

研究テーマ②「生命」を科学的に捉える視点の育成

仮説

生物学、自然保護、医学、医療福祉等の様々な専門家から直接指導を受けることにより、様々な視点から見た「生命」に対して理解を深めるとともに、「生命」に科学的に接していく上で必要な学び方や考え方を身に付けていくことができる。そして、その経験は、幅広い多種多様な学問に触れていく中で、興味関心の深まりや学習意欲の高まりへも繋がっていく。

実施の流れ

仮説の検証のため、第2学年で新たに「生命」（生命科学コース全員対象2単位）と、「発展科目」（文理コース希望者対象2単位）を実施した。

3-7 学校設定科目「生命」（生命科学コース第2学年2単位）

目的

多様な「生命」に関する講話やアクティビティに参加する中で、生命への畏敬の念を育てる。また、研究者や自然観察のボランティア、環境アセスメント調査員、医師、薬剤師等の様々な社会人の話を聴くことで、理系方面の職業理解を進めさせる。加えて、女性講師によって将来の良いロールモデルを提示する。

今年度までの流れ

中学校では2002年度、高校では2003年度から学年進行で、「総合的な学習の時間」が実施されている。生徒が自ら学び自ら考える力や学び方やものの考え方などを身に付けさせ、問題を解決する資質や能力などを育むことを目的にするということであったが、文部科学省の義務教育に関する意識調査（2005）で「総合的な学習の時間」について、中学校の教員の過半数が否定的な評価をしていることが分かった。57%が「なくすべき」としている。否定する理由は、「基礎的・基本的な学習がおろそかになる」、「教科との連携が不十分で学力が身に付かない」など学力低下を懸念するものが多かった。また、高校の教員でも、ベネッセ総研の調査（2003）で、約6割が、否定的な評価であった。「生徒の個性が伸ばせる」という点について、「あまりそう思わない」と「全然そう思わない」を合わせると64.6%。「生徒が興味関心を持つ」に63%、「生徒に自ら考えさせる力をつける」に56%が否定的であった。そして、指導方法について、「どのようにやったらよいかわからない」が69.7%であった。

最近のベネッセ総研の調査（2007）でも、「総合的な学習の時間」は、20%の小学校教員が「なくしてもよい」、43%の中学校教員が「削減したほうがよい」と答えている。

「自ら学び考えて問題解決能力を身に付ける」という新しい学力観に異を唱える人は少ないと思われるが、一方で著しい学習意欲の低下を招くなど、失敗の面が多かった印象があるのは否めない。方法論に不備があったのではないか。「総合的な学習」を進め方について再考した取り組みとして、「生命」を位置づけたい。

本校では、「総合的な学習の時間」の導入に先駆けて、1999年度から自由選択科目「発展科目」（高2対象2単位）を開設した。生徒が興味のある講座を選んで受講する14の講座の中で、「生命」は開講した。すべての生徒を対象にした選択科目であったが、2006年度の生命科学コースの開設から、「生命科学コース」のみが受講する学校設定科目とした。

研究方法及び内容

「生命」では、「生命」についての知識を学ぶことから出発して、人には多様な考え方があることを認識し、最終的に生徒自身が「どのように生きるか」を再考することを目的にしている。具体的な手法は5つに分けられる。

- ① いろいろな分野の専門家による「講義」
- ② グループ討議や心理テストなどによる「自己分析」
- ③ 与えられた課題についての「調査活動」
- ④ 「レポート作成」
- ⑤ 各回の授業のE-Mailでの「感想の提出」

授業の中核をなすのが「調査活動」で、正解のない課題に教師と生徒で調査や作業をしながら取り組み、共に考える過程を取り入れている。「知識をもった教師が生徒に一方的に教える」という今までの授業では、教師と生徒が興味を共有できるような授業ができないと考えた。知識中心の授業で「教科書に載っていないことは、勉強しなくてもいい」とか、「テストに出なければやらなくていい」という損得の基準で物事を考えるようになってしまっている生徒も多くなり、ボランティア活動でさえ、評価されるからやるという発想になってしまっている状況を打破するためには、生徒にとって魅力のあるテーマを今までの授業とは違う観点から考える必要がある。

前期の「調査活動」の課題は「野外彫刻は猥褻か芸術か」である。野外彫刻の調査をテーマにしたきっかけは、「野外彫刻の設置が猥褻、あるいは女性蔑視につながる」とする意見に対して、自らの調査過程を踏まえて、最終的に女子高生としてどのような意見を持つか、講座担当者自身が知りたいという気持ちから出発した。授業は、次の①～④の順に進めている。

- ①野外実習：30名を5名ずつに分け、班毎に調査地域を分け、90分で往復できる調査計画を立て現地へ行き、1人1つの野外彫刻を見つけてデジタルカメラで撮影し、作者紹介などの掲示物や設置環境、感想を調査表に記録する。
- ②自分自身での調査：新たに自宅周辺や通学途上で見つけた野外彫刻を①と同じ方法で調査する。
- ③レポート作成：持ち帰った記録表からレポートを作成する。
- ④多様な立場の意見聴取：野外彫刻作者である彫刻家の意見と、野外彫刻から女性問題を考えている女性グループの方の意見を聞く。
- ⑤自分自身の意見：レポートに自分の最終的な意見を書き加えて完成させる。

後期の課題は、「学校飼育動物は、生命尊重を考える教材になっているか」である。各自、出身の小学校の飼育動物を調査し、レポート（最終的にはHTML形式）を作成する。

【実施内容】

日 程	分 野	内 容	担 当 者
2008年4月15日	実 習	オリエンテーション・ワークショップ	秋山繁治 本校教員
2008年4月22日	実 習	自己分析・エゴグラム	秋山繁治 本校教員
2008年5月13日	視聴覚教材	夜回り先生・水谷修のメッセージ	秋山繁治 本校教員
2008年5月27日	実 習	岡山駅周辺で野外彫刻の調査活動	秋山繁治 本校教員
2008年6月3日	芸 術	彫刻作家の視点で考える	西平孝史 彫刻家
2008年6月10日	女性学	「野外彫刻」を考える	眞鍋和美 さんかく岡山

2008年6月17日	実習	”野外彫刻”調査レポート作成	秋山繁治 本校教員
2008年6月24日	性教育	同性愛者の視点で「性」を考える	青樹恭 フリーライター
2008年7月1日	実習	文化祭で授業を紹介するポスター作製	秋山繁治 本校教員
2008年9月9日	実習	文化祭で授業を紹介するポスター作製	秋山繁治 本校教員
2008年9月30日	獣医	学校飼育動物を考える	山根辰朗 やまね動物病院 獣医師
2008年10月14日	実習	メディア・リテラシー①	乙竹文子 岡山フォーラム
2008年10月28日	医学	臓器移植と生命倫理	篠崎尚史 東京歯大市川病院 角膜センター長
2008年11月4日	生態学	外来帰化生物を考える	矢部 隆 愛知学泉大学 教授
2008年11月11日	実習	メディア・リテラシー②	乙竹文子 岡山フォーラム
2008年11月18日	実習	生物学実習	岡山理科大学理学部 女子大生・女子院生
2008年11月25日	性教育	性犯罪、性暴力を考える	鈴木 江三子 川崎医療福祉大学 教授
2009年1月13日	性教育	ジェンダーを考える	東優子 大阪府立大学 准教授
2009年1月20日	医学	女性医療を考える	金重恵美子 岡山中央病院 副院長
2009年1月27日	生物学	ライフ・セル・イメージングを用いた解析	岩尾康宏 山口大学 教授
2009年2月10日	生物学	ニワトリのタマゴの形成	シュバッシュ・ダス 広島大学 研究員
2009年2月17日	薬学	「薬剤師」という仕事	佐々木 緑 重井医学研究所 薬剤師
2009年2月24日	薬学	薬をつくる	宮田興子 神戸薬科大学 准教授

2009年3月3日	心理学	脳の働かせ方を考える	平山 諭 倉敷市立短期大学 教授
-----------	-----	------------	------------------------

【講演の様子（一部）】



臓器移植と生命倫理



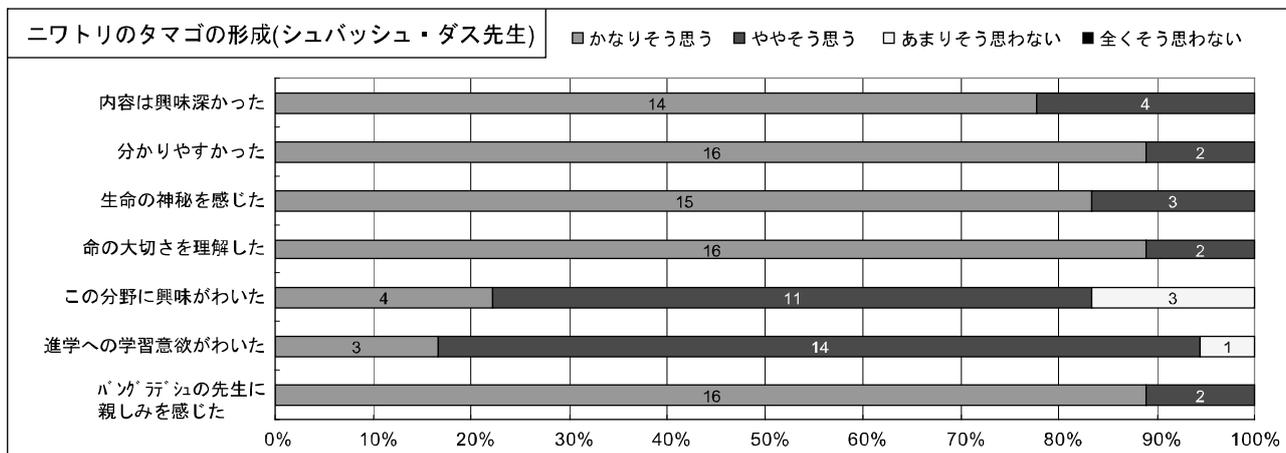
外来性生物を考える



女性医療を考える

【アンケート結果】

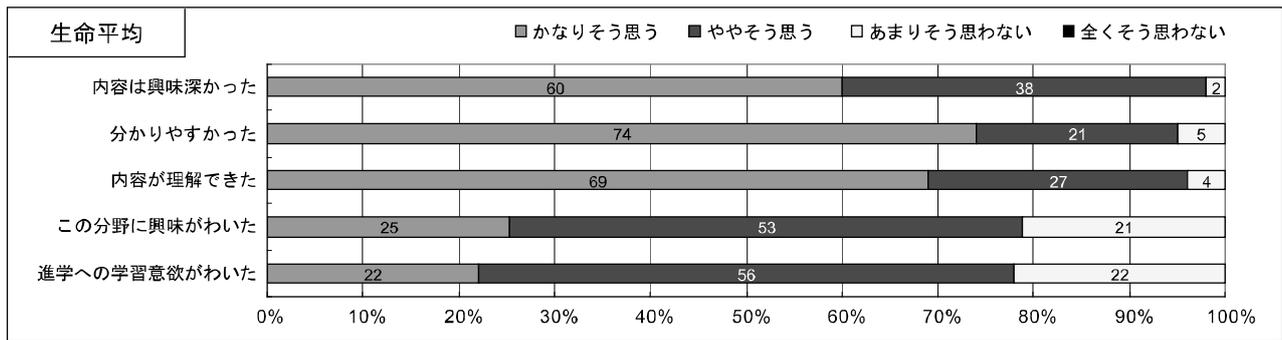
今年度、初めて導入したシュバッシュ・ダス先生のは以下のとおりである。



感想

- ① バンガラッシュのことをあまり知らなかったもので、日本との基本的な文化の違いなど、色々知ることができた。ニワトリを解剖する機会はなかなかないのでとてもいい勉強になった。精子と卵のしくみについてよく理解できた。
- ② 講義内容が英語混じりだったけれど、とても分かりやすかった。初めはニワトリを解剖することが少し怖かったけど、実際に見てみると整然と並んだ臓器がとてもきれいで、生命の神秘を感じた。
- ③ ニワトリの解体はとても印象的でした。今まで生きていたものが、人間が学ぶために殺される姿はとても悲しいものがあった。だからこそ、その命の大切さを考え、よく学ばなければならないと思った。

そのほかの生命科学系講義については、個別のものは1年次、2年次の報告書に紹介しているので、今回は共通項目を平均した数値(%)で示しておく。



最後の授業で1年間の授業をふり返って、満足度（充実度）を5段階で書いてもらった。

	5	4	3	2	1
①「生命」について色々な角度から考えることができた	18 (95%)	1 (5%)	0	0	0
②「生命」の尊厳を感じる事ができた	15 (79%)	4 (21%)	0	0	0
③「生命」に関わる様々な職業の様子がわかった	14 (74%)	4 (21%)	1 (5%)	0	0
④ 女性講師にふれて、将来の参考になった	12 (63%)	7 (37%)	0	0	0

検証・評価

生命（平均）のアンケート結果から各講義とも生徒の興味を強くひく内容(60%+38%)で、しかも分かりやすくて(74%+21%)、十分な理解(69%+27%)に到っていることがわかる。これがさらに新しい興味付け(25%+53%)や学習意欲の喚起(22%+56%)に繋がっている。また満足度の調査から①の生命の多角的な理解はほぼ完璧(95%+5%)といえる。また、ダス先生のアンケートの「生命の神秘」「命の大切さ」を深く考えさせたように、②の「生命」の尊厳を感じさせること(79%+21%)もほぼ達成した。③の職業理解(74%+21%)や④のロールモデル(63%+37%)についても、十分な効果があったといえる。この「生命」は開講10年になるが、人気講座として定着しており、3年生の卒業前のアンケートでも最も好評な講座である。

3-8 学校設定科目「発展科目(高大連携医療福祉講座)」(文理コース第2学年2単位)

目的

年間を通した大学での講義・実習を体験させることで、高校よりも発展的な内容の学習をすることで、自ら学び、考える資質や能力を育てる。また、医療福祉マネジメント分野への理解を進めさせ、進路選択の動機付けとする。

今年度までの流れ

本講座は平成18年度より、川崎医療福祉大学—清心女子高等学校連携教育として始められた。授業は大学教員が担当し、高校教員は引率、生徒への指示等を行った。適宜、高校生のレベルと授業内容・方法について双方の教員が相談し調整してきた。この間、講義内容の差し替えや順序の変更等の改善をして、今年度の実施に到った。

授業実施内容

①医療福祉経営学科(4月15日～6月17日)

「医療福祉とマネジメントについて」「NPO等の運営について」「会計が分かれば、世界が分かる?」「病院での正しい治療の受け方」など7回の講義。

②医療秘書学科(6月24日～10月28日)

「キャリア・デザインって何だろう」「企業の経営・管理って何だろう」「医療秘書について」「コミュニケーションについて」など6回の講義と実習。

③医療福祉デザイン学科(11月4日～1月13日)

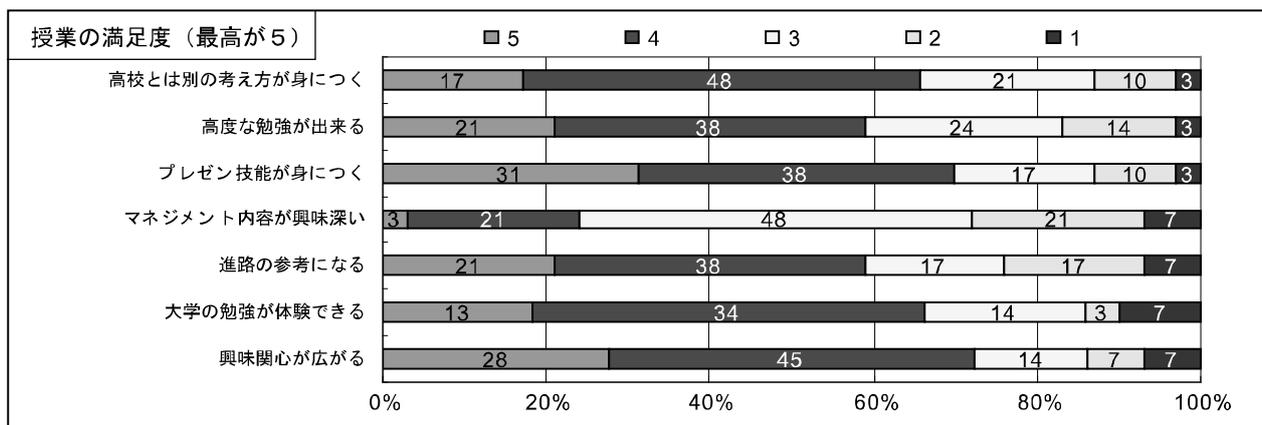
「ユニバーサルデザインってなに?」「バリアフリーWatchingをしよう」「街作りや建築デザインについて」「グループ発表とまとめ」など6回の講義と実習。

④医療情報学科(1月20日～3月3日)

「医療情報技術～これからのより良い医療のために～」 「診療情報管理について」「コンピュータは優れた福祉機器である」「医用画像—これからのより良い医療のために—」「医療機器のしくみ～音で視る超音波診断装置～」 「身の回りの統計」など7回の講義と実習。

○2月21日(土)にグループ単位で本講座の興味深い内容についてまとめ、高大教員の前でパワーポイントによるプレゼンテーションを行った。

【アンケート結果】



検証・評価

多くの講義が川崎医療福祉大学で行われたため、アンケートからは「大学での勉強体験」「プレゼンテーション技能が身につく」「高校とは別の考え方が身につく」「興味・関心の広がり」という、高校では出来ない部分について高い満足度が出ている。年間を通した講座だけに、成果は期待通りであった。

研究テーマ③ 女性の積極的に学ぶ姿勢とリーダーシップを育てる教材と指導法の開発

仮説

豊かな自然を教材とした興味深いフィールドワークや、専門的な知識を持つ指導者の下で自然体験を積むことで、自然に対する科学的な理解を深めるだけではなく、積極的に物事を学ぼうとする姿勢を養うことができる。そして、宿泊を伴う実習や研修を通して、集団生活の中でリーダーシップを育てることができる。

様々な場面においてロールモデルとなる女性の研究者・女子学生から講演や講義、授業といったものを受けることで、積極的に学ぶ女性もしくはリーダーとしての女性がどのようなものかを考え、生徒自身の将来の姿のイメージ確立に繋がっていく。教科の授業においても、その学ぶ意欲に結びつくような興味深い教材と体験を与えることで、積極的な学びの姿勢を経験させることができる。

実施の流れ

仮説の検証のため、第1学年で4泊5日の「野外実習」（生命科学コース対象）、第2学年で3泊4日の「沖縄西表島研修旅行」（生命科学コース対象）、第1・2学年で8泊9日の「マレーシア・サバ州ボルネオ島海外研修」（生命科学・文理コース1・2年生希望者対象）を実施した。また、生物の“生殖と発生”と、化学の“有機化合物”の単元内容において研究授業を行った。

3-9 野外実習（生命科学コース第1学年4泊5日）

目的

専門家の案内のもと、森林で実物の生き物に触れることで自然に対する科学的な理解や「生命」への畏敬の念を育てる。さらに宿泊を伴う集団生活を通じた体験によって、協調性とリーダーシップを育てていく。また、鳥取大学との連携により、基本的な知識から大学における研究手法まで幅広く学ぶことで、森林生態系に対する理解と興味を深めさせる。その中で、過去2年間の研修で蓄積したデータに今年度のデータを加え、さらに緻密な解析を試みさせる。

今年度までの流れ

SSH1年次から鳥取大学と連携し、鳥取大学農学部附属フィールドサイエンスセンター教育研究林「蒜山の森」（岡山県真庭市蒜山上徳山）で4泊5日の研修を行っている。夏休みの期間を利用した宿泊研修であるが、研修中は鳥取大学農学部の佐野淳之教授や同学部TAの方々がつきっきりで指導しており、森林生態に関する知識、実験手法、実験データのまとめ方など、非常に多くの内容を学ぶことができている。また、この実習の中で得た森林生態に関する実験データは例年引き継がれ、学年の枠を超えた学校全体の課題研究としてまとめられている。そしてその研究内容は生物系三学会中国四国支部大会などの学会で発表している。

内容・方法

活動内容は次のとおりである。

日程	内容
7/29 午後	・講義『蒜山に住む動物』（講師：山田信光先生） ・講義『森林生態系について』（講師：佐野淳之先生）



講義『蒜山に住む動物』



講義『森林生態系について』

7/30 午前

- ・講義『森林の概説(樹木の特徴と分類)』 (講師：佐野淳之先生)
- ・講義『樹木の測定法』 (講師：佐野淳之先生)



講義『森林の概説(樹木の特徴と分類)』

7/30 午後

- ・野外実習：樹木の測定練習 (講師：佐野淳之先生)
- ・T Aによるプレゼンテーション聴講 (鳥取大学農学部4年 善波史恵さん)
- ・講義『環境問題①』 (講師：佐野淳之先生)



野外実習：樹木の測定練習



講義『環境問題①』

7/31 午前

- ・野外実習： (講師：佐野淳之先生)
測定地まで樹木観察をしながらの散策
自然林10m×10mプロットをとり森林調査①
ジャングルジムによる上方からのコナラ林観察
林業体験 (スギの枝打ち体験)



樹木観察をしながらの散策



森林調査①

	 
	<p style="text-align: center;">コナラ林観察 枝打ち体験</p>
7/31 午後	<ul style="list-style-type: none"> ・ 講義『環境問題②』（講師：佐野淳之先生） ・ 2006年度生命科学コース1年生による蒜山合宿でのプレゼンテーション聴講 ・ 講義『樹木調査の目的とデータ解析方法』（講師：佐野淳之先生）
8/1 午前	<ul style="list-style-type: none"> ・ 野外実習：森林調査②（講師：佐野淳之先生）
8/1 午後	<ul style="list-style-type: none"> ・ 野外実習：（講師：佐野淳之先生） <p style="margin-left: 20px;">ブナ林探索</p> <p style="margin-left: 20px;">ブナ稚樹生存本数の調査（2年前に調査したプロット内の稚樹本数を、昨年度に引き続き計測）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 測定データの解析①（講師：佐野淳之先生）
	 
	<p style="text-align: center;">森林調査② ブナ林探索</p>
8/2 午前	<ul style="list-style-type: none"> ・ 測定データの解析②・プレゼンテーション準備（講師：佐野淳之先生）
	 
	<p style="text-align: center;">測定データの解析</p>
8/2 午後	<ul style="list-style-type: none"> ・ コースター作り

【アンケート結果】

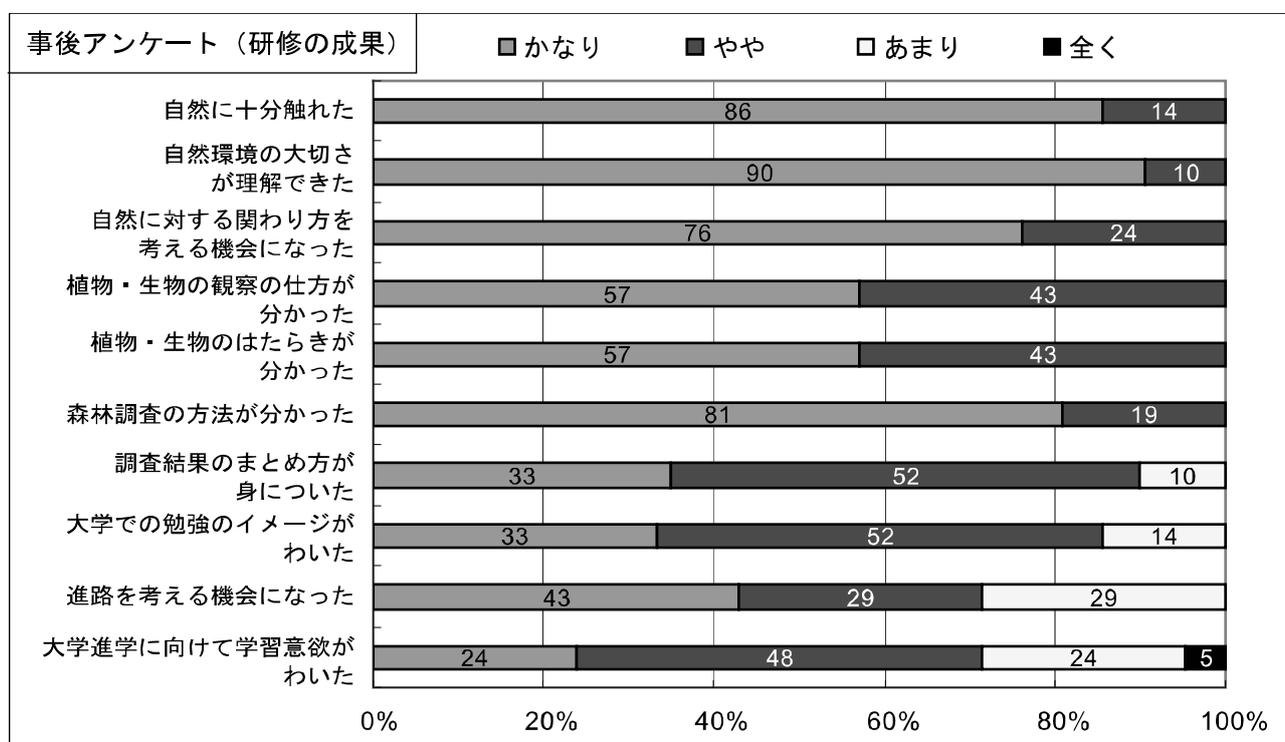
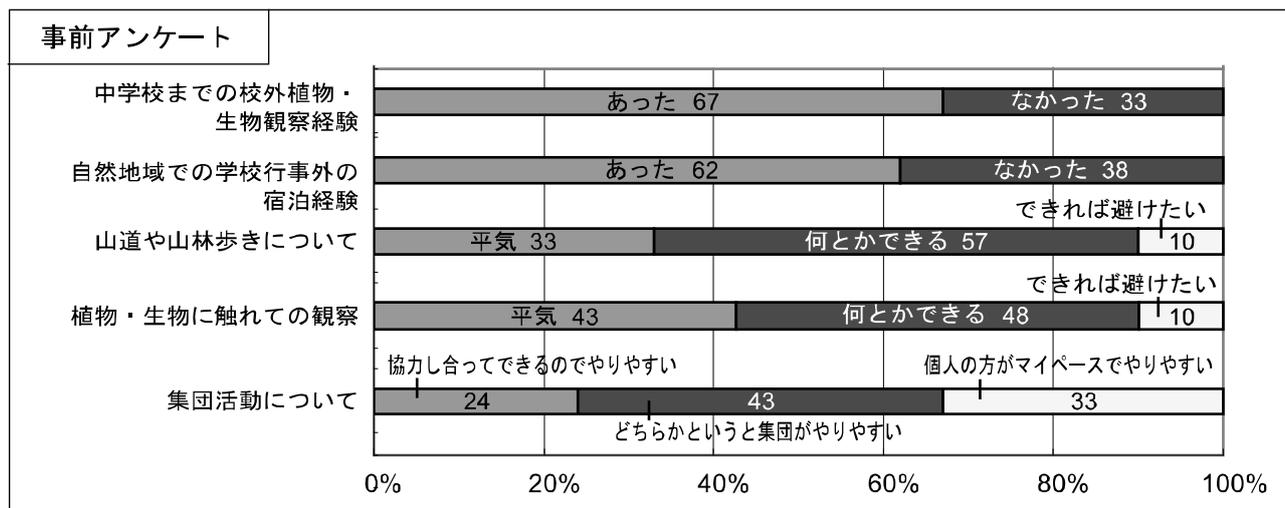
①生徒の感想

- ・ 大変だったが、とても貴重なよい経験が出来た。（5）
- ・ 楽しかった。もう一度行きたい。（8）
- ・ 体力的にも精神的にもきつかったが、それ以上に楽しさが大きく、本当によい思い出ができた。（虫が平気になる・冷房のない生活など）できなかったことができるようになった。（2）
- ・ 最初は森林に入るのは恐かったが、研修を通して随分平気になり、むしろ楽しい研修になった。

自然の中を歩き触れ合うということは、とても大変だった。自分がどれだけ楽な生活をしていたか分かった。自然の中は、足場も悪く、足も痛くなるし滑ったりもし、とても辛かったが、穏やかな気持ちになれた。

- ・根気が付いたので、これからの研修にも役立つだろう。
- ・ここでの経験を今後に生かしたい。
- ・行きと帰りでは山が違って見えた。行きはただの風景だったが、帰りは色々な想いがよぎった。自分の住んでいる場所にも自然が溢れているのに、植物の名前を知らなかった。今になって、小さい頃から興味を持って調べておけばよかったと思った。大人になっても覚えておけば知識が広がると思う。
- ・樹木の名前が分かるようになり嬉しかった。
- ・図鑑やテレビでしか見たことのない植物に実際触れたり観察できて、とても楽しかった。
- ・森の意外な新事実（漆はツタも木もあるなど）を知った。（2）
- ・大きなハチや、触ると被れる植物があり、恐かったけれど新鮮だった。
- ・アブに刺されたり、蛇がネズミを捕まえるところを観察するという、なかなかできない体験ができてよかった。
- ・あらためて森林の大切さが分かった。（2）
- ・人が生きていくには自然が必要であるし、人間も自然の一部だということがはっきりと分かった。自然には食べることでできる植物が多いだけでなく、CO₂を吸収するなど人と深く関わっているとあらためて感じた。
- ・木は二酸化炭素を思ったほど吸収しないことが分かった。
- ・人工林より自然林の方が二酸化炭素を多く吸収するので、自然林が育ちやすい環境にし、地球のためにも二酸化炭素を減らすべきだと思った。
- ・これからもっと木を増やしたらよいのではないかと思った。
- ・地球環境保全における森林の重要性を、今まで以上に理解した。また、以前より森林に親しみを感じた。
- ・環境問題を身近に感じるようになった。
- ・私達の理不尽な理由で自然を壊しているとあらためて思った。
- ・あの森が消えるような未来は嫌だ。何か一つ欠けるだけでも森がなくなってしまうので、難しい問題だ。
- ・ブナ林を歩き、ブナの芽の強さを知ることができた。自然の（大きさ）強さを知った。（2）
- ・成長錘でコアを抜き年輪を数えるのは本当に苦労した。しかし苦労した分、班で協力できた。（3）
- ・研修で一番印象に残ったのは、年輪を皆で数えたことだ。広葉樹は数えにくく、2時間以上もかかったが根気が付いた。
- ・チームワークが必要不可欠で、班行動において大切な経験ができた。
- ・色々な人の長所を見つけることが出来た。
- ・進路を考える上での参考になった。
- ・林業関係に全く興味がなかったが、興味深い内容ばかりで、進路を決める参考になった。この夏休みもう一度進路についてゆっくり考えようと思う。
- ・大学の勉強にも興味を引くものがあるのだということを知った。

②事前アンケートと事後アンケート



検証・評価

森林を散策し実際に触れるという体験から、植物や生物への苦手意識が克服され親しみを感じるようになった生徒が、数字的には明確に現れていないが、活動の様子や感想から伺えた。また、大学の教授から学問的に森林について学び、森林調査の必要性とおもしろさを体感したことで、知識を深めただけでなく、進路についても考えるきっかけになった生徒がいたようだ。同時に、実際に研修で身近に感じた自然を、人間が破壊しているのだといった環境問題を学ぶことで、実感のなかった世界的規模の問題を、身近に自分達の問題だと感じる事ができたようだ。この研修によって、知識の習得のみならず、データ分析に必要な思考力、また集団生活での規律と協調性、班単位のデータ収集・解析に必要な協力や個々の尊重、忍耐力といった様々な力を習得できたように見受けられた。生徒自身も達成感を感じており、全般的に成功した研修だと言える。

昨年同様、全日程天候に恵まれたが、悪天候時の準備が今後の課題と言えよう。

3-10 研修旅行

●沖縄西表島研修旅行（生命科学コース第2学年3泊4日）

目的

日常的な生活の中で自然に触れることが少なくなっている中、雄大な自然との触れ合いと専門家による観察の指導によって自然への科学的理解を促す。また、実習や宿泊を伴う共同生活で、リーダーシップや協調性も育てる。

今年度までの流れ

沖縄県への研修旅行は、1999年度に始まった。それまでの研修旅行は、学年の生徒全員が同じ場所に行き、内容は、教会でのミサ、名所旧跡の見学、山登りであった。「学習の動機付け」になるような研修ということで、「複数のコースから生徒が選んで参加する」スタイルに1999年度から変更した。沖縄本島内で、「自然環境コース」、「戦争平和コース」、「歴史文化コース」を設定し、1999年、2000年度の内容は生徒にも好評で、2001年度も実施する予定であったが、アメリカの同時多発テロ事件の影響で急遽中止になってしまった。それ以後、行き先を2001年度は東京、2002年度は北海道にしたが、復活要望もあり、2003年度から北海道2コース（「北海道歴史文化コース」、「北海道自然環境コース」）と並行して、再び沖縄2コースを復活した。2003年度からは、「沖縄自然環境コース」は、西表島での自然体験に重点をおいたものに変更し、さらに2006年度の生命科学コースの設定に伴って、生命科学コース全員を対象とした研修旅行として内容を更新して、現在に至る。

内容・方法

事前学習として、生徒各自がテーマを選んでレポートを提出し、レポート集を作成した。提示したテーマは下表の26テーマで、基本的に一人1つ（または2つ）を選ばせた。

西表島の気候・海	西表島の台風	沖縄の地形
西表島の滝	星の砂	沖縄の海草・海藻
マングローブ	西表島の樹木	西表島の草花
イリオモテヤマネコ	沖縄のコウモリ	石垣島と西表島の鳥
ウミガメ	沖縄のヘビ	西表島のカエル
西表島の魚	西表島のトカゲ・ヤモリ	西表島の昆虫
西表島のカニ	西表島の貝	サンゴ
西表島のクラゲ	西表島の環境問題	沖縄の帰化植物
沖縄の帰化動物	西表島の産業	

実際の日程は次の通りである。

日	行程	実施協力者
1日目 10月8日 水曜日	(岡山空港→沖縄本島→石垣島→西表島) ・実習：白保海岸の観察(石垣島) ・講義：「イリオモテヤマネコの生態と現状」 (中西希 琉球大学 COE 研究員)	中西希 (琉球大学)
2日目 10月9日 木曜日	(西表島) ・実習：ヒナイ川とマングローブ林の観察 ・実習：亜熱帯の森林の観察(ピナイサーラの滝周辺) ・実習：ナイトハイク(上原小学校周辺)	村田行 (村田自然塾)
3日目 10月10日 金曜日	(西表島) ・実習：サンゴ礁と浅瀬の魚類の観察(バラス島周辺) ・講義：サンゴ礁とバラス島の成り立ち (村田行 村田自然塾)	村田行 (村田自然塾)
4日目 10月11日 土曜日	(西表島→沖縄本島→岡山空港) ・実習：星砂の浜の観察 ・見学：西表島野生生物保護センター(研究員)	

研修の様子：



白保海岸



イリオモテヤマネコの講義



マングローブ林



ヒナイ川河岸



ヒナイ川(カヤック)



ピナイサーラの滝の上



バラス島周辺のサンゴ礁



バラス島

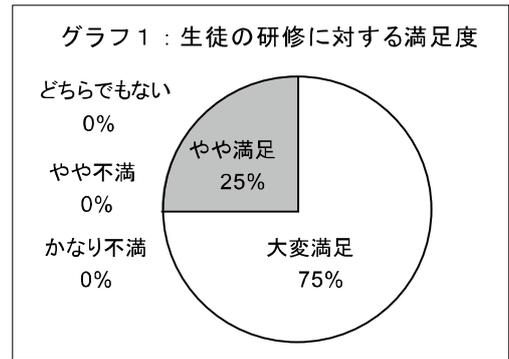


野生生物保護センター

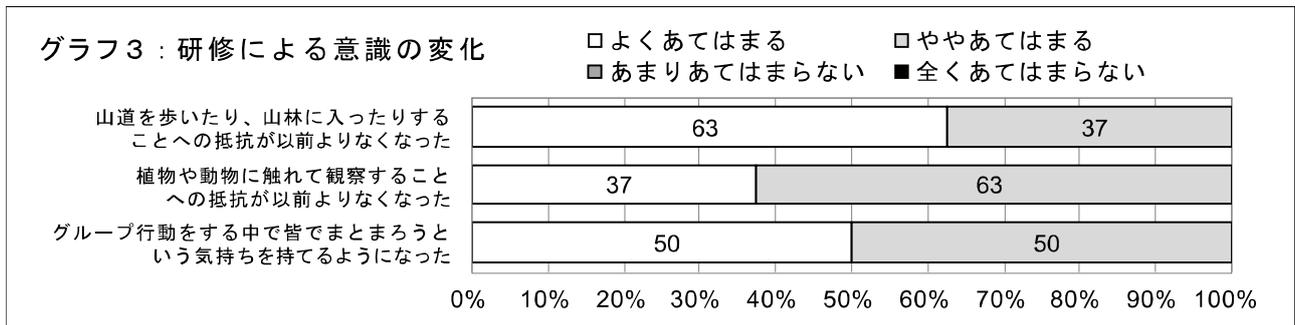
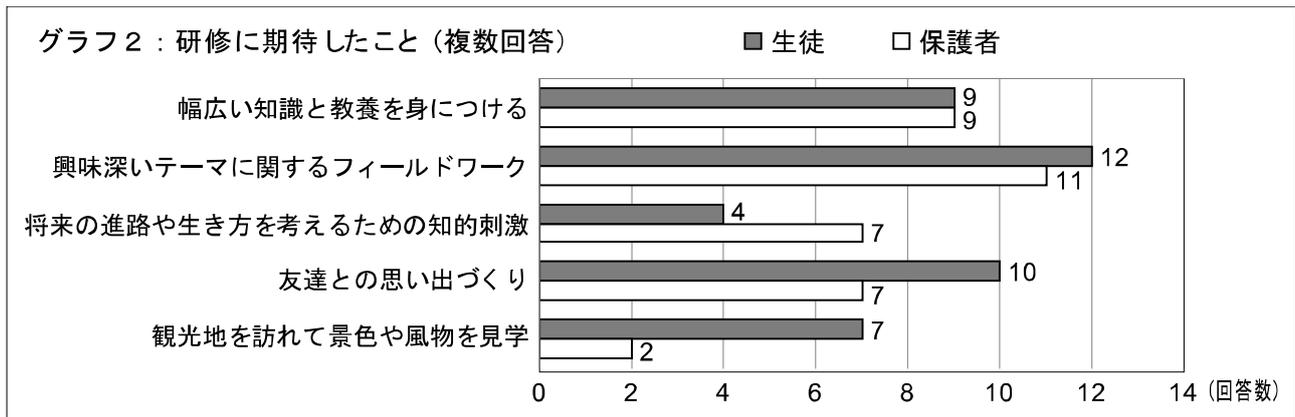
検証・評価

事後アンケートの結果、次のようなことがわかった。

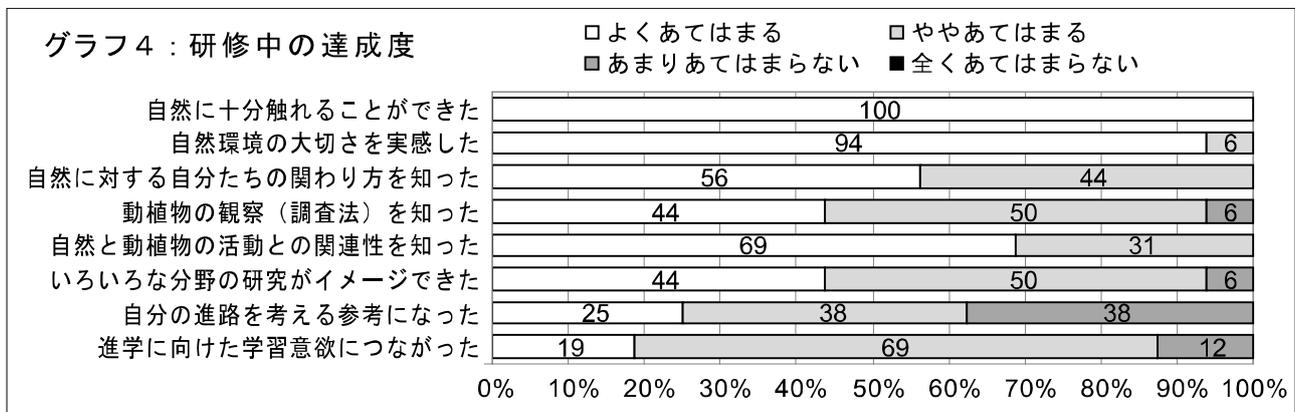
生徒自身の研修に対する全体的な満足度については、グラフ1のように大変満足度の高い結果になった。これは期待以上の内容であったことを示していると考えられる。そこで、この研修にどのようなことを期待していたのかというのがグラフ2であるが、生徒と保護者の間にずれが見られる部分があり、保護者は知的刺激を求めているのに対して、生徒は景色や風物に期待しているという傾向がある。



研修による意識の変化をきいたものがグラフ3である。これは、否定的な解答が一つもなく、全員が望ましい方向に変化するという結果が得られた。



研修の達成度をきいたのが次のグラフ4である。最も重要な項目である「自然に十分触れることができた」という項目は、全員が十分に達成することができたと感じており、その他の項目についても、おおそ達成できたと言えそうである。



この研修においては、実施が天候に左右される面が大きいことは否めないが、プログラム内容については効果が十分に期待できるものになっていると思われる。天候に関しては、プログラムの細部の入れ替えなどの変更で現地の方と相談しながら臨機応変に対応することで、その効果を失うことなく

実施できている。

●ボルネオ海外研修旅行（生命科学・文理コース第1・2学年8泊9日）

目的

マレーシア・サバ州（ボルネオ島）で、海外との大学と連携して「環境教育・国際理解」をテーマにした研修をすることによって、国際的な視点で環境問題を見る目を養うとともに、英語運用能力・表現力を身に付けた科学技術系の人材の育成につなげる。

今年度までの流れ

2006年3月 マレーシア・サバ州（ボルネオ島）の国立サバ大学に高校生の環境学習を中心とした研修への協力を依頼し、合意。

2007年3月27日～4月3日 第1回研修旅行を実施。参加生徒16名。

2008年3月25日～4月2日 第2回研修旅行を実施。参加生徒14名。

2009年3月24日～4月1日 第3回研修旅行を実施。参加生徒17名。

内容・方法

これまでの海外研修は語学研修・異文化体験が中心で、行き先の多くがアメリカ・カナダ・オーストラリアであったが、日本が属しているアジアに目を向けた海外研修を企画した。マレーシア国は民族構成が多民族・多宗教で、英語も広く使われており、「国際理解」という面で魅力がある。また、ボルネオ島は、世界的な生物多様性ホットスポットの1つであり、その貴重な自然環境を生かした学習が可能な「環境教育」に適した地域である。

(1)地域の特徴

研修地であるサバ州はマレーシア国を構成する13州の1つで、ボルネオ島の北端に位置し、北緯4度8分～7度22分、東経115度7分～119度17分に広がる。面積は北海道よりやや小さい。民族は、先住民であるカダザン・ドゥスン族、バジャウ族やマレー系、中国系、インド系など、宗教はイスラム教、キリスト教、仏教、儒教、ヒンドゥー教などが含まれ、多民族・多宗教で構成された地域である。言語はマレー語・英語・民族語。気候は概して高温多湿で気温の年格差もほとんどない。低地の木陰における日中の平均気温は27℃、最高でも34℃を超える日は少ない。

ボルネオ島は、アジアで最も広大な熱帯多雨林が残る島である。島の北部にそびえる最高峰キナバル山（4095m）は東南アジア最高峰でもあり、2000年には世界遺産に登録された。サバ州の森林は州の総面積の約60%を占めている。最も広い森林は低地混交フタバガキ林（熱帯多雨林）で州の総面積の約42%を占める。その他の森林は山地林、マングローブ、淡水湿地林、汽水林・ニッパ林などで構成されている。熱帯多雨林の魅力は、森林の立体構造に支えられた生物の多様性である。ボルネオ島は複雑な生態系を持ち、哺乳類は228種が報告されている。7900種以上の植物、600種の鳥類、200種の爬虫類および多種多様な昆虫類等が生息している。

一方、豊かな生態系を支える森林も伐採や荒廃が進んでいるのが現状であり、象などの希少動物への影響もみられる。このような状況に対して、自然保護のための州立公園や野生生物保存区およびサ



ンクチュアリ、自然保護地域の設定やオランウータンリハビリセンターの活動などの取り組みが行われており、自然環境や野生動物の保護のあり方を学ぶこともできる地域である。

(2)連携先・研修場所

連携している国立サバ大学は、1994年にマレーシア国立大学として分離独立した2番目の国立大学。ボルネオ島のクタキナバルにメインキャンパスがあり、理工学部・経済学部・社会科学部の3学部と熱帯生物保全研究所・海洋生物研究所など4つの研究所からなる。大学構内はとても広く、水族館も併設。研修では、熱帯生物保全研究所マリアッティ・モハマド博士を中心にした大学の先生方に全日程を指導および同行していただいた。大学での講義では、マレー語についての紹介、サバ大学の取り組みの紹介、多様な生物についての説明などがあり、異なる自然環境や文化について学ぶことができた。また、一方的に受講するだけでなく、本校のSSH活動で取り組んでいる課題研究の内容を英語でプレゼンテーションし、質疑応答を行った。

主な研修場所は、州立公園であるキナバル公園、トゥンクアブドルラーマン公園やカビリ・セピロク保存林、キナバタンガン下流生物サンクチュアリなど。また、森林復元実習を体験し、環境保護についても考える機会を設定した。

(3)研修の目標

- 熱帯の「種の多様性」についての体験学習
- 国外の大学での研究・講義の体験
- SSHの課題研究発表をきっかけにした国際交流の促進
- 科学英語の実践

(4)年間スケジュール

- 4月 生徒に企画を紹介（対象は文理コース・生命科学コースの1・2年生）
- 5月 参加者を公募（15名程度）
- 8月～ 蒜山研修（野外実習）の調査結果を整理
- 9月～3月 ボルネオに関する事前学習、科学英語の受講、英語によるプレゼンテーションの準備

(5)研修日程

日	月日(曜)	地 名	現地時刻	交通機関	研修内容 (宿泊地)
1	2008年 3月25日 (火)	岡山 駅 発 新大阪 駅 着 新大阪 駅 発 関西空港 駅 着 関西空港 発 コタキナバル 着	06:42 07:28 07:48 08:54 11:10 15:40	のぞみ 60 はるか 7 MH51 専用車	JRにて関西空港へ 空路、コタキナバルへ 着後、サバ大学へ (Stay at the University)
2	3月26日 (水)	コタキナバル	終日		(Half day) Orientation/Ice breaking session Visit to BORNEENSIS and ITBC Facilities (Stay at the University)
3	3月27日 (木)	コタキナバル	終日		Lectures (6hours) -Biodiversity and Conservation Issues ・ Plant diversity-Dr.Idris;Dr.Monica ・ Animal diversity-Dr.Henry/Kelvin ・ Insect diversity-Dr.Homa/Dr.Nazira ・ Traditional knowledge and medicinal plants-Datin Maryati ・ Natural Products-Dr.Charles ・ Nature tourism and oil palm plantation/ industry -Robert/Zul (Stay at the University)
4	3月28日 (金)	コタキナバル	終日		Visit to MRSM and Klias Peatswamp Forest (Proboscis monkeys and fireflies) (Stay at the University)
5	3月29日 (土)	コタキナバル	終日	専用車	Visit to Mt.Kinabalu (Stay at the University)
6	3月30日 (日)	コタキナバル	終日	専用車	Visit to Tunku Abd Rahman Park (islands) (Stay at the University)
7	3月31日 (月)	コタキナバル 発 サンダカン 着 スカウ	07:30 08:10	MH2042	Visit to Sandakan (Sepilok Orangutan Centre) (SUKAU RAINFORESTLOGE)
8	4月1日 (火)	サンダカン 発 クアラルンプール 着 クアラルンプール 発	14:15 18:10 23:55	MH2709 MH52	Free time
9	4月2日 (水)	関西空港 着 関西空港 駅 発 新大阪 駅 着 新大阪 駅 発 岡山 駅 着	07:00 08:46 09:38 09:51 10:37	はるか 8 のぞみ 7	空路、帰国の途へ JRにて岡山へ

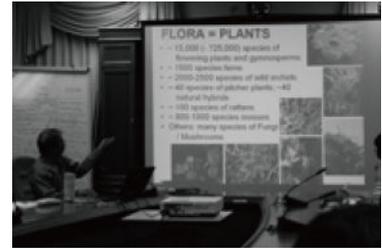
(6)活動の様子



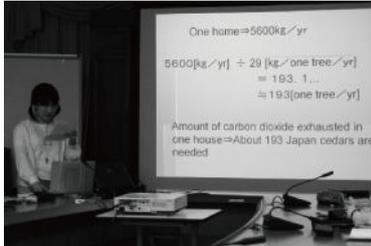
大学構内の見学



現地の高校生との交流



サバ大学の先生による講義



課題研究の紹介



キャノピーウォーク



リバークルーズで自然観察



森林復元実習



森林内を散策中

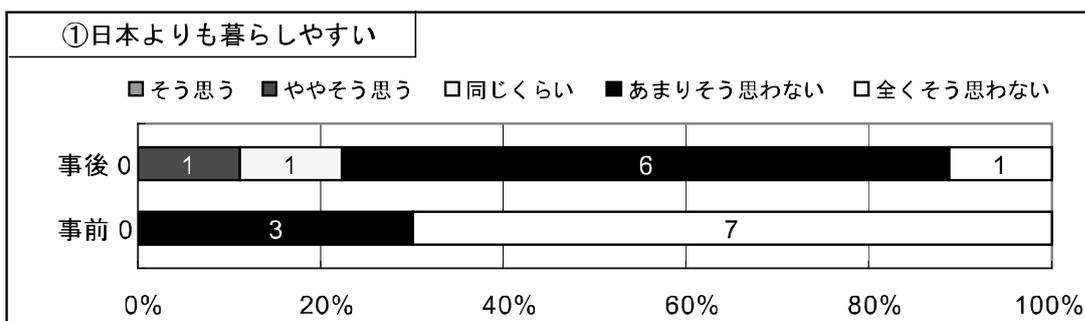


オランウータン

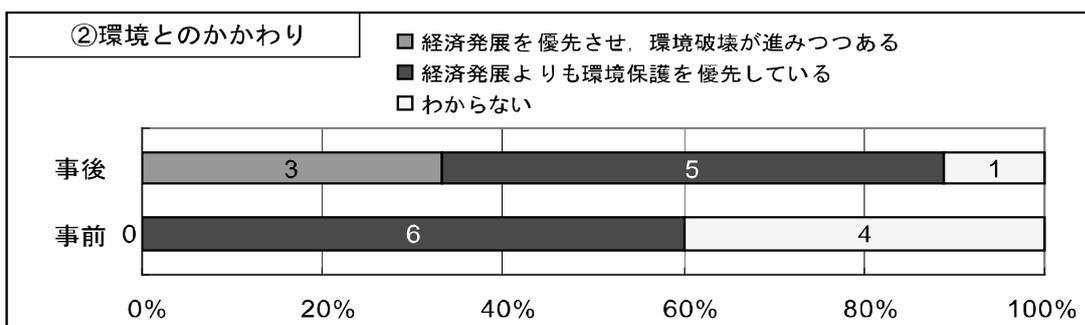
検証・評価

1. アンケート結果

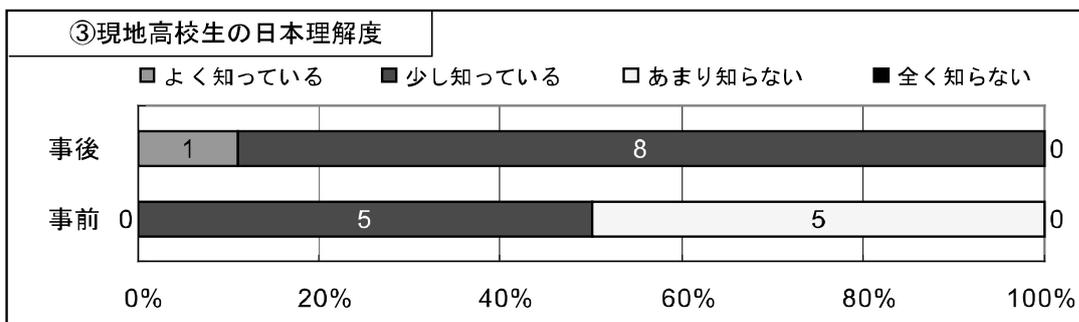
(1)海外研修参加者の事前と事後の意識変化



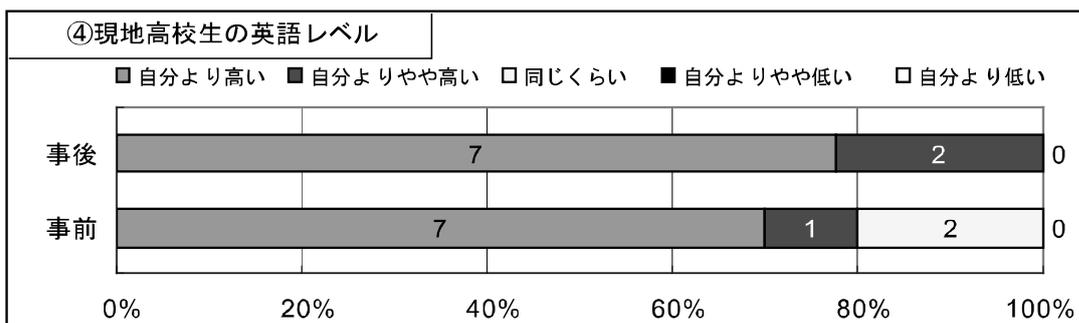
※ 事前の「日本よりも暮らしにくい」という予想が「やや暮らしにくい」に和らいでいる。



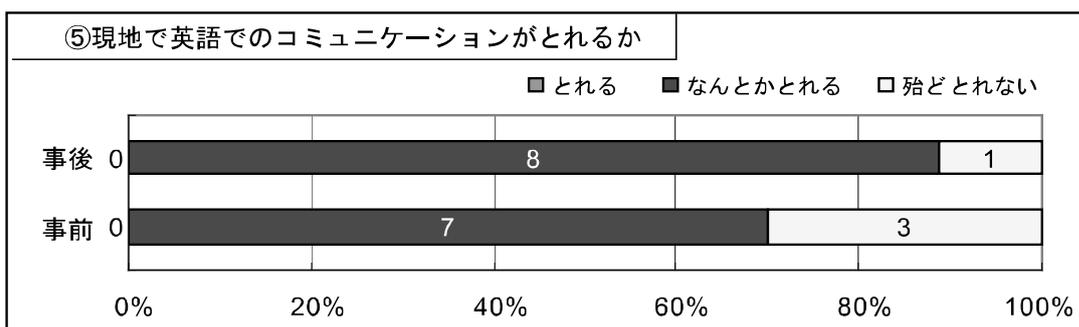
※ ボルネオでは環境保護重視と考えている生徒が多いが、経済発展を優先している部分を感じている生徒もいた。



※ 現地の高校生が、日本のことを少しは知っていたことを全員が感じている。



※ 現地高校生の英語のレベルは予想通り高いと感じている。研修参加者は帰国後、英語の学習意欲がぐっと伸びてくる。



※ ほとんどの生徒は、なんとか英語でコミュニケーションをとれるようになっている。

(2)ボルネオ研修についての満足度（5段階評価：高い方が5）

I 活動全般について

- ① ボルネオ研修旅行についての全体的な満足度
- ② 英語によるコミュニケーション力の向上
- ③ マレーシア文化に対する理解の向上
- ④ 自然環境に対する知的理解の向上
- ⑤ 熱帯の自然とのふれあい

	平均値
①	4.6
②	3.8
③	4.6
④	4.6
⑤	4.7

II 個別の活動について

- ① サバ大学での講義
- ② 現地の高校生との交流
- ③ マングローブ林観察と植林体験
- ④ キナバル山での活動...展示館・ラフレシア・吊り橋等
- ⑤ 島での活動
- ⑥ 川辺の生き物観察(テングザルなど)
- ⑦ 洞窟の探索

	知識の充実	感動
①	4.5	4.3
②	4.6	4.6
③	4.7	4.7
④	4.8	4.8
⑤	4.6	4.9
⑥	4.8	4.9
⑦	3.8	3.8

(3)研究内容の英語でのプレゼンテーションについて

I 1年生の発表について

	かなり良い	まあ良い	もう少し
① 全体的な評価	2	8	2
② 相手に分かりやすい	1	5	6

II 2年生の発表について

	かなり良い	まあ良い	もう少し
① 全体的な評価	10	1	0
② 相手に分かりやすい	7	4	0

(4)卒業後でもボルネオ研修旅行に参加したいか。

ア はい 7 イ いいえ 0 ウ わからない 5

(5)研修を振り返っての感想を書いて下さい。

I 生徒の感想

- ・ 講義や会話が昨年よりかなり理解できるようになっていて、自分で驚きました。2度目の私たちは昨年との違い（研修自体やマレーシアの環境）について分かりますが、初めてだった人にはどのように見えたかが気になります。忙しい時期でしたが、行っていなかったら絶対後悔していると思います。
- ・ ボルネオと日本の文化や環境の違いを体感することができました。初めに講義でボルネオの自然や伝統のことを分かりやすく説明していただいたので、実際に野外に出た時にかなり活動しやすかったです。最も印象に残ったのは、島での活動でした。自由時間が長かったので、十分に自然に触れることができました。また、英語でコミュニケーションをとる難しさと同時に楽しさも学ぶことができました。
- ・ 最初、「本当に9日間やっていけるのだろうか」と不安に思っていました。食事や口に合い、二度とできない体験をすることができ、いつの間にか不安が楽しみに変わっていました。特に、楽しかったのは現地の高校生との交流でした。自分の話す英語が相手に伝わった時、とても嬉しく、どんどん打ち解けていきました。日本と全く違う環境での9日間は大変充実して良かったと思います。

II 保護者の感想

問 今回の研修に参加させてよかったと思われませんか。

- ・ 本人の満足している姿、話を聞いて、良かったと思います。サバ大学の方々にとっては、受け入れに大変なご苦労・ご心労をおかけし、お世話になりました。心から感謝致しており、今後もこれが続いていけば素晴らしいと思いました。ぜひ、先方の方々に感謝の意をお伝え下さい。
- ・ 予想以上に満足のいく研修だったと思いました。娘は文理コースですが、参加の機会を与えて下さった事に感謝しています。
- ・ サバ大学にこのまま留学する道があれば、と思いました。清心ではアメリカへの留学がありますが、語学での留学が主となります。環境保護等、新たな学問でアジアの人々と交流する研修・留学になればと思いました。
- ・ 大自然に直面して感動の連続だったようです。文化や生活環境の違いにも、不満の声もなく、むしろ楽しんで順応していったようです。また、サバ大学と連携したこのようなプログラムが実現できた清心女子高校は素晴らしいと思いました。
- ・ SSH校ならではの研修旅行で、普通の観光旅行では行くことのできない場所に行き、雄大な自

然を肌でいっぱい感じて帰ってきました。この夏からの留学に対しても、今回の旅行後のほうがより前向きに考えるようになったことを嬉しく思っています。

- ・ ボルネオ島という貴重な自然環境で過ごした9日間は大変有意義でした。特に帰国してからの自然に対する見方が大きく変わったようです。身近な植物や昆虫、鳥や花の話をよくしてくれます。また、TVの情報番組や雑誌の記事など、生態系に関する事柄に興味が出てきました。英会話も上達しました。

2. 総評

2回目となったボルネオ海外研修の参加生徒の満足度は、今回もかなり高い。環境学習と国際理解をテーマとした研修であるが、「自然環境に対する知的理解の向上」や「マレーシア文化に対する理解の向上」には顕著な効果がみられる。また、熱帯の自然を体感することが、生徒にとって生態系や自然環境に関心を持ち、帰国後も環境問題に対する学習意欲を高めることにつながっている。

初めて参加した生徒は、熱帯の自然に感動し、ボルネオでは自然環境の保護が重視されていると感じているが、2度目の参加となった生徒は、昨年と比較することによって、経済発展を優先させ、環境破壊が進みつつあるボルネオの現状を認識することができたようである。

ボルネオ研修におけるもう一つの目標である「英語によるコミュニケーション力の向上」「科学英語の実践」については、一定の成果がみられるが、まだ不十分であると感じている生徒が比較的多い。研究内容の英語でのプレゼンテーションについては、1年目の生徒よりも2年目の生徒の方が明らかに向上しており、経験の積み重ねがレベルアップにつながっていくと言える。同年代の現地の高校生との交流は、英語力の高さ、日本への関心などの点で本校の生徒に大きな刺激を与えており、英語力の必要性をより強く感じ、英語学習に対する意欲の向上につながっている。2度目の研修参加者は、前回よりも講義や会話の理解力が向上していることを実感しており、英語学習の成果を認識することができている。また、アジアの人たちが英語を活用している場面を体験することにより、発音の違いなどアジアの人々と英語でコミュニケーションをとるために必要な事を感じることができたようである。

3. 今後の展望

本校のボルネオ海外研修の取り組みは、国連大学『RCE Bulletin』2007年9月号に写真付きで掲載され、世界に紹介されている。岡山地域は2005年6月に国連大学からRCE(Regional Centre of Expertise on Education for Sustainable Development「持続可能な開発のための教育に関する地域の拠点」)に認定され、「RCE 岡山」の推進母体として「岡山ESDプロジェクト」が活動している。本校の生物部は2007年6月から「岡山ESDプロジェクト」重点取組組織に指定されている。今後は、ESDとの連携も図りながら、ボルネオに関する環境学習を進めていきたい。

また、課題研究の英語によるプレゼンテーションの準備や科学英語の基礎力養成をめざした取り組みを、「実践英語」などの学校設定科目や英語科と連携を図りながら、より効果的に行うことができるように検討していきたい。

3-1-1 女性研究者の講演・講義

目的

理工学系には女子学生の方が男子学生よりも少ないが、徐々に増えつつある。しかし、そのような情報よりも、実際に研究をする女子学生を見る方が説得力がある。年齢の近い現役の女子大学院生および女子大学生が、女子高校生の理科の実験・実習を指導することで女性研究者のロールモデルを提示し、生徒の理系進出を促す。また、普段の授業と異なり、年齢の近い同性の学生が指導することで生徒たちは質問もしやすくなることから、実験に対してより積極的に取り組む姿勢を養う。さらに、社会の一線で活躍する女性研究者の経験に富んだ講義・講演を聴き、専門分野の興味・関心を深めるとともに、もう一段階先のロールモデルを提示し、生徒自らの主体的な進路選択を促し、女性として生きていく自信を持たせる。

①女子学生による実験指導

3年間の流れ

1年目は岡山理科大学の「女子中高生理系進路選択支援事業」の一環として実施したが、2年目、3年目は本校SSH事業の一環として岡山理科大学との連携を継続することとなった。実施学年と科目は次の通りである。

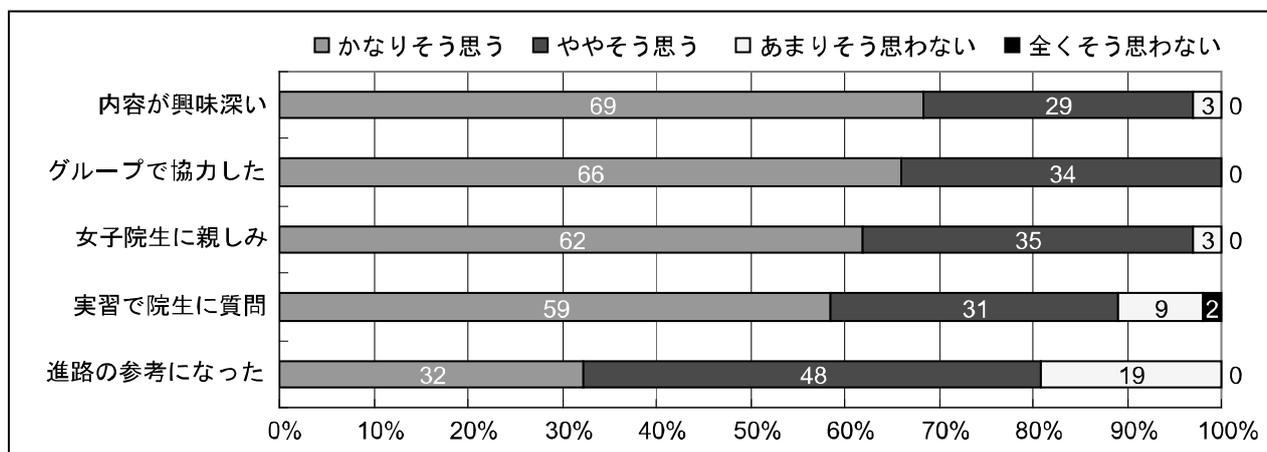
平成18年度...	1年生生物2回	2年生	生物2回、化学2回
平成19年度...	1年生生物2回	2年生	生物2回、化学2回
平成20年度...	1年生生物1回	2年生	生物2回、化学1回

今年度は昨年度までの生徒の反応などを考慮して、1年生は生物分野の実習を1回に、2年生は生物分野の実習2回と化学分野の実習を1回に精選した。実施時期、学習内容は以下の通りである。

実施日	対象	分野	実習内容
11月17日	1年生	生物	酵素のはたらき
	2年生	化学	鉄イオンの性質
11月18日	2年生	生物	ブタの眼の解剖による、眼の構造の理解
12月2日	2年生	生物	動物の骨格の比較

生徒の反応

【アンケート結果】



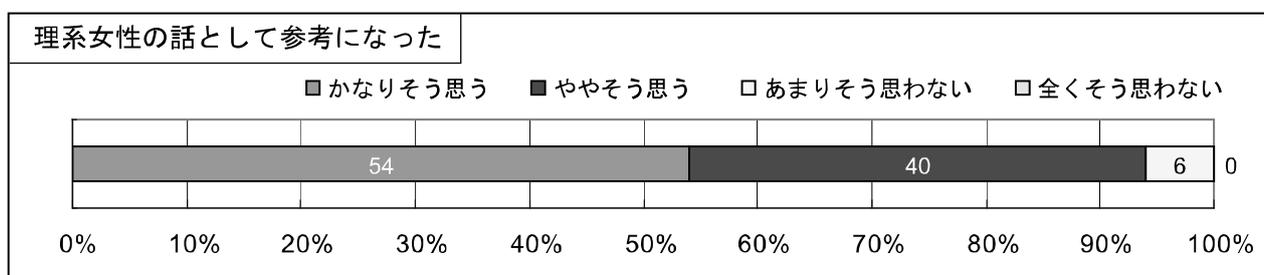
【感想】

- ・ビデオ高校講座で見たけれど、やはり見るのとやるのとは違うと思いました。院生の方もある程度威厳を持って、フレンドリーに教えてくれて、とても分かりやすかったです。
- ・院生の方がすごくフレンドリーで、私たちの問いに詳しく答えてくれました。脈絡膜が解剖後くっついていなくて、結合が弱かったんじゃないか、と答えていただいたのが、非常に興味深かった。

グラフは4回分をまとめたものであるが、どれも生徒にとっては興味深い実習であり、皆で協力し合って進めていることがわかる。女子院生への親しみをほぼ全員が感じており、59%の生徒が積極的に質問し、90%の生徒は何らかの質問をしている。「指導している女性を見ることは進路の参考になったか」という問いに対しては、程度の差はあるが80%の生徒が参考になったと回答している。

②講座「生命」での女性研究者の講義

前述の講座「生命」では多くの女性を講師として、生徒にロールモデルとして提示する意味も持たせている。その効果を検証するため、アンケートに「理系女性の話として将来の参考になった」という項目を追加した。生命後期の女性講師4回分の結果は以下の通りである。



また、「生命」最後の授業で調査した年間の満足度・達成度の調査でも、「女性のロールモデルとして参考になった」は5段階評価で平均4.6を示していた。

③女性研究者の講演

3年間の流れ

1年目は、本校SSH事業中間報告会と岡山理科大学の「女子中高生理系進路選択支援事業」の一環として開催された講演会にそれぞれ女性科学者が講師として招かれ、それにSSH生徒と希望する非SSH生徒が参加した。

2年目は、1年目の活動をほぼ継承し、2回の講演会にSSH生徒と希望する非SSH生徒が参加した。

今年度は3年目として本校を会場としたSSH研究成果発表会において、全校生徒700名あまり（中1～高3）及び保護者、一般参加者を対象に講演を実施した。

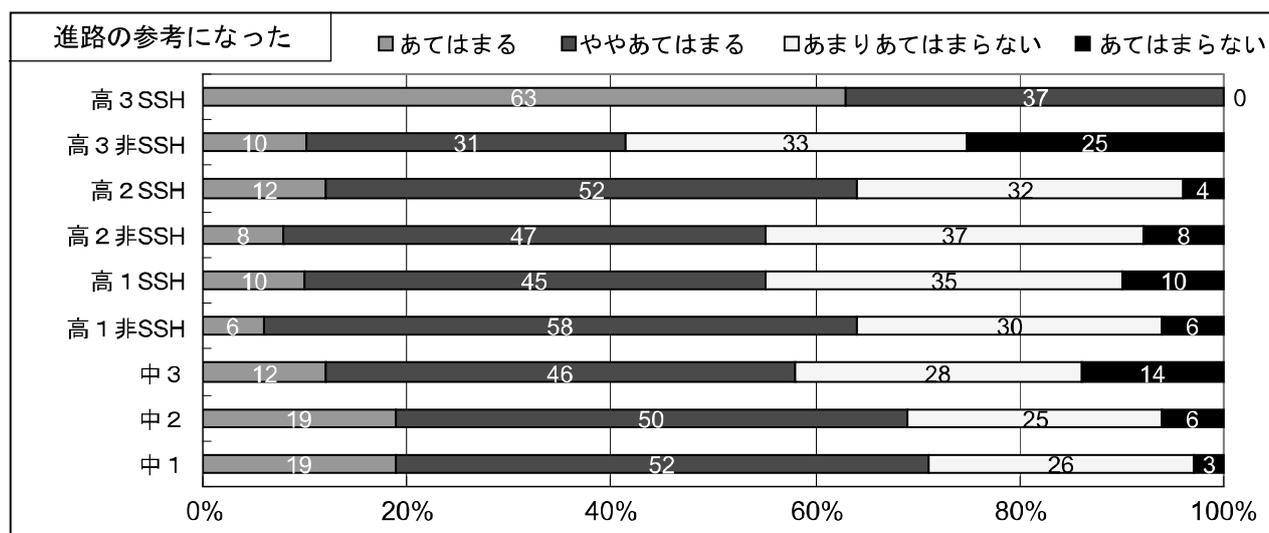
実施日時：平成20年11月1日（土）講演会 11:30～12:30

講演者：治部眞里先生（科学技術振興機構経営企画部兼長期ビジョン特命事項推進タスクフォース主査）

演題：「理系にいこう」

生徒の反応

【アンケート結果】



講演の内容が、大学時代後半まで文系の道を歩みながら、ある書物との出会いから理系に進路転換した話だけに、高校3年生を除けば文系・理系のコースによる影響の違いはあまり見られない。講演で「自分から動いていくこと」、動いたら「じっと待つこと」、「人のつながりの大切さ」などが強調され、研究者としての大切な心構えが示されたあたりが、高3のSSHクラスに影響していると思われる。また、文系理系の両方についてこれから考えていく中学生の、特に低学年ほど進路の参考になったようである。

検証・評価

①～③の事業はそのまま、講師との接触の密着度の順番でもある。アンケート結果からもわかるように、①では80%以上の生徒へ、②については90%以上の生徒に効果を残しており十分な成果があげられたといえる。③については生徒の年齢層が幅広いため、強い効果と言うよりも、啓発活動（タネまき）の意味も含めて中学1、2年生まで影響を与えたことは評価してよい。

3-12 研究授業

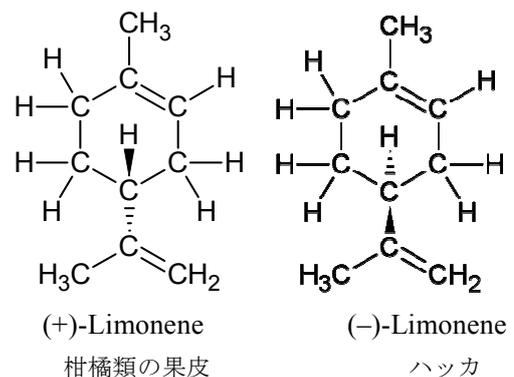
●化学研究授業「光学異性体と旋光度測定」(生命科学コース第2学年:担当教諭 坂部高平)

取り扱い単元・内容

化学Iの「有機化合物」の単元において、ヒドロキシ酸である乳酸と α -アミノ酸を例に不斉炭素原子および光学異性体が紹介されている。しかし、光学異性体は最も理解の難しい異性体であり、模型を用いれば何とかその構造的な違いが把握できるかもしれないが、性質の違いは理解しにくいために教科書ではあまり取り上げられていない。そこで、光学異性体の性質の違い、特に「旋光性」の確認を中心に扱うこととした。

光学異性体の教材としての取り上げ手法

高校の教育課程における光学異性体の取り上げられ方は、不斉炭素原子による立体的な構造の違いのみに着目したものである。これは模型などで確認することになるのだが、性質の違いについてはほとんど触れられないようになっている。しかし、構造の違いはその物質で直接確認できるものではなく、実際に目で確認できないために理解しがたいと感じる生徒がどうしても現れる。そこで、せめて他の項目と同様に可視化できる(目で確認できる)性質を結びつけた方が、理解の助けになるのではないかと考え、「旋光性」を取り上げようと考えた。さらに、もっと直感的にわかりやすい「におい」も認識できれば、生体触媒である酵素の基質特異性につながる体験もできることになる。よって、「旋光」「におい」の判別可能な物質で、なおかつ、比較的身近で害のない物質ということを勘案し、扱う光学活性物質としてリモネン(Limonene)を用いた。リモネンは右旋性の(+)-Limoneneと左旋性の(-)-Limonene(右図)があり、+体(D体)はレモンなどの柑橘類全般の果皮に含まれており、-体(L体)はハッカに含まれているので、安全性において問題はない。においとしても特殊なものではないことから、確認が容易である。



においの確認には特に道具は必要ないが、旋光度の測定には器具が必要になる。市販機器である旋光計を用いれば確実に測定できるが、それでは旋光性がどのようなものかということが分かりにくい。その理解を助けるために偏光板を単体で見せるのも一つの方法である。そこで、その偏光板を使って実際に簡易の旋光計を組み立てることを考えた。本校は女子のみであることから、中学校で技術の授業があるとはいうものの工作体験は比較的少ないのが現状である。本来であればかなり高価な機器を、簡易とはいえ安価に自分たちの手で組み立てて使用することで「ものをつくる喜び」も感じさせることができるはずであり、このような体験は「ものづくりの力」が重要視される時代に必要とされるものであろう。

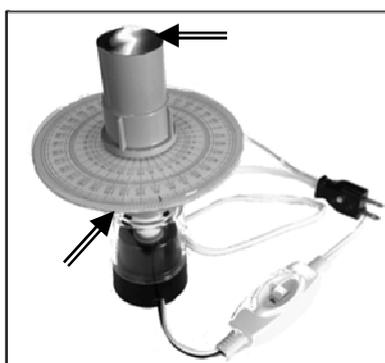
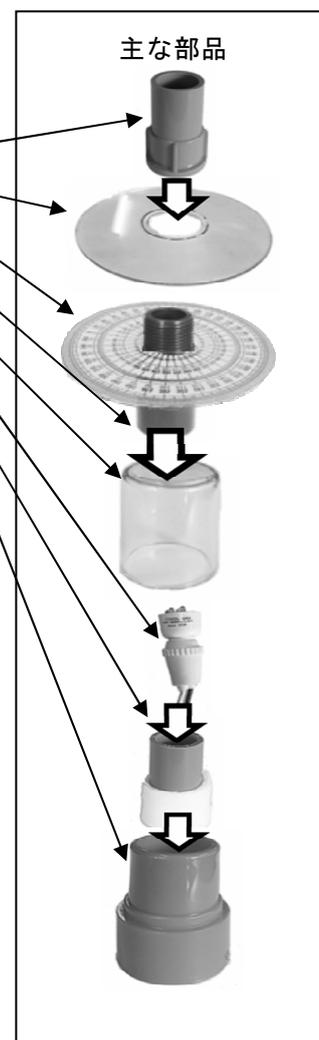
実験の準備

今回用いる光学活性物質であるリモネンは2種類の光学活性体それぞれが比較的安価に販売されている(25 mLで2,000~3,000円程度)ため、手に入れることは容易である。

問題は自作の簡易旋光計の材料に何をを用いるか、である。市販の簡易旋光計でも10,000円では手に入らない。安価に自分たちでもつくることができるという気持ちをもつことができることをめざし、2,000円程度の材料費での調達を目標に材料探しを進めた。できるだけ下準備が少なく済むように、組み合わせるだけでほとんどできあがることを理想とした。材料はホームセンターと100円ショップで手に入るものを準備した。各部品が本来、何として売られていてどのような下準備をしておいたのかというのは次の表の通りである。

材料探しに一番時間を要する。この探し方の問題点は100円ショップで買いそろえた材料は、同じものが在庫切れの時点で再入荷しない可能性が高いことである。実際に、この材料をそろえるためにほとんど買い占めた品は、予備部品の調達を考えて数日後に同じ店に見に行ってもなくなったままで別の品が陳列されていた。100円ショップで教材を買い揃えようという場合、その形状を要する場合には、再入荷を期待せずに購入する必要がある。

部品名	本来の品名や加工状態
偏光シート	プラスチック製偏光シートを切断したもの
角度測定器上部筒	塩ビ管接続用雌ねじ付きソケット (塩ビ)
角度測定器目盛板	廃棄 CD-R の印刷面を取り除いて穴を広げたもの
全円分度器用台紙	廃ボール紙を円形にくり抜いたもの
角度測定器下部筒	塩ビ管接続用雄ねじ付きソケット (塩ビ)
光源装置ケースフタ	フタ付き爪楊枝入れのフタ
光源	発光ダイオード常夜灯 (緑) のカバーを外したもの
円筒ソケット	塩ビ管を切断したもの
光源装置ケース本体	フタ付き爪楊枝入れの底に穴を開けたもの
試料ケース	フタ付き平底試験管



左の写真が完成品である。上部筒と光源ケースのフタに偏光シートを貼り付けている (図中の矢印部分)。

通常の電球を用いるよりはナトリウム灯のように単波長に近い光で測定できると考えて発光ダイオード常夜灯を光源に用いた。その発光色は白、青、緑、黄、赤の五色のものが手に入ったが、最も視認性がよいと判断した緑色を用いることにした。ただし、白は複数の波長の光が混合されたもののようなので最初から除外した。

ただし、白は複数の波長の光が混合されたもののようなので最初から除外した。

試料ケースである平底試験管は角度測定器下部筒にちょうど嵌め込むことができるサイズのものを使用し、そこへ嵌め込んで測定する。フタ付きなので、調製した試料溶液をすぐに破棄せずに運搬、保管することが容易である。つまり、グループ間で試料溶液を交換して測定できるので、さまざまな条件の試料をグループ間で手分けして調製することで次々と効率的に測定することができ、時間短縮につながる。

授業実践

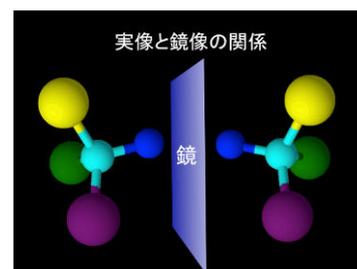
授業は次の手順で2校時分 (①～③45分間+④～⑥45分間=90分間) の時間で実施した。

①光学異性体の特徴の説明

光学異性体の構造的な特徴をコンピュータのプレゼンテーションソフト(Microsoft PowerPoint)を用いて液晶プロジェクターでスクリーンに投影して視覚的にできるだけわかりやすいように説明をした (右図はそのうちの1枚)。ただ、いくら画像を用いても、どうしてもその違いが生徒にはわかりにくいようであった。

次に光学異性体のもつ特徴として旋光性を紹介し、偏光や旋光についても画像を用いてできるだけわかりやすいように説明をした。

そのあと、この時間には、まず簡易の旋光計を自作し、それをつかって光学異性体の旋光性を確認することを伝えた。



②簡易旋光計の組み立て上の注意事項の説明

簡易旋光計の組み立てをする際に注意して欲しいことを伝えた。手順については実験プリントに記述してあるので、そちらをよく見るのが基本である。普段の授業で実験をおこなう際と同じようにプリントを作成してあるので、手順を一つ一つ確認するといったことは省略した。このとき、完成品を見せた。このことで具体的な組み立てが頭の中にイメージしやすだけでなく、完成への期待感も高められると考えた。

③簡易旋光計の組み立て

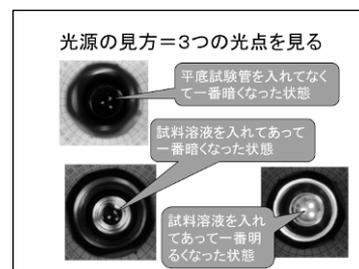
生徒自身がグループごとに旋光計を組み立てていった。このとき、完成品を自由に見られるように教卓に置いておき、よく分からない場合は見て確認するように声を掛けておいた。これによってプリントだけではわかりにくいこともよくわかり、組み立て間違いは減るはずである。実際に、何人かの生徒は積極的に完成品を見に行っていた。それでも組み立て間違いをする生徒は存在するので、組み立て中は常に机間指導をして組み立て間違いがないように注意した。これは、部品の接着を簡易におこなうために両面テープを使用したため、一度貼り付けると、再度組み立てるために両面テープを準備する必要があるからである。ただし、接着剤を使用する場合に比べれば、やり直しが容易であることもこの方法の長所である。また、特にわかりにくそうな組み立て部分はあらかじめ写真を準備しておき、スクリーンに映して見せることで、すべてのグループにその場で説明する場面を減らすことができた。

生徒は、ドライバーでねじを締めるなどして部品を組み立てていく作業に一生懸命取り組んでいた。やはり、そのような機会は少ないのであろうが、今回は中学校の技術の授業の実習のように誰でもが作ったことのあるようなものではないということもあり、思ったよりも熱心に、楽しんで作業していた。もちろんそれがねらいの一つではあったが、させてみて良かったと感じた。



④リモネンの旋光度測定について説明

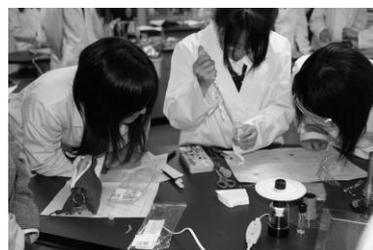
リモネンの旋光度測定をするにあたり、+体と-体の混合による旋光度の変化も測定するために、混合比が(+) : (-) = 0 : 1、1 : 3、1 : 1、3 : 1、1 : 0、そして溶媒であるエタノールのみを空白を加えて計6種類の試料溶液を各グループ1つずつ選んで調製させた。まずは割り振りを生徒の希望を訊きながらおこなった。(このとき、実験グループが6つであることを念頭に試料の種類を設定してある。)そして、測定する際にどのように見えるのかということや、目盛りの読み方をスクリーンに映し出して測定方法を説明した(右図はそのうちの1枚)。



⑤旋光度の測定

各グループで試料溶液を調製し、交換しながら6種類の測定をおこない、プリントへ記入させた。リモネンは比重もほぼ同じ(+体 0.84、-体 0.85)なので、調製を手早くして測定時間を多く確保するためにメートルグラスを用いて体積によって量り取らせた。ただし、エタノールによる希釈は、測定距離が同じになるように液面の高さ(5.0 cm)を基準にした。

試料調製時には、においの違いも確認するように指示をしておくと、これが何のにおいなのかを生徒同士でいろいろと相談しながら考えていた。+体は比較的早く答えに辿り着いていたが、-体の場合はハッカにあまり親しんでいないらしく、分からない生徒も多かった。



試料濃度を高めに設定してあり、旋光度の確認は、分かりやすいように最も暗く見える点でおこなうようにしたので、どのグループも偏光面の回転が目で確認できていた。あらかじめ説明はしている、何も入れないときに比べて明らかに偏光板の角度が変わっていることは新鮮に感じていたようである。

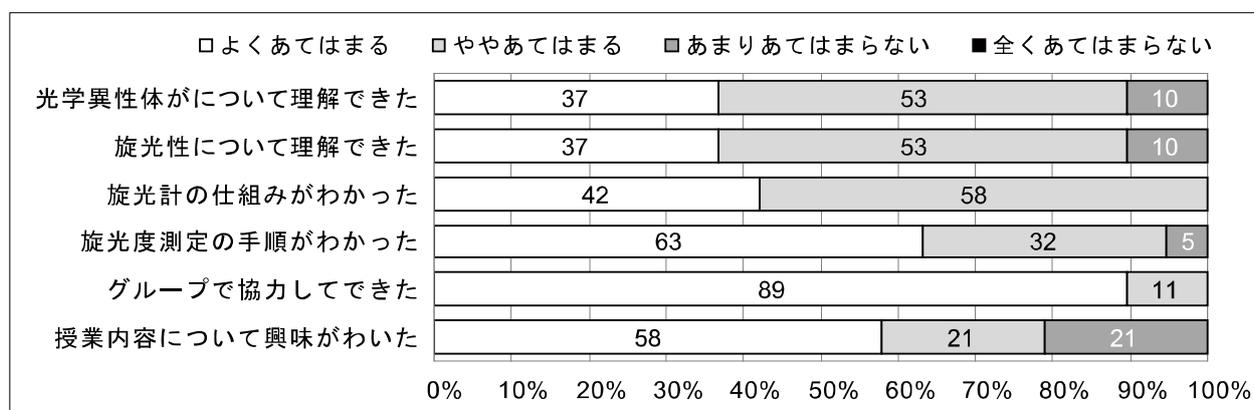


⑥分子構造の確認

実験時間に余裕があるグループは、リモネンの分子模型を組み立ててみるように促した。実際に組み立ててみた生徒は、たった一カ所の不斉炭素による小さな構造の違いを目で見て確認できたようであった。ただ、時間的に余裕のなかったグループが多く、残念ながら分子模型の組み立てまでは至らなかった生徒が多くなってしまった。その生徒たちには、授業時間外に組み立てて確認してみるようにと指示した。

検証・評価

授業を受けた生徒の事後アンケート結果は次のようなものであった。



やはり、内容的には難しいと感じている生徒が多いように感じた。自由記述部分に書かれている内容を見ても、「内容が難しかった」とはっきりと書いていた生徒は3割強であった。ただし、「実験が楽しかった、面白かった」とはっきり書いている生徒はほぼ4割で、これだけの生徒が自由記述で書いているということはかなり楽しいと感じたのではないかと推察する。また、その中でも特に「器具を作るのが楽しかった」と書いていた生徒が半数弱いたので、つくることの楽しさ、面白さを感じてもらいたいという目的はある程度達成できたのではないかと考える。もちろん、授業中の様子を見てもそれは感じたことである。

化学で扱う内容は、実際の原子や分子の変化を視覚で確認することができないものがほとんどである。そのため、その変化を間接的に確認できる現象によって化学変化を認識しているわけであるが、その認識の仕方を身につけるのが実験の目的の一つであろう。構造が見えないから、何らかの手を加えることによって色やにおいなどの変化を読み取り、構造の変化を推察することが化学、特に有機化学の初歩的手法として重要である。今回扱った光学異性体は、高校の有機化学分野の中では、最も性質的な理解が難しい項目といえるので、それを目で見て確認できる実験は、生徒が内容を理解する上で大きな助けになったと考える。また、一見複雑であろうと想像する計測機器である旋光計を生徒自身が組み立てて使ったことは、その計測対象の性質の理解につながるのと同時に、「ものづくり」ということに対する楽しさ、興味深さを体験する上で、役に立ったのではないだろうか。

今回組み立てた簡易旋光計は、旋光度測定の実験をする際にまた利用できる。ただし、組み立てる喜びを感じさせることはできないかもしれない。それでも、非常に簡単な装置であることと、身近な材料も使った手作りに近いものであることは見ればわかるはずである。生徒が組み立ててくれた装置なので、来年度からうまく活用していきたい。

化学Ⅰ 学習指導案

ノートルダム清心学園 清心女子高等学校 生命科学コース 2年E組
平成20年10月31日(金) 第6～7校時(13:55～15:35)

単元	有機化合物の特徴と構造 (高等学校 改訂 化学Ⅰ 第一学習社)
目標	<p>○有機化合物が日常生活の中で数多く利用されていることに気付くことができる。</p> <p>○有機化合物と無機物質の相違点を明確に説明でき、有機化合物の特徴および炭素原子の結合様式に基づき分類と性質との関連を理解する。</p> <p>○異性体がどのようなものであるかを理解し、一つの分子式から可能性のある構造式をすべて書き出すことができる。</p> <p>○官能基によって有機化合物の性質が特徴づけられることを理解し、炭化水素基と官能基を組み合わせて表す示性式を書くことができる。</p> <p>○有機化合物を構成する元素の種類の確認方法を理解する。</p> <p>○炭素、水素、酸素からなる有機化合物について、構成元素の質量組成を求め、組成式を決定し、分子量から分子式を決定することができる。また、性質の違いから構造決定に至ることができる。</p>
指導	<p>第一次 特徴と結合様式による分類 …………… 1時間</p> <p>第二次 構造式と異性体 …………… 3時間 (第2～3時 本時)</p> <p>第三次 官能基による分類と分離精製法 …………… 1時間</p> <p>第四次 組成式・分子式の決定 …………… 1時間</p>
計画	<p>○有機化合物は日常生活の中で数多く利用されており、触れる機会も多い。しかし、それらに有機化合物であることはもとより、それらの性質を理解して利用しているというわけではないのが大勢である。そこで、有機化合物を学んでいく上で基本となる有機化合物の特徴と分類、精製や構成元素の確認の方法、および分子式の書き方や構成原子のつながり方を理解させることをねらいとする。</p>
指導上の立場	<p>○有機化合物というくくりでは、高等学校で初めて取り扱う内容であるが、中学校理科において、分野で有機物の定義についてふれている。また、高等学校でのこれまでの学習内容の中で、メタンやプロパンといった可燃性気体であるアルカンは燃焼についてふれており、酢酸も中和についてふれていて、いずれも分子式も登場している。身近な物質がどのような有機化合物なのかということを通じて、興味関心を喚起しつつ、その性質などを学習しておくことによって、より有効にそれらの物質を利用していくことができるという意識をもたせて学習に取り組みさせたい。</p>

本時案 (第二次の第2～3時)

本時の目標	<p>① 光学異性体のお互いの構造の違いと、旋光性とはどのようなものかを説明することができる。</p> <p>② 旋光計の基本的なしくみについて理解する。</p>	留意事項・評価基準
学習内容	<p>1. 光学異性体について知り、偏光という素材で偏光や旋光な起光計を自作して、その性質を調べることを知る。</p> <p>2. 旋光計の組み立て方について説明を聞く。</p> <p>3. 旋光計の組み立て作業をする。</p>	<p>○偏光シートという素材で偏光や旋光性について興味を引き出し、実験への意欲を持たせる。</p> <p>○完成品を見せることで、完成への期待感を煽り、作業への積極性を引き出す。</p> <p>○うまくいっていない班には適宜、助言・補助をする。 [関心・意欲・態度] ・作業への取り組み方 [実験の技能] ・組み立ての方法 ・工具の取り扱い</p>
指導過程	<p>1. 光学異性体について説明し、偏光と旋光性についても紹介する。</p> <p>2. 旋光計の組み立て手順の要点を説明する。 ① どのようなものが完成するのかを見せる。 ② 作業で注意すべき点を述べる。 3. 以下の注意点を見ながら、机間指導をする。 ① 組み立て手順を把握し、正しく組み立てているか。 ② 班員が協力して作業に取り組みているか。</p> <p>4. リモネンの旋光度測定について説明を聞く。</p> <p>5. リモネンの旋光度測定と分子模型の組み立てをする。</p> <p>6. リモネンのものについてと、旋光性について説明する。</p>	<p>○うまくいっていない班には適宜、助言・補助をする。 [関心・意欲・態度] ・実験への取り組み方 [実験の技能] ・容器の計り方 ・器具の扱い方</p> <p>○うまくいっていない班には適宜、助言・補助をする。 [関心・意欲・態度] ・実験への取り組み方 [実験の技能] ・容器の計り方 ・器具の扱い方</p>
展開	<p>1. 光学異性体について知り、偏光と旋光性について説明し、偏光と旋光性についても紹介する。</p> <p>2. 旋光計の組み立て手順の要点を説明する。 ① どのようなものが完成するのかを見せる。 ② 作業で注意すべき点を述べる。 3. 以下の注意点を見ながら、机間指導をする。 ① 組み立て手順を把握し、正しく組み立てているか。 ② 班員が協力して作業に取り組みているか。</p> <p>4. リモネンの旋光度測定について説明を聞く。</p> <p>5. リモネンの旋光度測定と分子模型の組み立てをする。</p> <p>6. リモネンのものについてと、旋光性について説明する。</p>	<p>○うまくいっていない班には適宜、助言・補助をする。 [関心・意欲・態度] ・実験への取り組み方 [実験の技能] ・容器の計り方 ・器具の扱い方</p> <p>○うまくいっていない班には適宜、助言・補助をする。 [関心・意欲・態度] ・実験への取り組み方 [実験の技能] ・容器の計り方 ・器具の扱い方</p>
まとめ	<p>1. 光学異性体のお互いの構造の違いと、旋光性とはどのようなものかを説明することができる。</p> <p>2. 旋光計の基本的なしくみについて理解する。</p>	<p>○うまくいっていない班には適宜、助言・補助をする。 [関心・意欲・態度] ・実験への取り組み方 [実験の技能] ・容器の計り方 ・器具の扱い方</p> <p>○うまくいっていない班には適宜、助言・補助をする。 [関心・意欲・態度] ・実験への取り組み方 [実験の技能] ・容器の計り方 ・器具の扱い方</p>
準備物	<p>① 光学異性体のお互いの構造の違いと、旋光性とはどのようなものかを説明することができる。</p> <p>② 旋光計の基本的なしくみについて理解する。</p>	<p>○うまくいっていない班には適宜、助言・補助をする。 [関心・意欲・態度] ・実験への取り組み方 [実験の技能] ・容器の計り方 ・器具の扱い方</p> <p>○うまくいっていない班には適宜、助言・補助をする。 [関心・意欲・態度] ・実験への取り組み方 [実験の技能] ・容器の計り方 ・器具の扱い方</p>

偏光シートを使って旋光計を作ってみよう

有機化合物は、構成している元素の種類は少ないのに、種類は大変多いのが特徴、ということでした。これは、たかさんの原子がほとんど結合して化合物をつくるときに、その並び方が多種多様であり、異性体が存在することに起因しています。今回は、その異性体の中でも判別の難しい光学異性体を旋光性で見分けるために使われる旋光計を作ってみましょう。もちろん、自分たちで作ったものを使って実験しますから、ていねいに作りましょう。—[資料集 p.155 参照](#)

【準備】 ドライバー (⊕ or ⊖)、はさみ、カッターナイフ、のり、ピンセット、油性マジック、偏光シート (大、小)、円形透明プラスチック板 (不用 CD-R の印刷面を取り除いて穴を広げたもの)、全部分度器を印刷した紙、円形ポル紙、下敷き用ポル紙、穴を開けたフタ付き爪楊枝入れ、塩ビ製おねじソケット (紺色)、塩ビ製おねじソケット (灰色)、塩ビ製円筒ソケット (灰色；一部切断したもの)、差し込みプラグ、端子付電気コード、中間スイッチ、電球ソケット、発光ダイオード常夜灯 (緑)、脱脂綿、10 mL フタ付き平底試験管

【注意事項】

1. ミスがないように確認しながら、協力して迅速に進める。
2. 予備はないので、部品を壊したり、紛失したりしないように気をつける。

【手順】

1. 電源コードと光源装置、角度測定器をそれぞれ手分け、協力して次の手順で組み立てる。

(ア) 電源コードの組み立て

差し込みプラグと中間スイッチの裏のネジを外してフタを開き、端子付電気コードの両端の端子を右図のようにそれぞれネジで留める。差し込みプラグはフタも閉じてネジを留める。

(イ) の光源装置を組み立てたら、電球ソケットの端子を中間スイッチにネジで留めて、中間スイッチのフタを閉じてネジを留める。光源が完成したら点灯テストしておく。

(ロ) 光源装置の組み立て

爪楊枝入れのフタを取り、右図のように円筒ソケットに脱脂綿を巻いたものを入れ、脱脂綿をピンセットで軽く押し込んで底まで入れる。そして、カバーを外した常夜灯を取り付けた電球ソケットを円筒ソケットに差し込み、底の穴にコードを通し、さらに側面の穴にコードを通す。このとき、コードはたるんだ部分がないようにする。(裏底にゼロハンテープで貼り付けて固定してもよい)

(ウ) 角度測定器の組み立て

おねじソケット (灰色) の太い (分厚い) 側についている片面テープの剥離紙をはがし、円形透明プラスチック板のカッターナイフで傷がつけてある面の中央に貼り付ける。(右図だと表面に傷がついている。)

はさみで全部分度器を印刷した紙から切り出し、カッターナイフで赤丸部分を切り抜く。(下敷き用ポル紙を敷いて切り抜くこと。) それを円形ポル紙にのりつけする。

分度器を貼り付けた円形ポル紙をおねじソケット (紺色) に差し込む。このとき、穴がきつめになっているので、ネジに沿って回しながら差し込む。

2. 偏光シートの大と小をそれぞれ光源装置のフタと角度測定器に次の手順で取り付ける。

(ア) 偏光シート (大) の取り付け

偏光シート (大) の両面についている保護シートをはがしておき、円形プラスチック板を付けたおねじソケット (灰色) のもう一方についている片面テープの剥離紙をはがして、そこへ偏光シートを貼り付ける。

(イ) 偏光シート (小) と角度測定器の取り付け

偏光シート (小) の片面についている保護シートと反対面の片面テープの剥離紙をはがし、光源装置 (爪楊枝入れ) のフタの中央に上から貼り付ける。

おねじソケット (紺色) についている片面テープの剥離紙をはがし、先ほどの偏光シートを覆すように貼り付ける。(穴からのぞくと偏光シートが中央に来るように。)

3. 光源装置にフタをのせ、おねじソケット (紺色) の筒の中に平底試験管を入れ、その上からおねじソケット (灰色) をねじ込む。

4. 円形透明プラスチック板の外側の端に、油性マジックで 1 cm ほどの細い目盛り線を下に見える目盛りに沿って 1 本引いて、完成!

【原理】

光は進行方向に対して垂直に、様々な方向に振動している波である。しかし、今回用いたような偏光シートに代表される偏光を通れるのは、特定の方向に振動している光だけである。この光を () という。

この光の振動面は偏光面という。2枚の偏光子を直角に回

転させて用いると1枚目の偏光子で生じた () は

2枚目の偏光子を通過できなくなってしまう。(右図→)

光学異性体というの

は、右図にあるよう

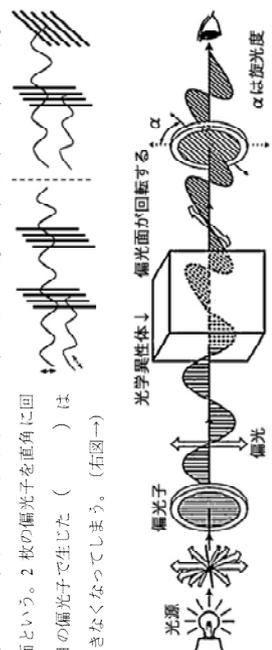
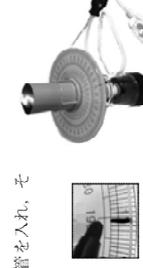
にこの偏光面を回転

させる性質を持って

いる。

この性質のことを () という。光学異性体というのは、これがお互いに正反対なので、光学異性体が 1 : 1 で混ざった場合は旋光しなくなってしまう。このようなものはラセミ体と呼ばれる。

旋光計とは、上図のように光学異性体が偏光面を回転させた角度 = () を測るための機器である。偏光面が右 (時計回り) に回転する性質は右旋性で D₊ または (+) が物質名の頭に付き、反対の左 (反時計回り) に回転する性質は左旋性で L₋ または (-) が物質名の頭に付く。では、使ってみることにしましょう。



光学異性体の構造と性質を確認しよう

有機化合物は、構成している元素の種類は少ないのに、種類は大変多いのが特徴、というのには前のプリントにも書きました。その異性体の中でも、光学異性体は沸点・融点などの性質にほとんど差がないものが多いので、簡単に見分けることが難しい異性体です。そこで、光学異性体の構造と性質の違いを、今回はミカンなどの柑橘類の皮にも含まれている成分であるリモネン(Limonene)という物質で確認してみます。

→資料集 p.155 参照

【準備】 自作旋光計セット、(+)-リモネン、(-)-リモネン、エタノール、10 mL メスリンダー、3 mL 駒込ビベット、油性マジック、ものさし(1 mm の目盛りがついたもの)、分子構造模型セット

【注意事項】

- 実験中は、安全めがねと白衣を必ず着用する。
- 薬品が手に付いた場合は、水で洗っておけば大丈夫。ただし、薬品が目や口などの粘膜部分に付着することがないように注意する。
- 駒込ビベットは、**使用する液体ごとに使い分けて**、それぞれが混ざらないように気をつける。
- 旋光計は縦長の装置なので、安定するように必ず**光源部の上半分(透明なフタ部分)を手で保持した状態**で観性する。

【手順】

- (+)-リモネンと(-)-リモネンにおいて、違いを確認する。→結果①へ記入
- 旋光計セットのフタ付き平底試験管に次の6種類の測定試料を準備する。(各瓶で分壇して準備)

準備する試料	(+)-リモネン	(-)-リモネン
エタノールのみ	0.0 mL	0.0 mL
(+):(-)=0:1	0.0 mL	4.0 mL
(+):(-)=1:3	1.0 mL	3.0 mL
(+):(-)=1:1	2.0 mL	2.0 mL
(+):(-)=3:1	3.0 mL	1.0 mL
(+):(-)=1:0	4.0 mL	0.0 mL

※ 左の割合でリモネンの光学異性体をメスリンダーに正確に入れ、それを平底試験管に全て移し、エタノールを深さ 5.0 cm になるように慎重に加えてフタをして混ぜておく。底の厚みが 1 mm ほどあるので注意。

- 準備した試料の入った平底試験管の前面に、試料の種類(上表の左端欄)を油性マジックで直接記入する。
- 光源部のスイッチが「切」になっていることを確認し、コンセントに電源プラグを接続する。
- 平底試験管を設置せずに光源のスイッチを入れ、角度測定部の上半分の筒を回転させて光源がほとんど見えなくなる角度を探す。→結果②へ記入



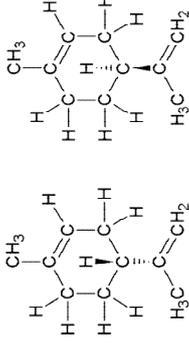
- 光源部のスイッチが「切」になっていることを確認し、旋光計の角度測定部の上半分(透明なフタ部分)をはずして、角度測定部本体にフタを取った平底試験管を静かに設置し、再び半分を取り付ける。
- 再び光源のスイッチを入れ、角度測定部の上半分の筒を回転させて光源がほとんど見えなくなる角度を探す。→結果③へ記入

【注意】必ず**複数の**測定者で角度を測定し、**平均の値**を結果とする。

- 光源部のスイッチが「切」になっていることを確認し、旋光計の角度測定部の上半分(透明なフタ部分)をはずして、平底試験管を取り出しフタをしておく。

9. 他の班から別の測定試料を借りてきて、手順 6. に戻って測定する。→結果③へ記入

- 分子構造模型セットを使って、図の構造式をもとに(+)-リモネン(左図)と(-)-リモネン(右図)の分子模型を組み立てて、構造の違いを立体的に確認する。



【注意】一人分では一つしか組み立てられません。

班の中に2種類の模型がそれぞれのように分壇すること。

【結果】

①	(+)-リモネン	(-)-リモネン	試料	角度目盛りの値	旋光度 (③-②)
②	何も入れないとき				
③	(+):(-)=0:1				
	(+):(-)=1:3				
	(+):(-)=1:1				
	(+):(-)=3:1				
	(+):(-)=1:0				
	エタノールのみ				

【考察】

炭素原子には、4つの異なる原子または原子団(=いくつかの原子が結合しているブロック)が結合できる。このような炭素原子を()という。分子中にこれをもつ場合、原子または原子団の配置が立体的に異なる2種類の異性体が存在する(p.231)。これらの分子の構造は、右手と左手のように実像と鏡に映した像のような関係になっている。このような異性体を()といい、微妙に形が異なるだけでなく、偏光に対する性質が異なり、さらに味覚など生物に対する作用が異なるものもある。ただし、基本的な沸点や融点などの性質は似通ったものが多いので、お互いに分離することが難しい。今回のリモネンは結果①より、()覚に対する作用が異なることがわかる。また、結果②③より、旋光性が異なり、(+)-リモネンは偏光面が()に回転しており、(-)-リモネンは()に回転している。つまり、名称の頭の符号は旋光性を表している。そして、1:1で混ぜると旋光性は消失する。

【気づいたこと・感じたこと】

●生物研究授業「アカハライモリの胚の観察と卵の結紮実験」

(生命科学コース第1学年：担当教諭 秋山繁治)

1. はじめに

SSH 公開授業で、両生類の初期発生の観察、その胚を用いての歴史的な実験（シュペーマンの結紮実験）に取り組む生徒の姿を見ていただいた。生物の教科書には、イモリを研究材料とした実験が紹介されているが、実際に実験材料とした利用は少ない。具体的な利用例を紹介し、両生類についての理解を深めていただくことを目指した。

2. 実験材料としてのアカハライモリ

今回の授業では、アカハライモリを実験材料に用いて、両生類の発生過程の観察及び結紮実験を行った。両生類の発生過程の観察では、多くの教科書で扱われているのは無尾類（カエル目）である。今年度の岡山県高教教研理科部会作成の実験書でも、実験動物としてよく利用されているアフリカツメガエルが用いられているが、今回は有尾類（サンショウウオ目）のアカハライモリを用いた。

アカハライモリ *Cynopus pyrrhogaster* は、北海道・沖縄を除く広い範囲に分布し、比較的容易に入手のできる代表的な有尾類の種である。「イモリ」という名は、「井守」と書くが、「井」が「井戸」や「水田」を表すことから、「井戸を守る」「水田を守る」を意味するといわれるように、池や水田側溝、小川のゆるやかな流れ、山地の湿地などに生息している。アカハライモリの北限地である下北半島がイモリ科全体の北限となっている。体長は雌が10~13cm、雄が8~10cmでやや小ぶりである。有尾類は生物学の歴史上重要な実験の材料として、しばしば登場している。高校の教科書に紹介されているものでは、20世紀始め頃、シュペーマンがイモリの2細胞期の胚を卵割面に沿って細い髪の毛でくり、発生の様子を調べたのをはじめ、スジイモリ（褐色の胚）とクシイモリ（白色の胚）が用いての交換移植実験、原口背唇部を移植片として胞胚腔への移植実験、1960年頃のニューコープによるメキシコサンショウウオの胞胚による中胚葉誘導の実験などの例がある。そして最近では、脊椎動物の中で再生力が大きい（カエルは四肢が再生しないが、イモリは再生するなど）ことが注目され、脱分化や再生に関わる遺伝子の解析する実験動物として、再認識されつつある。

3. 実験の準備

アカハライモリは、県北で実験の一ヶ月前に採取し、餌（冷凍アカムシ）を与えて保持した。産卵はゴナトロピン注射による産卵誘発による方法を用いた。カエル類では、産卵後人工的に受精させるか、産卵時に雄による抱接が必要だが、アカハライモリでは貯精囊中に精子を保持し、産卵時に体内で受精させる仕組みになっているので、産卵時を発生のスタート（受精時）と考えて観察することができる。したがって、生徒に初期胚を観察させるには、第一卵割までに要する時間さかのぼった時刻に産卵するようにゴナトロピン注射をすればよい。

室温で授業日の3日前に注射し、受精卵を得た。注射後、イモリを入れた水槽に細いビニール紐を入れておけば、その紐卵を包む形で一つずつ産み付けるので、尖GGタイプのピンセットでゼリーをしごくようにして、採取すれば卵を痛めることはない。また、卵を一個ずつ産むので、一匹の雌が産む卵であっても、発生開始に時間的なずれが生じるので、発生的に異なった段階の胚を観察することができる。孵化までに要する日数は、飼育水温が上がるにつれて短くなる。15℃で約35日、20℃で約20日である。

また、孵化までに約一ヶ月を要するので、生きた初期胚の観察でも発生を固定的なものとしか捉えられないので、別に発生の全体像を把握させるために映像教材も作成した。産卵直後からの卵をタイムラプスビデオで撮影（480倍設定）し、さらにパソコンソフト（Adobe Premier）で、孵化までを約15分で完結するように処理して作成した。

4. 研究授業

授業は「①アカハライモリの種としての特徴及び生態について理解」「②初期胚の観察及びスケッ

チ」「③発生過程の全体像の把握（胚発生の映像教材を利用）」「④胚の結紮実験」の順に進めた。

「①」については、

雌雄の区別、春の繁殖期と冬の越冬期の野外での様子と繁殖行動を紹介した。積雪下の溜りで「イモリだま」と呼ばれるくらい多数のイモリが群れているシーンや、一連の配偶行動（配偶行動の後、雄が産み落とした精包を雌が受精嚢に取り込み、卵は総排出腔から産卵する直前に精子を受け取り受精する）の面白さ、そして貯精の仕組みや受精のさせ方などに興味を示した生徒が多かった。

「②」については、

アカハライモリの卵は直径約2mmあるので、カエルの卵に比べて観察しやすい。観察には、生きた胚を用いた。発生過程の中で2細胞期や4細胞期は時間的に短いため、ちょうど授業時間に観察できるように準備することは、周到な計画を要するが、固定胚の観察に比べて比較にならないほど生徒の感動は大きいと実感した。透明なゼリーを通して、はっきりと発生段階は確認できる。今回の授業では、スケッチに十分な時間が取れなかったのが残念であった。

また、繁殖期は4月から6月であるが、10月下旬から11月にかけても雌に求愛している雄を見ることがある。この時期にはすでに成熟した卵をもっており、本来の産卵期でない1月から2月にかけてホルモンによる産卵誘発が可能である。産卵を誘発するためにゴナトロピンを用いるが、通常は50単位で十分であるが、1～2月の時期には100単位2回の注射が有効であった。1匹の雌で2回注射した場合の産卵数は、38～68個であった。

「③」については、

アカハライモリの胚の発生が非常にゆっくりしている（室温15℃では30日以上かかる）ので、実体顕微鏡の観察では時間経過に伴う胚の変化を感じることはできない。そこで、タイムラプスビデオという装置の利用を考えた。この装置は、防犯カメラの記録を時間短縮して録画するのに使われる機器である。この機能をいかして、ビデオ装置で短縮したビデオ教材を作ること考えた。このビデオの利点は、教科書や副教材の図だけ見ていると、時間的な経過が把握できないが、実際の時間を均等に短縮して記録できるので、各発生段階と時間との関係が把握できることである。また、時刻が画面表示されているので、画面を観察するだけでなく、それぞれの発生段階にどれくらいの時間を要したかが計算できる。今回、約20℃の条件で孵化までに24日を要した。

「④」については、

シュペーマンは胚の結紮に毛髪を用いたが、今回は絹糸で代用した。絹糸は3本の糸をよっているもので、解してそのうちの1本を取り出して使う。最初に、糸でイモリの卵より少し大きめのループをつくり、その中央に卵をはめ込むように入れ、それから糸を尖GGタイプのピンセットでしばればよい。授業では15分程度しかなかったため、成功したのは一割程度だった。放課後にもう一度試みた生徒も数人いたのをみると、生徒にとっては好奇心をそそる実験だったようである。

5. おわりに

生徒の自己評価をみると、意欲的に取り組めたという生徒がほとんどで、前向きに取り組めたという実感を持っていたことがうかがえる。また、実験技術については、実体顕微鏡の操作は十分身につけていたが、卵の結紮については、「うまく縛れた」という生徒は少なかった。しかしながら、感想には、「歴史的な実験を体験できて楽しかった」という意見が多く、多少、技術的には難しい実験でも、導入の仕方によれば、生徒にとっての興味付けにはなるということが実感できた。

発生教材として、アフリカツメガエルがよく用いられるが、受精率と胚の観察のしやすさでは、有尾類の方が優れている。しかしながら、野生生物の保護の観点から見ると扱いに注意しなければならない点がある。それは、有尾類が現在個体数を急速に減少させている生物であるということである。生活範囲が狭く、また湿地という不安定な場所に生息しているため、環境変化や捕獲によるダメージを受けやすい。実験終了後の成体をもとの場所にもどす配慮や、残った胚を育てて放すということが必要になる。

参考文献

梶島孝雄・江口 吾朗：イモリの発生段階図表．脊椎動物の発生、培風館（1989）

西浩昭：寒天プレートを用いた両生類の胚内部の観察法、高教研理科部会誌第 43 号、34-37（1993）

岩波洋造・森脇美武：絵をみてできる生物実験、28-29.講談社(1983)

秋山繁治：岡山県高等学校教育研究会理科部会会誌第 47 号、20-28(1997)

実験生物講座、1、生物材料調整法、82-95．丸善（1982）

松井正文：両生類の進化、96-101、210-212、224-225、東京大学出版会（1996）

秋山繁治：孵化後実験室内で飼育し産卵したカスミサンショウウオ、両生爬虫類研究会誌(1992)

理科（生物Ⅰ）学習指導案	
単元	清心女子高等学校 普通科 1年EE組 平成20年10月31日（金）第6校時（13：55～14：40） 使用教室：生物教室（特別教室棟1階生物教室） 指導者：秋山繁治 使用教科書：改訂版高等学校生物Ⅰ（数研出版） 副教材：（第一学習社） 動物の発生
目標	1. 卵割から組織・器官へと分化する過程を理解させる。 2. いろいろな動物の初期発生を取り上げ、共通点とそれぞれの動物の特徴について考察させる。 3. 実体顕微鏡を使って観察や作業をする技能を身につけさせる。 4. 発生に関する研究の歴史を知り、その一部を実験することによって興味をもたせる。
指導計画	第一次 卵割と胚の発生 3時間 第二次 胚葉の分化と器官形成 2時間 第三次 動物の発生のおくみ 3時間 第3時 両生類（アカハライモリ）の胚の観察・実験【本時】
指導上の立場	単元観（教材観） 動物の発生は、「生殖」の結果として、次代の成体になっていく過程であり、その生物を本当の意味で理解するには、その種の特徴を理解する必要がある。 発生を観察する教材として多くの教科書がカエルの扱っているが、ここでは発生学史上有名な実験の多くがイモリの仲間を使ってなされていることと、環境教育の視点（有尾類の保護が問題になっている）を考慮して、アカハライモリを利用することにした。胚の観察だけでなく、シュペーマンの実験の一部を体験することによって、歴史的な実験への親しみを喚起することを目指した。 アカハライモリでは、成体を殺傷して精巢を摘出することなく、雌個体へのホルモンによる産卵誘発だけで受精卵が得られ、また、管理の仕方によれば年間を通して利用できる。発生の実験材料として優れていると考えられる。 生徒・学級の実態（学級観） 2006年から、医学・薬学・理学・農学系（生命科学関連分野）への進学を支援する「生命科学コース」を設定した。対象生徒は、生命科学コースとしての3回目の入学生（高校1年生）である。生物学への興味関心が高い集団であるが、実体顕微鏡による観察は今回で二回目、技術は未熟な状態である。 指導・支援上の基本方針や留意点（指導観） イモリの胚を観察に利用するという視点だけでなく、岡山県内の繁殖地での調査映像などを使って、その生物の種としての特徴や生態を意識させるように工夫した。

本 時 案 （第1次の第3時）	
本時の目標	1. イモリの胚の観察によって、発生過程とその特徴を理解する。[知識・理解] 2. 生きた胚を抵抗なく適切に扱えるようになる。[技術・表現] 3. 直接、生きた胚に触れ、観察することを通して「生命」を実感し、発生のしくみに興味をもたせる。[関心・意欲・態度]
学習内容	1. これまでどのような動物の胚の発生を学んできたかを再認識する。 2. 本時の実験の目的を知る。
指導	1. ウニ、カエルの発生を学んできたことを確認する。 2. イモリの胚の観察と卵の結集実験を行うことを知らせる。
導入	1. イモリの特徴を知る。 2. タイムラプスビデオで記録した映像を見て、孵化までの胚の変化を実感する。 3. 幼生の観察で実験操作の手順を理解する。 4. イモリ卵の結集作業に取り組み。
発展	1. イモリの形態、受精様式の特徴について説明する。 2. ビデオで発生過程を提示する際に、発生段階の時間経過を記録するように指示する。 3. 実体顕微鏡の使い方を説明する。 4. 受精のしくみについての研究の方法及び内容を紹介する。 5. 卵の結集実験では、絹糸の使い方を指示する。うまく二つに割れた胚をモニターに投影して紹介する。 5. 観察及び感想の書く。 6. 使用した器具を片付ける。
まとめ	実験プリントを用いてまとめる。
参考資料	脊椎動物の発生・上 岡田節人編（培風館） 遺伝 1989年9月号 Vol.43.No.9（裳華房）

実習 アカハライモリの胚の観察と卵の結紮実験

目標 脊椎動物のアカハライモリを使って、胚発生過程の観察と卵の結紮実験を体験する。
身近な生き物の観察から課題研究の課題を見つける視点を学ぶ。

準備するもの

[材料] 成熟した雌雄のアカハライモリ

アカハライモリの胚 (卵)

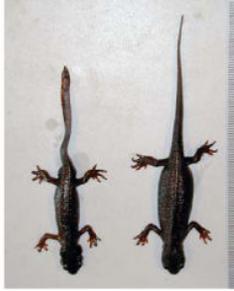
[器具] 実体顕微鏡・照明装置

バット、ピンセット、シャーレ、スポイド

絹糸

[薬品] ギナトロピン

(胎盤性性腺刺激ホルモン)



事前準備

アカハライモリの雌にギナトロピンを 100 単位注射し、人工水草 (またはポリプロピレンテープ) を入れた水槽で維持しておく。3、4 日後、卵を一個ずつ草の葉 (テープ) に産み付ける。その卵を採取して、観察及び結紮実験に使用する。

方法

1. タイムラプスで撮影した胚の発生映像を見て、初期発生の時間経過を記録する。神経胚期は、神経溝がはっきりわかる時期を記録する。
2. 生きた胚をスポイドで吸い取り、シャーレに取り出し、実体顕微鏡で観察し、カエルの発生段階図表を参考に、どの時期の胚か確認する。

3. 絹糸を解し、細い糸に分け、生きた胚をカプセルの上から縛る。実体顕微鏡でピンセットを用いて、卵を正確に二分するように縛る (目の良い人は指先でも結ぶことは可能)。

(発展的学習)

縛る方向と程度により、どのような形態の胚ができるかを 2 日後と一週間後に観察し、その理由を考える。

結果

1. 発生段階の時間経過を書き込もう (時間は 24 h で記入)。

受精	2004 年 10 月 22 日 13 時 00 分
4 細胞期	2004 年 10 月 日 時 分
神経胚期	2004 年 10 月 日 時 分
孵化	2004 年 11 月 日 時 分

2. 生きた胚をスケッチしよう。

(期) スケッチ 2 (期)

考察

1. スケッチは植物極側と動物極側からみたものか。発生初期の色素の役割はなにか。
2. 受精から 4 細胞期までに要する時間と孵化までに要する時間の比、神経胚までに要する時間と孵化までに要する時間の比 (%) をそれぞれ求めよ。
3. 雌にギナトロピンだけ注射すれば、受精卵が得られるのはなぜか。
4. 卵をうまく縛るのに、どのような工夫をしたか。

感想及び自己評価

1. 意欲的に実験に取り組めたか。



2. 実体顕微鏡がうまく使えたか。



3. 卵がうまく縛れたか。



4. 全体的な感想