったように思われる。



最後の項目として、将来の選択肢として教職志向が高まったかどうか、「教員になりたい」度合いを調べたところ、「そう思う」+「ややそう思う」の合計は、7%であった。上述のように令和2年度はこれが15%に向上している。この項目も、特に生物や地学・環境科学の実験講座の貢献度が大きかった。

## 5. まとめ

本報で述べた企画は、高校生側にとっては大学やその研究活動をより身近に感じ、進路決定に際しての視野を広め、将来の自分の姿を真剣に考えてもらう機会提供の側面がある。もちろん、実験を通じて、自然科学の精緻な美しさ、驚きや楽しさを感じてもらおうことも意図している。我々大学側にとっては、地域連携・社会貢献の側面と、高校生理解の場としての側面がある。特に後者は、ティーチング・アシスタントとして同席する大学生・院生にとっての、実践的な指導体験の場でもあるので、教員養成系の大学として重視している。

最後に、今回の企画を通じて高校教員（校長先生を含む）にお書き頂いたアンケートの中から、「今後の高大連携授業についての希望や改善点」に係る記述をいくつか引用して締めくくりたい。

### (1) 平成31年度（令和元年度）企画について

- ・1組と2組に分かれて3分野から1つを選んでの受講となっているが、1人2分野の受講も今後の検討課題と思う。
- ・高2段階では完全に進路が確定していないので、興味・関心をより広げさせたいと思う。
- ・物理基礎をやり始めた1年生にも見せたい内容であった。高校では加速度の実験ができないので良い機会である。（物理）
- ・物質の状態図や気体と圧力の関係は未習だが、身近に感じられる実験だった。（化学）

### (2) 令和2年度企画について

- ・いつもは45分授業なので、2時間とれる授業は、生徒も落ち着いて取り組むことができる。
- ・大学の授業内容に触れる良い機会である。
- ・オープンキャンパスがオンライン実施の中、大学の先生方や学生さんたちと話をできる・聞ける機会がなかったため、良かった。
- ・生徒にとっては往復の時間が無くなり、負担が小

さくなった。バスに酔う生徒の心配も無かった。

- ・大学側が高校に来ていただくことで、生徒ばかりでなく、他の教員もこの事業を知ることができ、良い刺激となった。
- ・高校で通常授業において行うことが難しい実験を行ってもらった。（化学）
- ・教科書で断片で学習していたことが、横断的に説明してもらえたので、より理解が深まったと思う。（生物）
- ・生徒が活発に活動でき、学校の授業ともリンクできたテーマで良かった。（生物）
- ・生徒はあまり触れることのない地学について、興味津々だった。（地学・環境科学）

（謝辞）本研究を行うにあたり、快くアンケート調査に応じて頂いた栃木県立栃木翔南高等学校の生徒のみなさんと、校長先生はじめ諸先生方に深謝します。

また、本研究は、平成31年度宇都宮大学グローバルサイエンスキャンパス経費と、令和2年度宇都宮大学基金（3C基金）からの経費支援を受けて実施しました。ここに記して謝意を表します。

## 6. 参考文献

- [1] <https://www.jst.go.jp/cpse/gsc/about/index.html>  
国立研究開発法人科学技術振興機構 次世代人材育成事業 グローバルサイエンスキャンパス（GSC）
- [2] <https://www.vector.co.jp/soft/dl/win95/art/se277833.html>（フーリエ変換解析ソフトFFTana）
- [3] 井口智文，福田佳歩，中学校理科における動物細胞試料および植物細胞観察方法の検討 宇都宮大学教育学部研究紀要 第2部，第69号 pp.309-319（2019）(<http://hdl.handle.net/10241/00011886>)
- [4] <http://raytheory.jp/nazotoki/interior/structure/>  
大木聖子のウェブサイト

令和3年4月1日 受理

高校教員のみなさまへのアンケート

1. 本日、参加された講座 (○印)

(1) 物理 (2) 化学 (3) 生物

2. 今日の講座について、ご回答下さい。

5 とてもと思う、4 ややそう思う、3 どちらともいえない、2 あまりそう思わない、1 そう思わない (数字で回答)

- (1) 参加生徒は面白く感じていた ( )
- (2) 参加生徒にとって難しかった ( )
- (3) 参加生徒は理解していた ( )
- (4) 参加生徒は自然や科学についてさらに興味関心が高まった ( )
- (5) 参加生徒は大学に対して親近感がわいた ( )
- (6) 参加生徒の中に学校教員を志望するものが増えた ( )

3. 今後の高大連携事業について、ご希望や改善点などをお書き下さい。

高大連携講座事後アンケート  
栃木県南高等学校 2019年12月21日

(1) 生徒番号を記入して下さい。

(2) 学年と性別をマークしてください。

☐ 1年 ☐ 2年 ☐ 3年 ☐ 男 ☐ 女

(3) 受講した講座は何でしたか、一つ選んでマークしてください。

☐ 物理 ☐ 化学 ☐ 生物

(4) 次の各質問について、あてはまるものを1つマークしてください。

	そう思う	やや思う	どちらでもない	あまり思わない	まったく思わない
1 今日の授業は面白かった	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2 今日の授業は難しかった	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3 今日の授業の内容が理解できた	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4 今日の授業を受けて、自然や科学についてさらに調べてみたくなった	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 今日の授業を受けて、大学に対して親近感がわいた	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 今日の授業を受けて、学校の先生になりにくなった	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(5) 今日の授業を受けて、新たに分かったこと、自分の考えが変わったことなどあったら書いてください。

(6) 今日の授業の感想を、何でもよいので書いてください。





# **A Study of the Result of the Scientific Student Activities during Two Years in Cooperation with the University and High Schools**

**Yuno NATSUME, Ieyasu TAKIMOTO, Tomofumi INOKUCHI, Akihiko ITO  
and Yoichi YAMADA**