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

平成 27 年度サイエンス・リーダーズ・キャンプ

タンパク質研究の先端技術を活用した実践型次世代生命科学教育

業 務 成 果 報 告 書

実施機関
国立大学法人愛媛大学
プロテオサイエンスセンター

愛媛大学 EHIME UNIVERSITY

PROS
Proteo-Science Center, Ehime Univ.

本報告書は、国立研究開発法人科学技術振興機構との実施協定に基づき、国立大学法人　愛媛大学が実施した平成27年度サイエンス・リーダーズ・キャンププログラム「タンパク質研究の先端技術を活用した実践型次世代生命科学教育」の成果を取りまとめたものです。

目　　次

（1）プログラム名、実施機関名 3

（2）業務の目的及びプログラムの目標 3

ア. 業務の目的 3

イ. 実施機関のプログラムの目標 4

（3）実施内容と成果 5

ア. 実施内容 5

7 月上旬からキャンプ当日まで 5

キャンプにおける実施内容 6

スケジュール 7

キャンプ 1 日目＜7 月 28 日（火）＞ 8

キャンプ 2 日目＜7 月 29 日（水）＞ 14

キャンプ 3 日目＜7 月 30 日（木）＞ 20

キャンプ 4 日目＜7 月 31 日（金）＞ 26

キャンプ終了後 29

イ. 受講者の成果物やレポート 30

ポスター発表の資料＜実験指導用資料（生徒用）＞ 31

講義「生命科学における才能教育」の課題 51

発表スライド（講義報告書） 60

感想文 75

キャンプ後の取り組みに関する報告-1：アンケートへの回答 93

キャンプ後の取り組みに関する報告-2：アンケートの詳細、メール、ムードル他 100

「生物基礎」「生物」の観察・実験指導資料（別冊） ..... 別冊

ウ. アンケート 130

キャンプ実施に関するアンケート、JST 実施分 131

キャンプ実施に関するアンケート、愛媛大学実施分 139

エ. 業務の目的及びプログラムの目標の達成状況 157

アドバイザーの所見 157

キャンプの目標の達成状況 158

業務の目的の達成状況 169

（4）資料 171
①担当者名簿 172
②受講者名簿 173
③外部発表 174
新聞記事 174
大学ホームページの記事 175
学会発表 177
④その他 178
実習テキスト 179

（1）プログラム名、実施機関名

平成27年度サイエンス・リーダーズ・キャンプ

「タンパク質研究の先端技術を活用した実践型次世代生命科学教育」

愛媛大学プロテオサイエンスセンター

（2）業務の目的及びプログラムの目標

ア. 業務の目的

高等学校等における次世代の生命科学教育を推進し、関連分野における才能ある生徒の指導を可能とすることを目的とする。特に物理や化学の観点から生命現象を理解させる手法を体得させることによって指導力の向上及び将来、都道府県等の理数教育において中核的な役割を担うための素養の育成を図るとともに、地域の枠を超えた教員間のネットワーク形成を支援する。その究極的な目的は、多くの中高生が

- ✓ 生命を分子のレベルで理解することによって、社会人として安全で健康的な生活に役立てる
- ✓ 生命や自然を論理的、合理的に捉えることによって、総合的な科学的思考能力を養う
- ✓ 先端的なバイオ技術やその応用を知ることによって、興味・関心、さらにはバイオ系分野への進学意欲を高める

ことである。

20 世紀後半、生命科学に関する知識と技術は大きく進展し、多くの生命現象が分子レベルで理解できるようになり、遺伝子操作や iPS 細胞、先端医療やエネルギー問題への応用も日常的な話題となっている。このような時代において、文系、理系を問わず生命を理解するための一般教養としての生命科学教育のみならず、技術立国を支える優秀なバイオ系人材を輩出するためのハイレベルな生命科学教育も必要となる。そのため次世代に向けて、新しい高等学校学習指導要領に沿った「生物基礎」、「生物」には「遺伝子とその働き」、「遺伝情報とその発現」など分子生物学に関わる内容が多く盛り込まれるようになった。しかしこれらの内容を正しく理解するには生物だけではなく関連する化学や物理の内容も統合的に学習する必要があるにもかかわらず、高校の教育現場では物理、化学、生物は独立した教科である。また生化学や分子生物学の知識や技術を習得している高校教員は少数であり、さらにミクロで複雑な生命現象を理解させるための教材や実験設備、課題研究のテーマも充実していない。したがって、生命を理解させるための統合的な教育が実践できるよう、教員のスキルアップが多方面からなされなければならない。
このような教員養成の必要性に対して、本事業では、特に生命科学関連分野において、

(1) 最先端の科学技術を体感し、理数系教員としての素養を高める
(2) 才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導法を修得する
(3) 都道府県等の理数教育において中核的な役割を担う教員となるための素養を身につける
(4) 地域の枠を超えた教員間のネットワーク形成を支援する

ことを目的とする。その実現に向けて分子生物学的手法を基盤として基礎から応用までのタンパク質研究を推進しているプロテオサイエンスセンターが中心となり、「試験管内タンパク質合成法を基盤とした新しい生命科学教育法」に関連した 3 泊 4 日の合宿研修（キャンプ）を実施するとともに、キャンプ受講者および関連教員による統合的生命科学教育の実践を継続的に支援する。

イ. 実施機関のプログラムの目標

高校およびこれに相当する教育機関の理科教員（化学・生物）約20人を対象として、平成27年7月28日から7月31日の期間、生命科学に関するキャンプを実施する。愛媛大学が推進してきた「試験管内タンパク質合成法を基盤とした新しい生命科学教育法」を中心とした「講義と実習」、「実験結果の考察に関する口頭発表」、「研究センターにおける応用研究や先端機器の見学」、「受講者が実施している実験授業に関するポスター発表」、「e-ラーニングを利用した学習と情報交換」を主な内容とする。これらの講義と実習を通じて、生物を専門とする教員は生命を分子のダイナミクスとしてとらえることを、化学を専門とする教員は物質が生命現象として作用していることを、体得させる。またキャンプで習得した素養が勤務地の教育現場において反映されるよう、関連する内容を授業において実践すること、適切な教材を開発すること、あるいは学会や研究会において関連教員に紹介すること、を参加者に推奨する。これに対して実施機関は、授業実施などに必要な機材の支援や年度を越えた受講者の交流を推進するためのシステム構築に取り組む。

このような継続的な取り組みによって、企画全体として以下の目標を達成する。

目標 1 DNA とタンパク質の働きおよび遺伝情報の流れなどの基本的な生命現象を理解させるために、身近な「生き物」から学習を始め、化学や物理にも興味や関心を持たせるような統合型生命科学教育を推進できる素養を習得し、これを勤務校における授業に反映して、その効果を検証できること

目標 2 研究現場における先端技術の現状や生命科学の将来展望を理解し、これを勤務校において紹介し、生命科学と日常生活との関連を生徒に考えさせる一方で、意欲や才能に優れた生徒にはハイレベルな探究活動へと発展させる機会を与えることができること

目標 3 研究センターにおける「分子→細胞→個体」という一連の研究の流れを理解することによって、個体レベルでの理解にも分子レベルでの観点が重要であること認識し、高校生物における「生物の多様性」、「生物の進化」、「生物と環境応答」などの学習にも生化学や分子生物学的観点を取り入れることができること。またキャンプなどにおいて習得した先端技術などを基盤として、教育現場で活用できる教材を考案し、その教材を利用した授業を実践すること

目標 4 キャンプにおいて体得した現代生命科学教育のあり方、それを活用して実践した授業、新しく開発した教材などを、勤務地における教育委員会や関連部会の研修会あるいは学会などにおいて発表し、他の教員を指導できること、および関連する情報を受講者の間で共有して他県における状況などを掌握できること

これらの目標達成によって教員の教科指導力や理数系に才能ある生徒に対する指導力が向上し、また理数教育のリーダーとして活用できる具体的なスキルやノウハウを修得することによって理数教育のリーダーとしての自覚が育成され、さらには受講者間および受講者・研究者間のネットワーク構築されることが期待される。

SLC の目的である(1)最先端の科学技術を体感し、理数系教員としての素養を高める、(3)中核的な役割を担う教員となるための素養、(4)地域の枠を超えた教員間のネットワーク形成を支援、の達成については、キャンプに関するアンケートにおけるそれぞれの項目に対して、肯定的回答が 80%以上となることを目標とする。

またキャンプ終了後、受講者の50%以上が勤務校の授業において遺伝情報の流れやDNAとタンパク質の働きなどの基本的な生命現象を理解させるための統合型理科教育を実践すること、生命科学教育に効果的な教材を開発すること、あるいは学会や研究会において関連教員に紹介することを支援する。また地域の枠を越えた受講者の交流を推進するため、これらの情報をネット上で共有できるシステムを構築し、その情報をほぼ全員が共有できることを目標とする。

（3）実施内容と成果

ア. 実施内容

7 月上旬からキャンプ当日まで

事前学習

ムードルのシステムを使用した e-ラーニングのサイトを開設した。受講予定者全員にアカウントとパスワードを事前に送付し、サイトにアクセスしてマニュアルを読み、各自のプロフィールをアップロードするように指示をした。

キャンプ当日までに全員がアクセスしたことを確認した。これによって分子の CG に関する講義ではムードルの利用法の説明を省略することができた。

ポスターおよび配付資料の準備

キャンプ初日の夕食後に実施予定のポスターセッション「生命を理解するための教材と探究活動」に向けて、ポスターおよび配付資料を作成させた。

配付資料として、新学習指導要領「生物基礎」、「生物」に適した生徒実験または探究活動に関する生徒用プリントをA4で作成させた（本報告書 33～52 ページ）。これまで実際に生徒に行わせたことがある実験や探究活動でも、行わせたことがない新たな実験の案でもかまわないが、新学習指導要領のどの単元の実験であるかを明記させた。キャンプ当日配付できるよう、30 部持参させた。提出物はキャンプ終了後加筆修正し、「生物基礎」「生物」の観察・実験資料集として冊子にまとめた（別冊）。

キャンプにおける実施内容

プログラムの目標達成のため具体的には以下の「講義」、「実習」、「研究センターの見学」、「ポスターセッション」等を実施した。またキャンプ後の取り組みの参考となるよう、26 年度の受講者 3 名による実験授業や教員研修等の事例紹介を実施した。スケジュール的にはタイトな面もあり、一部 30～40 分の遅れもあったが、食事の時間を前後させるなどによって、特に大幅な計画変更やトラブルもなく実施できた。

【講義】
- ◆生命科学における才能教育
- ◆遺伝子とタンパク質－タンパク質の多様性
- ◆遺伝子とタンパク質－遺伝情報の解読
- ◆生体分子って何？－生体分子を視てみよう！パソコンで触ってみよう－
- ◆タンパク質はマラリアを無くす切り札
- ◆ヒトのタンパク質は何種類？
- ◆無細胞タンパク質合成実験の新学習指導要領生物への導入
- ◆生命って？私って？

【事例紹介】
- ◆生命科学教育の事例紹介

【実習】
- ◆大腸菌による組換えタンパク質の大量発現
- ◆無細胞合成系によるタンパク質の合成-1:mRNAの合成
- ◆無細胞合成系によるタンパク質の合成-2:タンパク質の試験管内合成
- ◆PCRによるDNAの増幅
- ◆電気泳動によるDNAの分析
- ◆電気泳動によるタンパク質の分析
- ◆質量分析によるタンパク質の分析

【研究センターの見学」】
- ◆城北ステーション（プロテオリサーチ領域）の見学
- ◆重信ステーション（プロテオメディシン領域、プロテオイノベーション領域）の見学

【ポスターセッション】
- ◆生命を理解するための教材と探究活動

【受講者による成果発表】
- ◆実験結果の解析と考察を発表（各グループが発表）

【交流会】
- ◆講師等との交流会

スケジュール

下線部は当初の予定時刻から変更になった部分

7 月 28 日（火曜日）

14:00～14:30　開講式／概要説明
14:30～15:30　講義「生命科学における才能教育」 隅田　学
15:30～16:30　講義「遺伝子とタンパク質－タンパク質の多様性」林　秀則
16:30～18:00　実習「大腸菌による組換えタンパク質の大量発現」
18:00～18:30　夕食
18:30～19:30　実習「大腸菌による組換えタンパク質の大量発現」続き
19:30～2100　ポスターセッション「生命を理解するための教材や観察実験・探究活動」

7 月 29 日（水曜日）

8:45～ 9:00　実験結果の観察と解析
9:00～10:00　実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写」
10:00～11:00　講義「遺伝子とタンパク質－遺伝情報の解読」 髙井和幸
11:00～12:00　実習「PCR による DNA の増幅」
12:00～13:00　昼食
13:00～14:00　講義「生体分子って何？－生体分子を視てみよう！パソコンで触ってみよう－」古賀　理和
14:00～15:00　実習「電気泳動による DNA の分析」
15:00～16:30　「無細胞合成系によるタンパク質の合成-2：翻訳」
16:30～18:00　講義「タンパク質はマラリアを無くす切り札」坪井敬文
　　および研究センター（城北キャンパス、プロテオリサーチ領域）の見学
18:30～20:30　講師等との交流会

7 月 30 日（木曜日）

9:15～11:45　研究センター（重信キャンパス、プロテオメディシン領域、プロテオイノベーション領域）の見学
12:00～13:00　昼食
13:00～14:00　実習「電気泳動によるタンパク質の分析」
14:00～15:00　講義「ヒトのタンパク質は何種類？」真鍋敬
15:00～16:00　実習「質量分析によるタンパク質の分析」
16:30～18:30　生命科学教育の事例紹介
18:30～19:30　夕食
19:30～20:00　講義「無細胞タンパク質合成実験の高等学校「生物」への導入」片山豪
20:00～22:30　実験結果の観察および発表の準備

7 月 31 日（金曜日）

8:45～ 9:00　前日の実験結果の観察
9:00～10:30　講義「生命って？私って？」遠藤　弥重太
10:30～11:30　実験結果の解析および発表の準備
11:30～12:30　昼食
12:30～13:45　結果の考察と発表
13:45～14:00　閉講式

キャンプ 1 日目＜7 月 28 日（火）＞

◆14:00～14:20 （当初の予定：14：00～14：30）
開講式/概要説明

宇野英満愛媛大学理事・副学長が受講者受講者に対して歓迎の意を表するとともに、専門とする有機化学の観点から、生命現象の研究や医療、創薬などへの応用における化学の重要性を指摘された。続いて愛媛大学で開発された先端技術である無細胞タンパク質合成技術をキャンプの期間中に体得し、それを高校の教育現場に持ち帰って高校生にも体験させて欲しいこと、さらには生命科学の学習に活用して欲しい等の要望が伝えられた。

平成 27 年サイエンス・リーダーズ・キャンプ受講者

愛媛大学理事・副学長による歓迎の挨拶

講師等と記念撮影

概要説明

実施担当者による概要説明では、遺伝子組換え実験における法令遵守、一般的な実験に関する安全遵守およびキャンプでの学習内容の概要やその目的についての説明の他、高校現場における生命科学教育に対する要望などが述べられた。
また最終日の成果発表における各グループの発表テーマが以下のように指示された。

チーム G　プラスミド DNA の作製と遺伝子導入の結果
チーム B　PCR による DNA の分析結果
チーム R　試験管内における転写と翻訳の結果
チーム O　タンパク質の分析結果
チーム W　DNA の塩基配列とタンパク質の特徴

最後にキャンプ期間中ティーチングアシスタントとして実験補助などを担当する 6 名の大学院生と 2 名の学部生、計 8 名が紹介された。

ティーチングアシスタントの紹介

◆14:30～15:30 （当初の予定：14:30～15:30）
講義「生命科学における才能教育」
隅田 学（愛媛大学 教育学研究科）

キャンプの目的の一つである「(3) 才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導方法を修得させる」ことに関連して、教育学部隅田学教授による講義「生命科学における才能教育」を実施した。まず才能教育について，概念的・制度的に既に整備されている米国を事例に，「才能児」の定義，，「才能児」の行動特徴例，「科学才能教育実態（各種学校での実践例や授業中の評価の観点等）」が紹介された。続いて，21 世紀の科学研究・教育について，自然科学の急速な進展と構造変化が解説され，フィリピン大学附属学校での「タンパク質の試験内合成」教材の授業実践が紹介された。受講者には課題が提示され、キャンプの内容と関連づけて先端的生命科学授業実践をイメージするよう、指示された。(本報告書 51～59 ページ)

講義概要

2014 年、赤崎勇と天野浩、中村修二（国籍は米国合衆国）の 3 名の日本人研究者が、青色発光ダイオードの発明に関わりノーベル物理学賞を受賞しました。スウェーデンのアルフレッド・ノーベルが 1896 年に亡くなった後、遺言で創設されたノーベル賞は、1900 年にノーベル財団が設立し、1901 年に第 1 回目のノーベル賞が授与されました。ノーベルの遺言では、「その前の年に人類にもっとも貢献した者に」授与されると書かれていました。

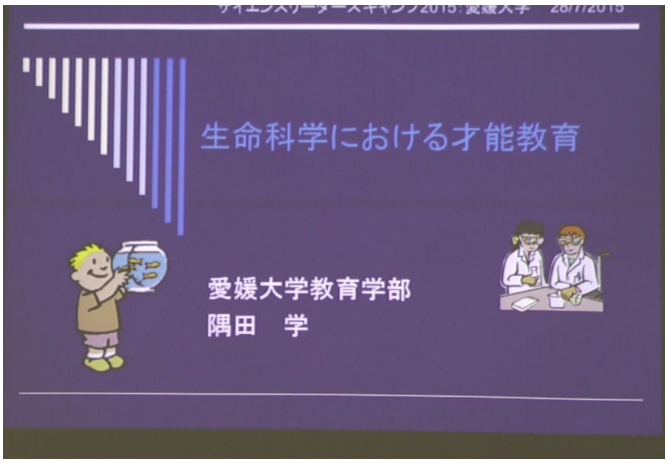
21 世紀に目指すべき科学像として、1999 年、ユネスコと国際科学会議の呼びかけにより、世界科学会議が開催され、その最終日に「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」が採択されました。そこでは、①知識のための科学：進歩のための知識、②平和のための科学、③開発のための科学、④社会における科学と社会のための科学が宣言されています。つまり、知の追究という科学生来の性格に加えて、世界の平

和や安全に資する科学、経済的・社会的・文化的・環境的に健全で持続可能な開発に不可欠な科学、貧困の軽減や人類の福祉、保健衛生の改善に資する科学といった、多様な科学の役割が含まれることになりました。21 世紀における科学の急速な拡大と多様化は、従来型の理科教育や理科授業に様々な問題点を投げかけています。

例えば、年間に百万編を超える科学論文が発表される状況で、私たちは理科教育の基礎・基本をどのように設定することができるでしょうか、全ての子どもたちを対象とする理科教育として育むべき資質・能力は何でしょうか。革新的な科学技術を提案し、継承できる人材を育成するために理科教育はどうあるべきでしょうか。また、大人数を対象とした画一的な従来の理科教育はどのような観点から改善が可能なのでしょうか。

孤高の天才が人知れず取り組む研究像や西洋中心主義的な拠点研究像は、21 世紀の科学研究スタイルから大きく乖離しています。多様な文化や価値観の人々と共に、個性豊かに自分たちの知識や発見、技能を高め拡げて社会に貢献し、長期的に文化資本を累積していかなければなりません。愛媛大学で開発された先端的な科学教材や研究施設での研修を通して、次代を担う生徒を育む新しい科学教育について実践的・開発的に考えてみましょう。

。



講義「生命科学における才能教育」

◆15:40～16:40 （当初の予定：15：30～16：30）

講義「遺伝子とタンパク質ータンパク質の多様性」

林　秀則（愛媛大学　プロテオサイエンスセンター）

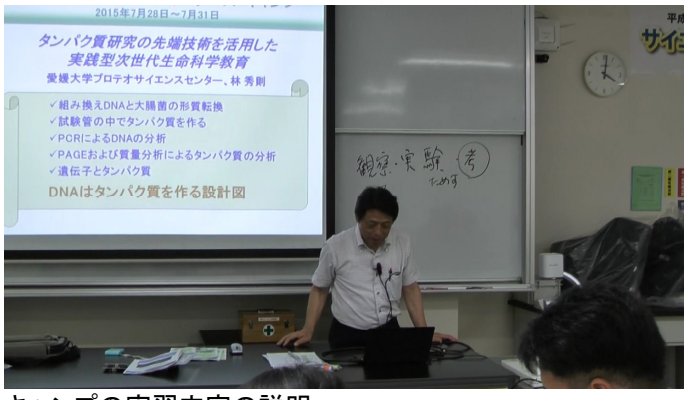
キャンプの主たる内容である分子生物学及び生化学の実習を円滑に進め、さらには高校における生命科学の授業実施の参考となるように、タンパク質の多様性、アミノ酸やタンパク質の化学構造、実験で使用するケイ光タンパク質の特徴、DNA の化学構造、DNA の塩基配列とアミノ酸配列との関連などが説明された。

講義の概要

私達、ヒトを含め、生物が生きていくためにはいろいろなタンパク質の働きが必要不可欠です。地球上には 1000 万種類以上の生物がいるといわれていますが、それぞれの生物の特徴は『どのようなタンパク質がどのように働いているか』によって決まります。タンパク質は 20 種類のアミノ酸がある決まった順番でたくさんつながったもので、そのアミノ酸の並び方によってそれぞれのタンパク質の性質が決まります。そして、タンパク質の中のアミノ酸の順序を決めているのが遺伝子です。それぞれの生物は遺伝子を細胞から細胞、あるいは親から子へと伝えることによってその生物としての特徴を維持していて、これは生命活動に必要な『全てのタンパク質の情報』を代々受け継ぐということです。

遺伝子はデオキシリボ核酸（DNA）という物質で、基本的に 4 種類の化合物が直線状につながった細長い分子です。そして 4 種類の化合物の並び方を解読するとタンパク質の情報（20 種類のアミノ酸の並び方）になります。細胞の中では遺伝子の暗号を解読してタンパク質が作られますが、この解読の仕方は全ての生物で基本的に同じです。その結果、ある生物の中で別の生物の DNA を働かせると、本来作られなかったタンパク質ができるようになります。これがいわゆる遺伝子組み換えという技術で、生命科学の研究に活用される一方で、遺伝子治療、医薬品の合成、農作物の改良など様々な応用が可能になります。

今回のキャンプではこのような遺伝子とタンパク質の関係について実験を交えて理解を深めて下さい。実際に遺伝子がどのような物質か体感し、その中に生命の設計図が書き込まれていることを想像してみて下さい。試験管の中でタンパク質を作る実験では、細胞の中の生命活動の一端、つまり遺伝情報に従ってタンパク質ができてくる様子を想像して下さい。そして DNA という物質と多種多様なタンパク質が正しく作られ、正しく働くことによって地球上の生命活動が営まれていることを理解して下さい。



キャンプの実習内容の説明

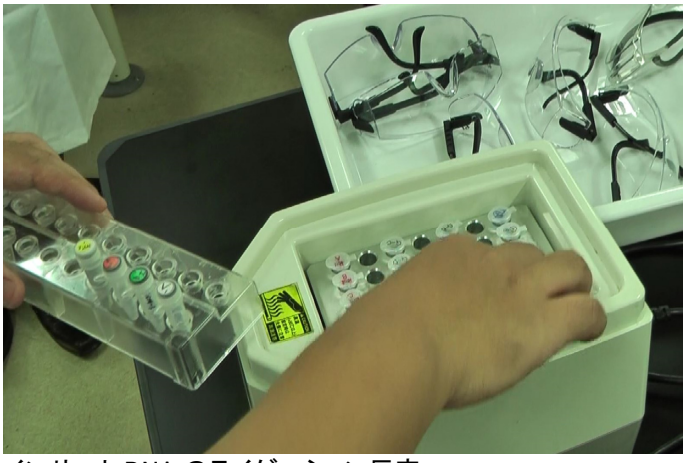
キャンプの実習で利用する蛍光タンパク質の紹介

◆16:50～19:45 （18:30～19:00、食事）（当初の予定：16：30～18:00）
実習「大腸菌による組換えタンパク質の大量発現」

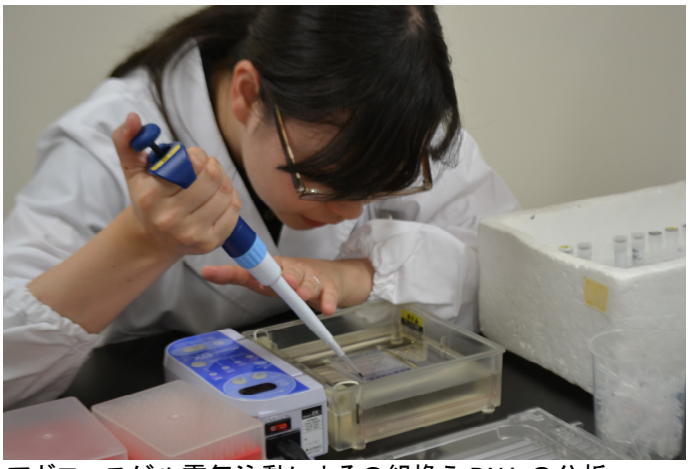
まずインサートDNA（緑色ケイ光タンパク質の遺伝子 *gfp* を含むDNA断片および赤色ケイ光タンパク質の遺伝子 *rfp* を含む DNA 断片のいずれか）とベクターDNA（大腸菌用プラスミドベクター：pBluescriptII KS^{+}）を混合し、リガーゼを加えて25℃で約15分反応させた。対照実験としてインサートDNAあるいはベクターDNAを含まない反応液も用意した。

各反応液を大腸菌JM109株に導入し、抗生物質を含む寒天プレート上で培養した。またこれと並行して、緑色、青色、赤色、橙色のケイ光タンパク質のいずれかの遺伝子がすでに接続されたプラスミド DNA を大腸菌 JM109 株に導入し、抗生物質を含む寒天プレート上に塗りひろげ、培養を開始した。

またこの間に、DNAの電気泳動の練習を兼ね、もとのインサートDNAあるいはベクターDNAを含む溶液と、これらを混合して反応させた溶液を電気泳動よって分析し、どのようなDNA断片が含まれるか考察した（結果の解析及び考察はチームGの成果発表60～62ページ参照）。

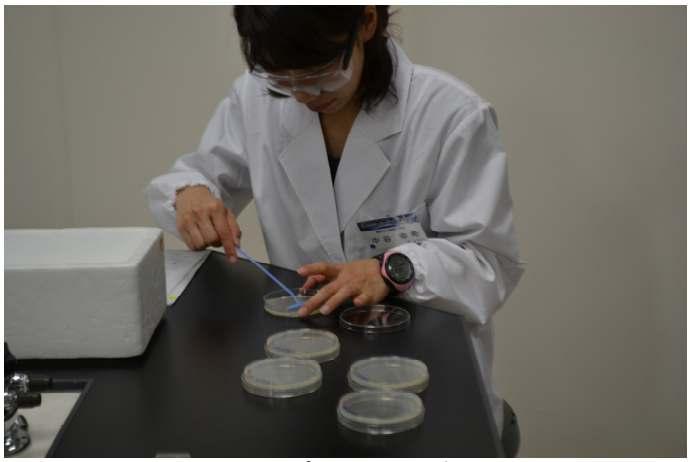


インサートDNAのライゲーション反応



アガロースゲル電気泳動によるの組換えDNAの分析

ヒートショック処理による組換えDNAの導入

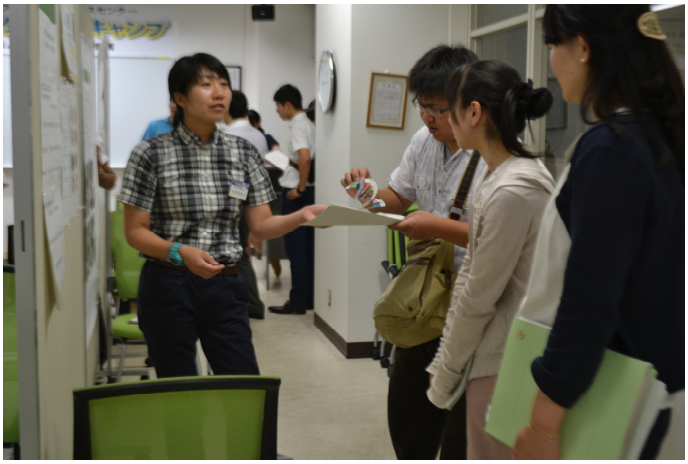


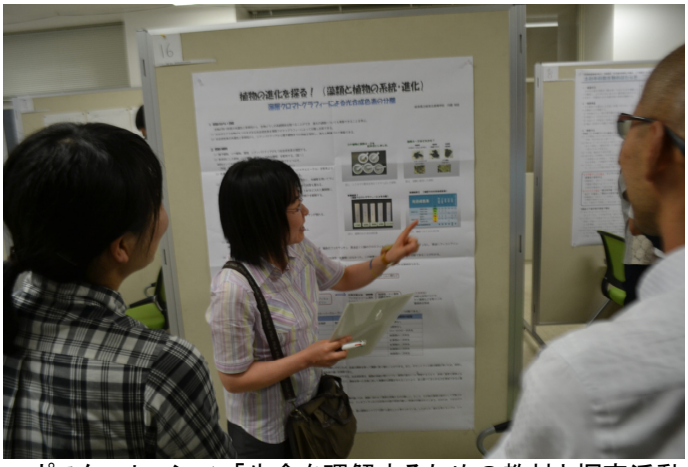
遺伝子導入した大腸菌のプレーティング

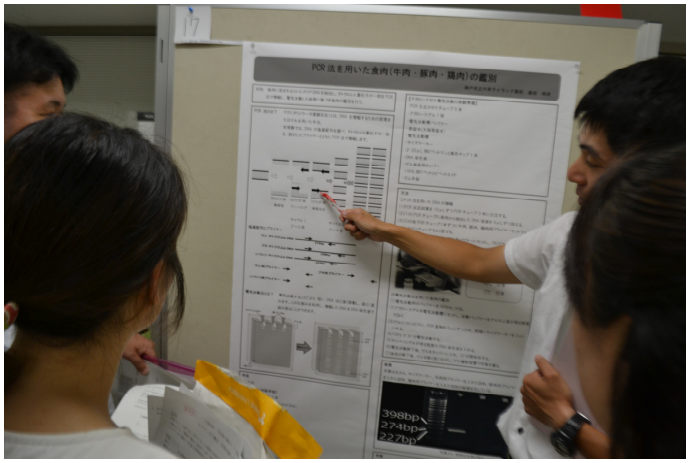
◆19:50～21:30（当初の予定 19:00～20:30）

ポスターセッション「生命を理解するための教材と探究活動」

受講者が高校の授業で実施している（あるいは今後実施したい）実験内容について、配付資料とポスターを使って説明した（配付資料は 31～50 ページに掲載）。いずれの受講者も自分の取り組みを熱心に説明する一方で、他の受講者の実験教材や探究活動などを熱心に聞いたり質問したりしていた。相互に学ぶことは数多くあったようで、時間が不足していたとの感想も聞かれた。





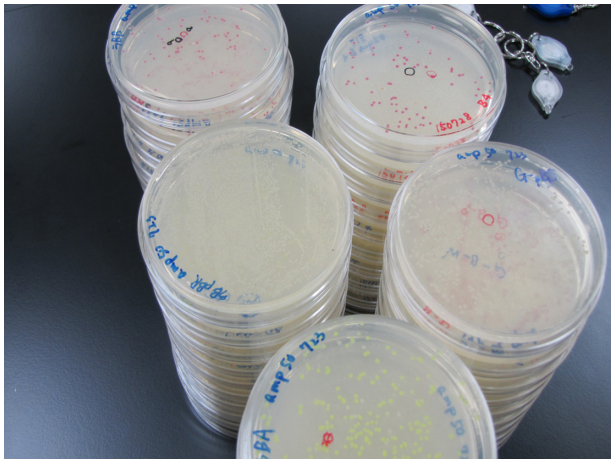


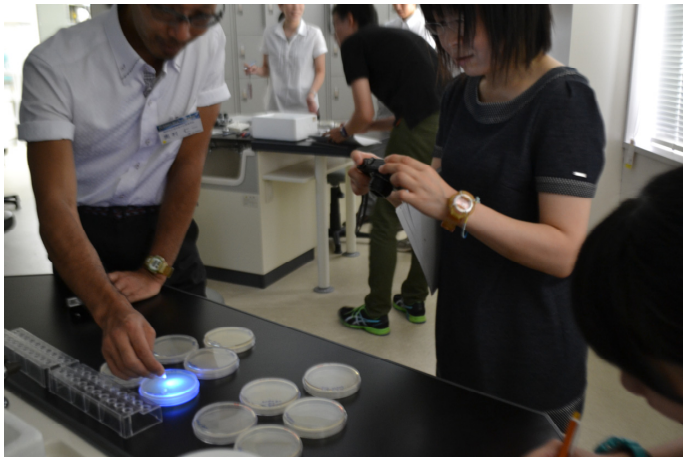
ポスターセッション「生命を理解するための教材と探究活動」

キャンプ 2 日目＜7 月 29 日（水）＞

◆8:45～9:00 （当初の予定 8:45～9:00）
前日の実験結果の観察

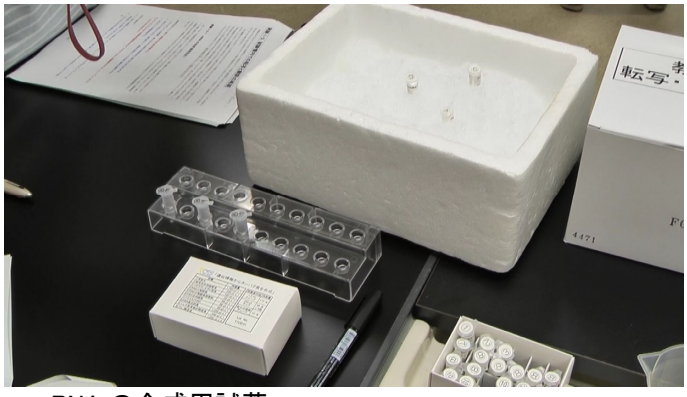
プラスミド DNA あるいは組換え DNA を導入した菌体が生育している様子を観察した。プレート上のコロニー、試験管の培養液、いずれもブラックライトの照射によって緑のケイ光が認められ、遺伝子導入によって大腸菌が緑色ケイ光タンパク質を合成していることが確認できた。


組換え遺伝子を導入した大腸菌のコロニー

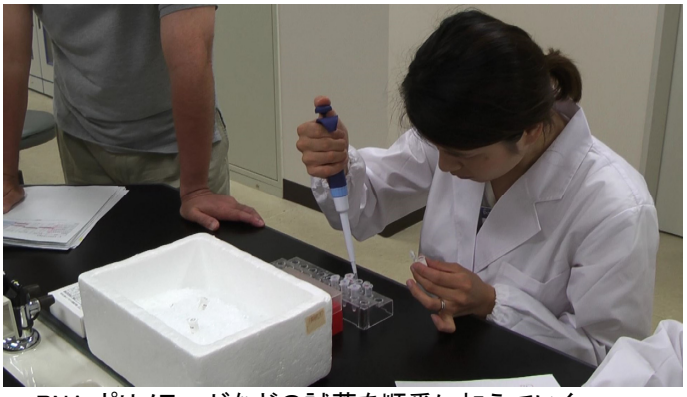

蛍光タンパク質の発現を観察

◆9:15～10:00 （当初の予定 9:00～10:00）
実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写」

本キャンプの最重要課題であるセントラルドグマを理解するための実験の前半である。転写と翻訳の実験キットを利用して、緑色ケイ光タンパク質の遺伝子を組み込んだプラスミド DNA（pEU/*gfp*）に RNA ポリメラーゼなどを加え、37℃で約 3 時間反応させた。合成された mRNA は午後からの翻訳反応で利用した。



mRNA の合成用試薬


RNA ポリメラーゼなどの試薬を順番に加えていく

◆10:00～11:10 （当初の予定 10:00～11:00）

講義「遺伝子とタンパク質－遺伝情報の解読」

高井 和幸（愛媛大学 理工学研究科）

タンパク質の構造と機能を決定するアミノ酸配列と DNA の塩基配列を対応づける遺伝コードに関して、進化的にどのように形成されたか、アミノ酸によって重複の程度が異なっていること、異なった遺伝コードを持つ生物がいるのか、などについて説明し、タンパク質合成と遺伝情報の関係について理解させた。

講義の概要

遺伝暗号をよく見てみよう

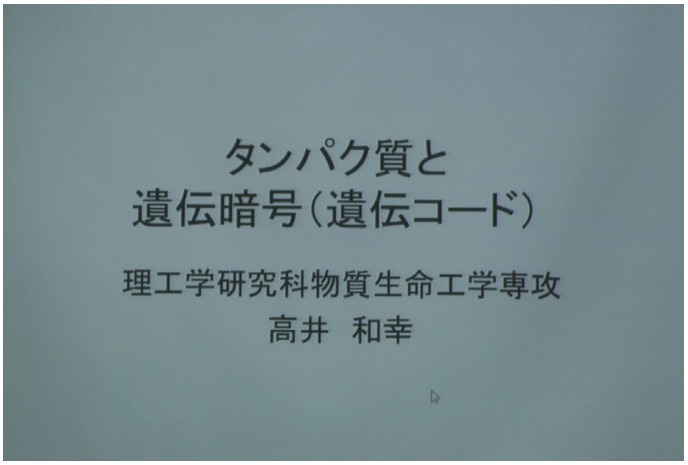
遺伝子の情報は、RNA に写し取られた後、「遺伝暗号」という変換規則に従って、タンパク質のアミノ酸の並び方に変換されます．これによって、遺伝子の情報から、生き物の体の内外で働くタンパク質が合成されます．

この講義では、この遺伝暗号がどんなものか、よく考えてください．

遺伝暗号は、40 数年前に、無細胞タンパク質合成系を使った実験を通じて、明らかになりました．無細胞タンパク質合成系というのは、細胞内でタンパク質を合成する酵素群を細胞の外に取り出して、生きた細胞が無い状態でタンパク質合成ができる実験系です．この系では、生き物が使っているタンパク質しか作れないわけではありません．人為的に「勝手な」RNA を加えてやれば、その RNA の情報に従ってアミノ酸がつながっていきます．つながってできたポリペプチド（タンパク質と呼んでよいかどうか？？）は、RNA の塩基配列を、遺伝暗号に従ってアミノ酸配列に変換したものになります．そもそも、遺伝子の情報がいったん RNA に写し取られることを示したのも無細胞タンパク質合成系、RNA の情報がどのようにタンパク質のアミノ酸配列を指定しているかを示したのも主として無細胞タンパク質合成系なのです．

遺伝暗号は、ほとんど全生物で共通です．だからこそ、クラゲの遺伝子が、大腸菌の中やコムギの無細胞翻訳系で、きちんとしたタンパク質を作れるのです．もし、遺伝暗号が親と子で違っていたら、どうなるでしょうか？ 子のタンパク質はめちゃくちゃになってしまいます．このことを考えると、地球上の全生物が、最初にこの遺伝暗号を使った生物の子孫であるという結論に至ります．でも、どうして、この遺伝暗号なのでしょうか？

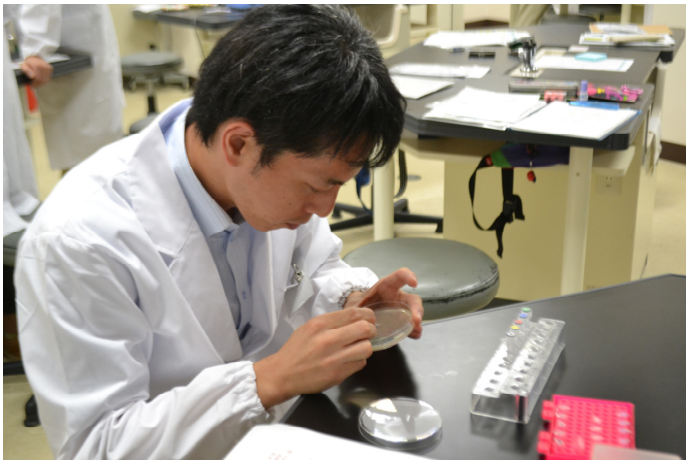
この遺伝暗号に決まったからには、何か、特徴があるはずです．遺伝暗号の特徴を探してみましょう．



講義「遺伝子とタンパク質−遺伝情報の解読」

◆11:15～12:10 （当初の予定：11：00～12:00）
実習「PCR によるDNAの増幅」

遺伝子導入した大腸菌に目的とする DNA が存在するかどうか確認するため、寒天プレート上で生育したコロニーをテンプレートとして、PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）によって特定の DNA 断片を増幅させた。



形質転換体のコロニーを PCR 反応液に加える

反応チューブをサーマルサイクラーにセット PCR を開始

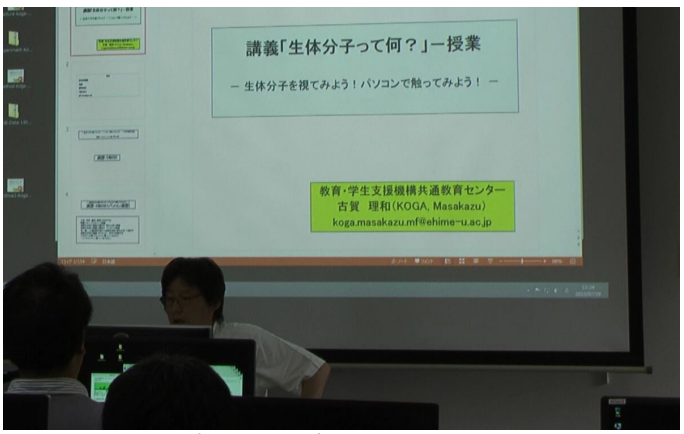
◆13:00～14:00 （当初の予定：13：00～14:00）
講義「生体分子って何？－生体分子を視てみよう！パソコンで触ってみよう！－」
古賀　理和（愛媛大学教育・学生支援機構）

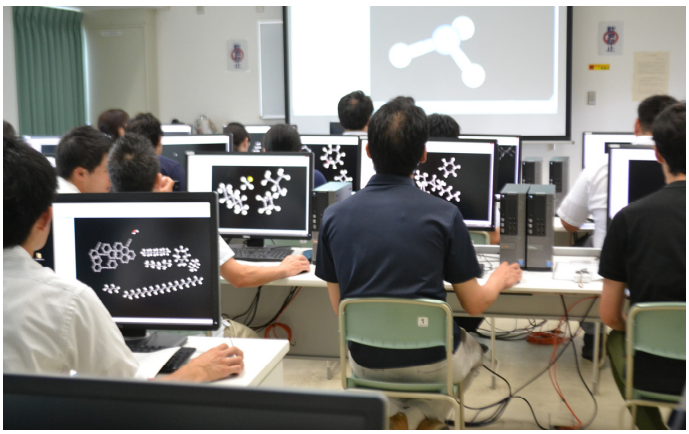
今回のキャンプのために本学のe-ラーニングのサイトを利用したムードルのコースを開設した。受講者には事前にIDとパスワードが配付されていたため、講義の開始直後にサイトにアクセスできた。引き続き、このサイト内にあるプログラムを利用して、タンパク質のCG（コンピューターグラフィックス）のなどの練習をした。

講義の概要

私たちの体の中で、実際におきている化学反応（生命現象）に携わっている生体分子の形・働きを、最新の3次元コンピュータグラフィックス（CG）を用いて、パソコンで視覚的に理解することにより、生命のメカニズムに触れ理解する。本講義では、最新の3次元CGのソフトを用いたパソコン演習を導入した授業が行われます。生体分子（核酸やタンパク質など）の形（構造）や働き（機能）について、CGを使って、パソコンで視覚的に理解し、生命のメカニズムについて学びます。

このソフトでは、生体分子をパソコン上で自由自在に動かすことができ、アニメーション感覚でビジュアル的に操作でき、テレビゲーム感覚で「分子で遊ぶ」ことができます。つまり、テレビゲーム感覚で有機化学、生体分子化学、生命科学を「遊びながら学ぶ」ことができます。

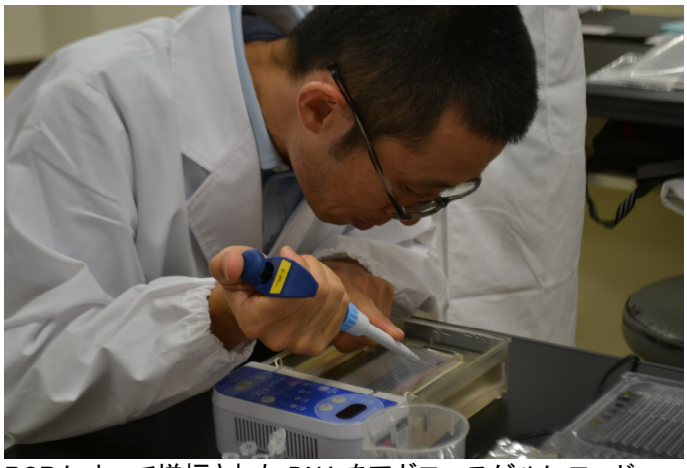




生体分子のコンピューターグラフィックスを体験

◆14:10～15:40 （当初の予定：14:00～15:00）
実習「電気泳動による DNA の分析」

組換え DNA を導入した大腸菌の菌体をテンプレートとして増幅した DNA をアガロースゲル電気泳動によって分析した。インサートとベクターを結合したプラスミド DNA とベクターのみの DNA から増幅された DNA 断片ではサイズが異なることを確認した（結果の解析及び考察はチーム B の成果発表 63、64 ページ参照）。



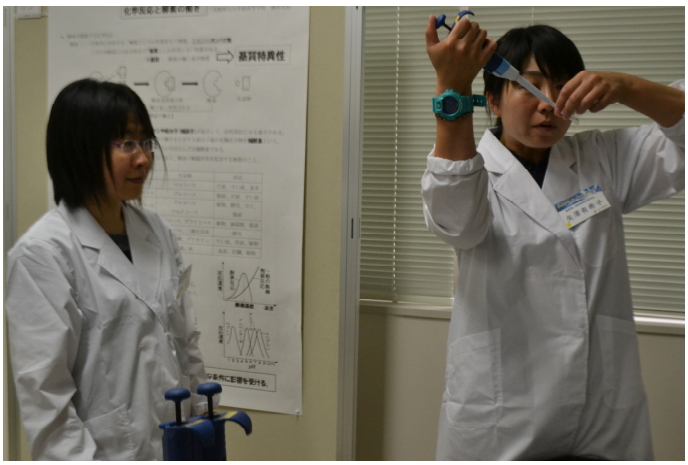
PCR によって増幅された DNA をアガロースゲルにロード

電気泳動終了後、増幅されたDNAを分析

◆15:40～16:40 （当初の予定：15:00～16:30）
実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-2：翻訳」

本キャンプの最重要課題であるセントラルドグマを理解するための実験の後半である。まず mRNA が転写反応によって合成されたことを RNA 検出試薬（リボグリーン）によって確認した。mRNA が合成された溶液と、コントロールとして mRNA が合成されなかった溶液、それぞれにコムギ胚芽抽出液を加え、これをアミノ酸などが含まれる溶液の下に加え、2 層にして室温で反応させた。また同時に翻訳反応のみの簡易版実習キットを利用してより簡便な方法で試験管内タンパク合成実験も行った（結果の解析及び考察はチーム R の成果発表 65～67 ページ参照）。

リボグリーンによる RNA の検出



アミノ酸混合液に mRNA とコムギ胚芽抽出液を加える

◆16:40～18:40（当初の予定　16:00～18:00）

講義および研究センターの見学

講義「タンパク質はマラリアを無くす切り札」

坪井　敬文（愛媛大学　プロテオサイエンスセンター）

実施担当機関であるプロテオサイエンスセンター（城北ステーション）を見学する前に、センター全体の研究概要を含めて、医療への応用を目指したタンパク研究の一例として、マラリアワクチンの研究開発における現状が説明された。

講義概要

マラリアは、アジア・アフリカなどの熱帯の国々で多くの人々を苦しめている病気です。蚊に刺されることでマラリア原虫と呼ばれる小さな寄生虫がヒトの体に侵入し、血液の中の赤血球という細胞の中で数が急激に増えてこの病気になります。戦後、マラリア原虫に良く効く治療薬のクロロキンと、蚊を殺す強力な殺虫剤 DDT（ディー・ディー・ティー）を使ってマラリアの全滅対策が試みられました。一定の成果を収めましたが、その後この特効薬が効かなくなった耐性マラリアが世界中に広がり、マラリア対策が困難に直面しています。そこで、新たな切り札としてマラリアワクチンの研究が進められてきましたが、まだ実用化された物はありません。このような状況を打ち破るために、一昨年、人類のあらゆる力を結集してマラリア撲滅に向けて取り組むことが再び世界に向けて宣言されました。このような世界の動きの中で、今マラリアワクチンの研究にも新しい進め方が求められています。

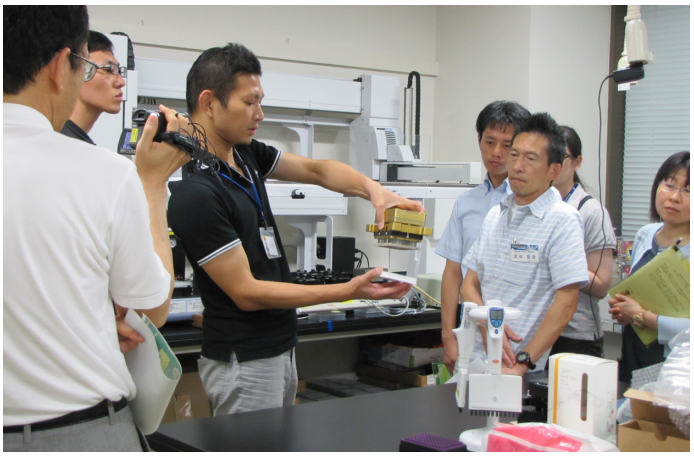
そもそもワクチンとは予防接種のことで、今使われているワクチンのほとんどは、病原体を弱らせたり、殺した病原体をあらかじめ人の体に注射し、その病原体に対する抵抗力（免疫とよびます）を付け、それによって体に入ってきた病原体をやっつける、という仕組みで効き目が出ます。ところが、マラリアの場合はワクチンに使う病原体を実験室の中で大量に得ることが難しく、上で述べたように病原体そのものを弱らせてワクチンにすることはできません。そこで、マラリア原虫の遺伝子からタンパク質を作り、そのタンパク質をあらかじめ人に注射して免疫を付け、次のマラリア原虫の感染を防ぐというタンパク質を用いたワクチンが考えられています。しかし、ここで大きな問題となったのは、普通の生物の遺伝子は大腸菌に入れてタンパク質にするのですが、マラリアの遺伝子は大腸菌との相性が悪くタンパク質が出来ません。そこで私達は、愛媛大学で開発されたコムギ胚芽無細胞タンパク質合成法という新しいタンパク質合成法を用いることにしました。この講演では、今私たちが取り組んでいるマラリアワクチンの研究についてわかりやすく紹介し、なぜタンパク質が切り札なのか考えてみましょう。

講義「タンパク質はマラリアを無くす切り札」

研究センター（城北ステーション、プロテオリサーチ領域）の見学

講義に引き続き、プロテオサイエンスセンター（城北ステーション）の無細胞生命科学部門、マラリア研究部門、生体分子工学部門の3部門を、2グループに分かれて順次見学した。ポスターによる研究内容、実験室内で実験材料や先端分析機器などが紹介された。

マラリア原虫を顕微鏡で観察



384 種類のタンパク質を一度に合成できる装置を見学

無細胞タンパク質合成のバイオテクノロジーへの応用を学ぶ

遺伝子組換え植物の育成を見学

◆18:50～20:30 （当初の予定 18:30～20:30）
夕食／講師等との交流会

受講者、講師、ティーチングアシスタント、研究センターの教員、本学のスーパーサイエンス特別コースの卒業生および JST の担当者など約 40 名が参加して、意見交換や懇談を行った。

講師及び学生を交えて懇談

キャンプ 3 日目＜7 月 30 日（木）＞

◆8:45～12:30 （当初の予定 8:45～12:00）

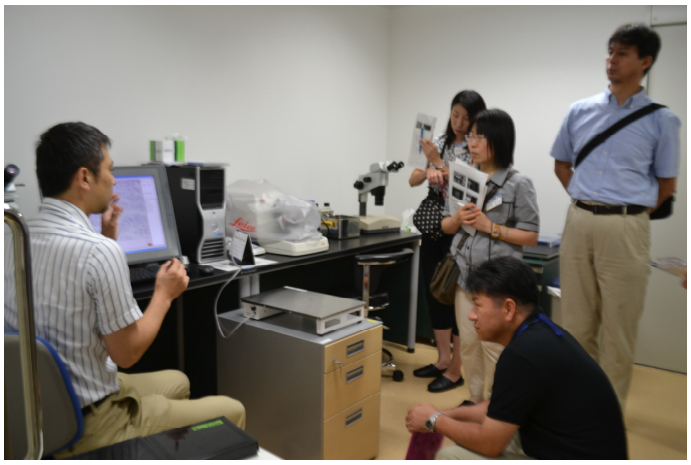
研究センター（重信ステーション、プロテオメディシン領域、プロテオイノベーション領域）の見学

東温市の医学部キャンパスに移動し（車で約 30 分）、プロテオサイエンスセンター重信ステーションを見学した。病院における診断や治療の業務の様子、研究センターにおける応用を目指したタンパク質研究やそのために必要な質量分析装置、遺伝子組換え動物など先端技術や研究設備を見学した。

主な研究内容の紹介

組織の顕微鏡観察

質量分析の診断等への利用

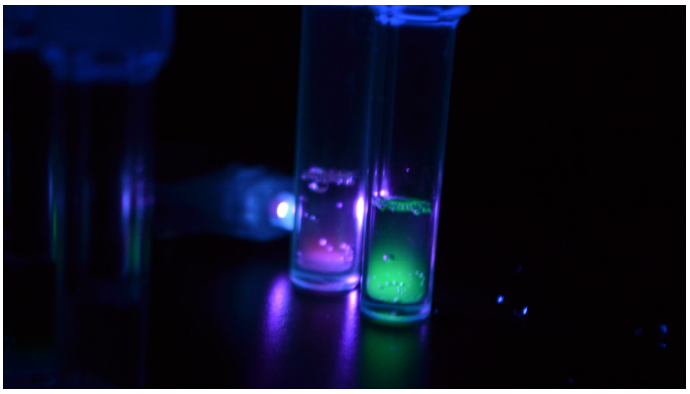


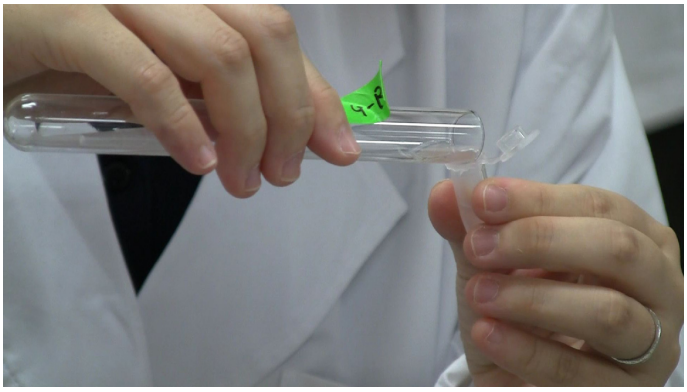
遺伝子組換えマウスの利用

◆13:10～14:30 （当初の予定 13:00～14:00 ）
実習「電気泳動による発現タンパク質の分析」

前日、mRNAやアミノ酸を加えたコムギ胚芽の抽出液にブラックライトを照射し、緑色のケイ光が見られたことから合成されたコムギ胚芽の抽出液によって緑色ケイ光タンパク質が合成されることを理解した。

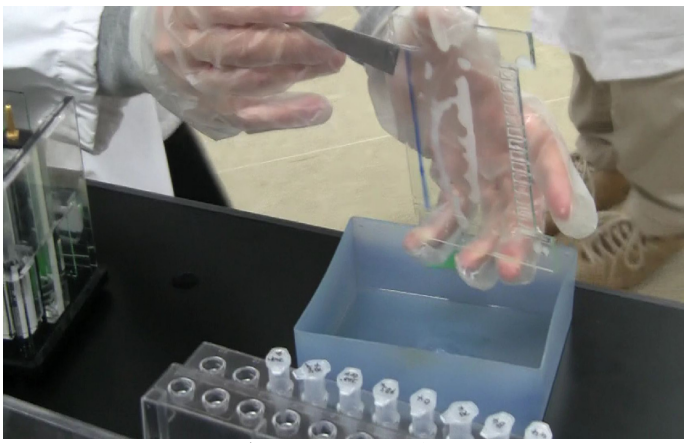
キャンプ1日目に遺伝子導入した大腸菌に含まれるタンパク質をSDSポリアクリルアミド電気泳動によって分析した。緑色ケイ光タンパク質などの遺伝子が組み込まれたプラスミドDNAを導入した菌体を液体培地で培養したものを試料とした。またコムギ胚芽抽出液で合成したタンパク質についても同様に分析した（結果の解析及び考察はチームOの成果発表68～71ページ参照）。

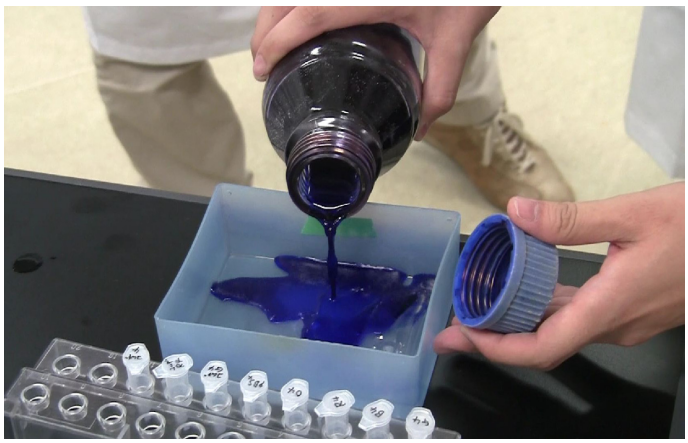

無細胞タンパク質合成システムによって合成された GFP


大腸菌によって合成された RFP

タンパク質を加熱変性

アクリルアミドゲルにサンプルをロード


泳動終了後、ゲルをガラス板から剥がす


染色液を加える

◆14:30～15:50 （当初の予定 14:00～15:00）

講義「ヒトのタンパク質は何種類？」

真鍋 敬（愛媛大学 名誉教授）

元分析化学講座担当の真鍋敬名誉教授が、キャンプ全体のテーマであるタンパク質に関する総合的な講義を実施した。タンパク質の構造と機能に関する説明に始まり、基本的な分析法、2次元電気泳動によるマッピングおよび質量分析とフィンガープリント法による網羅的同定、イオンスプレイ法によるアミノ酸配列解析、ゲノム情報によるプロテオーム解析など最先端のタンパク質研究等が紹介された。

講義概要

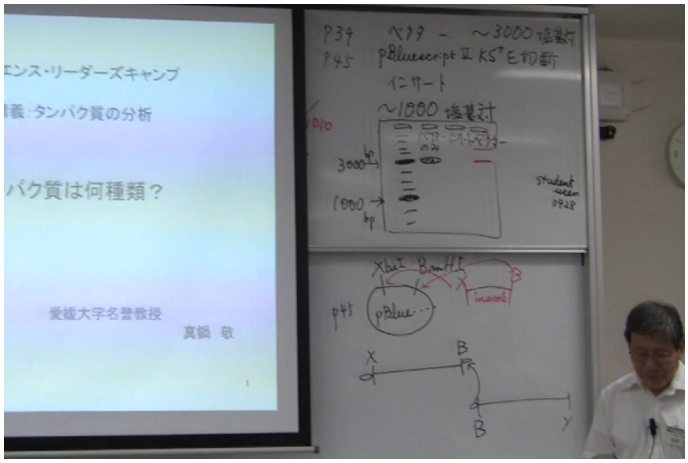
今度のサイエンスキャンプで、皆さんはDNAからタンパク質ができることを確かめます。タンパク質の特徴は、ある特定の化学反応だけを触媒する（この機能を持つタンパク質群は酵素と呼ばれます）、またはある特定の分子とだけ結合することです。私たちはお米（糖質）や肉（タンパク質）やバター（脂質）など、さまざまな物質を食べて分解し、エネルギーを得ています。アミラーゼやトリプシンやリパーゼはこの分解に関係するタンパク質の例ですが、まだまだたくさんの種類のタンパク質が食べ物の消化の段階だけでも協同して働いています。つまり、一つの特定の働きを持つタンパク質がきわめて多種類あって、それらが協同して働くことで、私たちの大変複雑な生命機能（受精、細胞分裂、器官形成、形態形成、成長、健康な状態など）が維持されているのです。

では、私たちの身体の中でいったい何種類のタンパク質が働いているのでしょうか？

実は、この問いに対する答えはまだ出ていないのです。DNA の塩基配列からアミノ酸が直鎖状につながった状態のもの（ポリペプチド）ができることはわかっています。また、DNA の全塩基配列の中で、ポリペプチドになれる部分は2万カ所程度といわれています。しかし、さきにのべたような特定の機能を持つタンパク質は、これらのポリペプチドがいろいろな DNA の場所から寄せ集められて作られることも多いので、DNA の塩基配列が全部わかっても、タンパク質の種類の数は計算できないのです。

私は、生命の働きを理解するためには、そこに含まれている全種類のタンパク質を取り出して、その構造（何個のアミノ酸がどの順番でつながっているのか）と機能（どのような構造の分子と結合するのか）を調べる必要があると考えています。これは、ちょうど 19 世紀に、地球上の物質（主として鉱物など無機物）の性質を調べるために、全種類の元素を見つけ出し、その性質を調べる（周期表にまとめられています）必要があったことと似ています。私たちが命あるものを見るたびに驚かされ、魅惑される生命活動の複雑さ、多様さの源は、一つだけではたった一つの働きしか持たないタンパク質が、数千種、数万種協同して働くことにあるようです。これは、専門の仕事をする人々が協同してこの複雑な社会を運営していることと似ているのかもしれません。

今回のキャンプでは、タンパク質を分離し、解析する方法として電気泳動と質量分析を経験しました。私もこれらの方法で、タンパク質がいったい何種類あるのか、そしてどのように協同して働いているのか、調べている最中です。

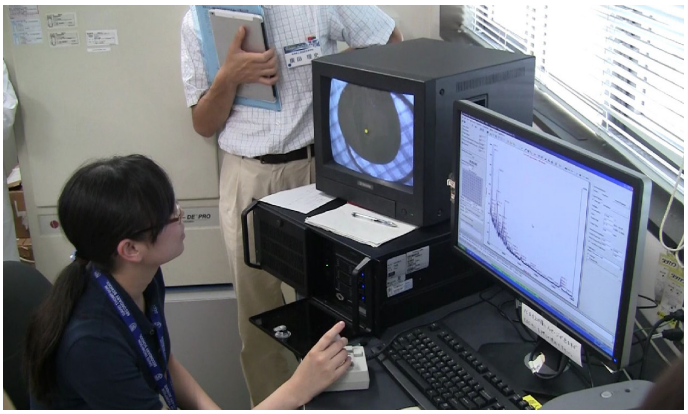


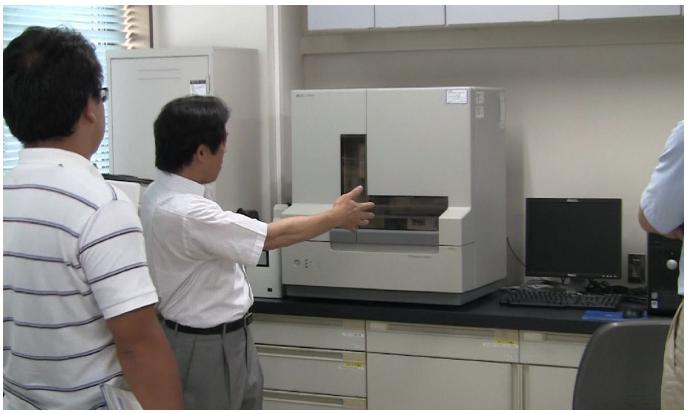
講義「ヒトのタンパク質は何種類？」

◆16:00～16:30（当初の予定　15:00～16:00）

実習「質量分析によるタンパク質の分析」

遺伝子組換えによって合成されたタンパク質の分子量をより高精度に測定する目的で、MALDI-TOFMASによる解析を行った。測定にはプロテオサイエンスセンターに隣接する応用タンパク質研究施設の装置を使用した。またこの間にDNAオートシーケンサーの見学及び装置の仕組みに関する説明もされた（結果の解析及び考察はチームOの成果発表68～71ページ参照）。





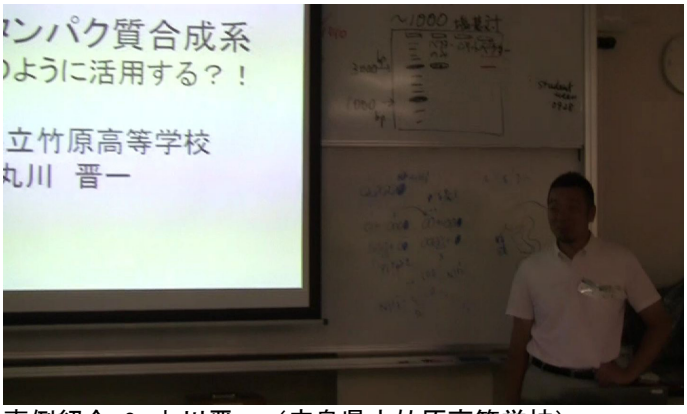
◆16:40～18:20 および夕食後 19:20～20:15 （当初の予定 16:30～18:30）

事例紹介および講義「無細胞タンパク質合成実験の新学習指導要領生物への導入」

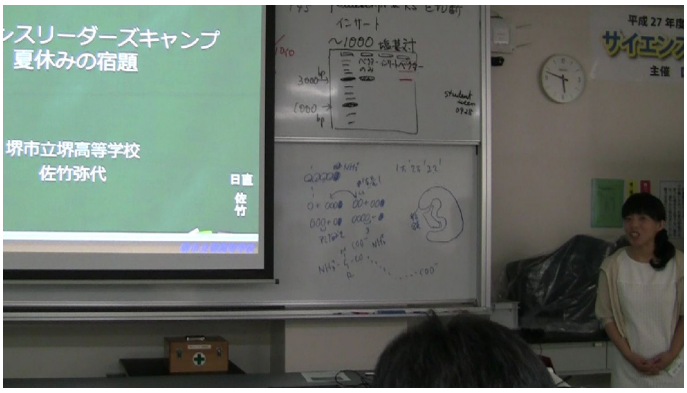
事例紹介

平成 26 年度のサイエンス・リーダーズ・キャンプ受講者 3 名が、キャンプの実習内容を勤務校での授業や教員対象の講習会に取り入れた事例について、実施までの経緯、実施時の様子、生徒の反応、今後の課題等などを紹介した。

事例紹介-1　穴見美希（熊本県立第一高等学校）



事例紹介-2　丸川晋一（広島県立竹原高等学校）



事例紹介-3　佐竹弥代（堺市立堺高等学校）

講義「無細胞タンパク質合成実験の新学習指導要領生物への導入」

片山　豪（高崎健康福祉大学　人間発達学部）

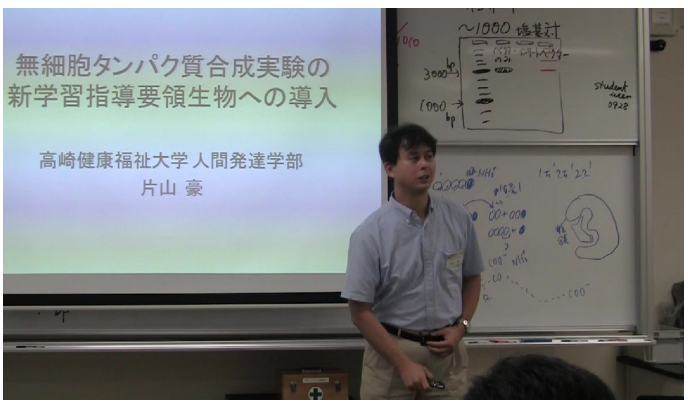
本キャンプの目的の一つである新しい学習指導要領による生物の学習に有効な実験や教材を考えるため、一例として無細胞タンパク質合成実験を取り入れたセントラルドグマの学習について、具体的な実験内容や授業の実施例およびその有効性などについて説明した。

講義概要

平成 21 年に高等学校学習指導要領（以下新学習指導要領）が改訂された。特に生物分野に関しては、現行学習指導要領に比べて、配列だけでなく、内容も大幅に変更された。新学習指導要領解説には、「生物基礎、(1) 生物と遺伝子、イ遺伝子とその働き、(ウ) 遺伝情報とタンパク質の合成」の単元において「転写と翻訳の概要については、DNA の塩基配列から mRNA の塩基配列へ、mRNA の塩基配列からアミノ酸の配列へという情報の流れを扱う。」と記載がある。よって、この単元ではセントラルドグマの流れを生徒に理解させることが主なねらいといえる。しかし、「生物基礎」では、旧課程「生物Ⅱ」のような mRNA や tRNA、リボソームの関係を示した転写、翻訳の詳しい仕組みを扱わず、実験に関しても形質転換実験も扱わないで転写、翻訳を扱うことになる。

コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系は、愛媛大学の遠藤弥重太らによって確立された試験管内でタンパク質を生産する先端技術である。この方法を用いれば、形質転換実験必要ないので、「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書（カルタヘナ議定書）」およびその日本国内法規である「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物多様性の確保に関する法律（カルタヘナ法）」にとらわれることがない。そのため、教育現場に導入しやすい実験である。コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系は、他の無細胞タンパク質合成系に比べ、高収量、低いコドンの選り好み性、広い反応至適温度域を持つことから実験が容易であり、食品であるコムギを利用しているので、低価格に加えてバイオハザード問題や生命倫理問題も解決している。以上のことから従来の「生細胞を利用する組換え法」とは異なり、滅菌器や培養装置など特別の高価な設備を必要としないため、一般的な小・中・高校での実験・実習に適している。

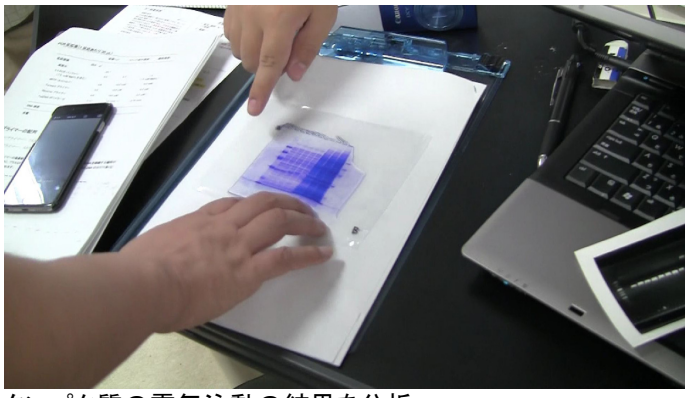
そこで、今回のキャンプでコムギ胚芽無細胞タンパク質合成法を用いてセントラルドグマを可視化する実験が企画されている。この実験はまだ発展途上の段階なので、教育現場でどのように扱っていくか一緒に考えていきましょう。

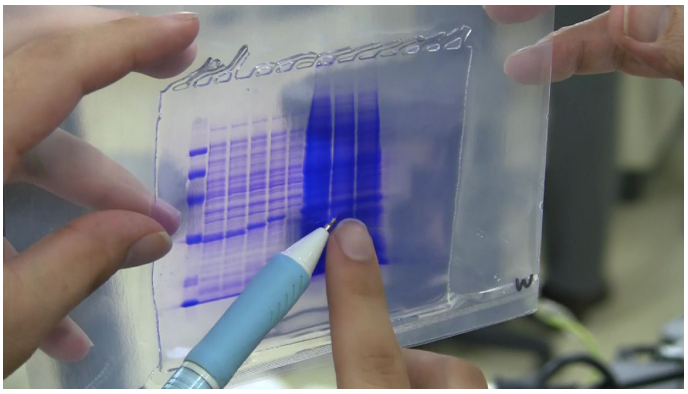


講義「無細胞タンパク質合成実験の新学習指導要領生物への導入」

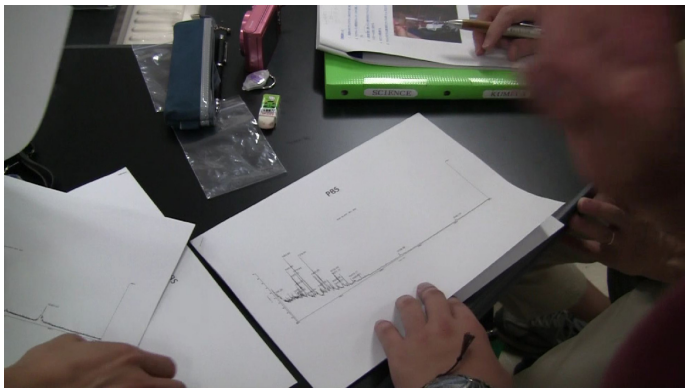
◆20:20～21:30（当初の予定　20:00～20:30）
実験結果の観察

タンパク質の電気泳動、質量分析の結果、塩基配列の解読などの結果を解析し、塩基配列とタンパク質の関係を理解するとともに、4 日目の発表の準備を行った。

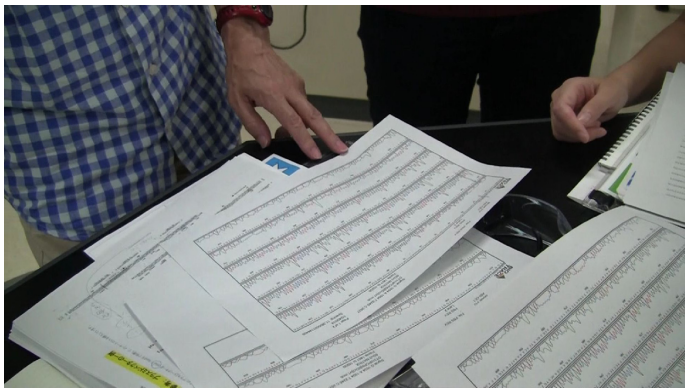




タンパク質の電気泳動の結果を分析



MLDI-TOFMAS による分子量測定結果を解析



プラスミド DNA の塩基配列を解析

4 日目の発表に備えて分析結果を整理

キャンプ 4 日目＜7 月 31 日（金）＞

◆9:00～10:00 （当初の予定 9:00～10:30）

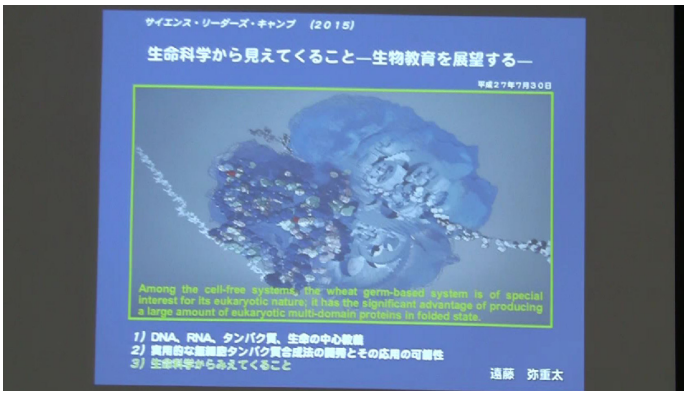
講義「生命って、私って？」

遠藤 弥重太（愛媛大学特別栄誉教授）

遠藤弥重太（特別栄誉教授）が、無細胞タンパク質合成の原理や実用化に至る経緯、生命科学の研究における重要性、今後の発展的な応用のみならず、分子生物学に基づいた生命観などを説明した。さらに最近アメリカで取りくんでいる新たな研究などについても説明された。受講者はキャンプ中に学習した内容に対する理解を深めるとともに、遠藤教授の生命観や今後の生命科学研究に対する熱意に感動した様子であった

講義概要

「我々は何者か？・・・」、ゴーギャンの絵の表題にも見られるこの疑問は、太古の昔から我々を悩まし続けてきた。17世紀にデカルトは、「我思う故に我あり」と説明したが、人類のこの最も根源的な疑問の答えにはなっていない。そこで私は、発展著しい生命科学の成果を活用して、このような課題に対しても熟考できるアイデンテイテイーを持った人材育成を目的とした新しい教育方法の導入を提案したい。生命体は、DNAに記載された遺伝子情報が中心教義と呼ばれる“DNA ⇔ RNA ⇒ Protein”の順序で変換された数十万種のタンパク質の機能によって営まれている。この情報変換過程のうち、最近になってタンパク質を試験管内合成（無細胞タンパク質合成）できるようになり、それまで“不可能と思われていた“生命中心教義”のすべての過程が試験管内で再現できるようになった。そして、従来のバイオハザードや生命倫理問題の壁が打破され、医学・薬学・農学や工学分野での基礎・応用研究が益々加速されてきている。さらに、60年前にクリックが提唱した中心教義の過程が化学反応で成り立っていることの簡単な実証が可能となり、我々はこれらの技術を教育に活用することを考えた。この生物教育教材を用いることによって、我々の思考などをも含むすべての生命活動は化学反応で有り立っていることを若者が主体的・論理的に理解し、人生や社会のあるべき姿を考えることができるようになれば、と期待している。「何者か？」等の哲学的思考能力は、ヒト大脳の進化過程で社会選択圧とはならなかったのだろう。ヒトを知り理解する生物学が、すべての教育科目の基礎となる日が遠くないことを期待する。



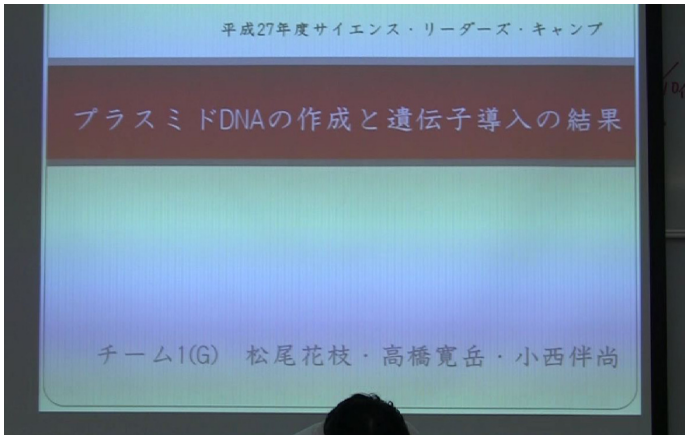
講義「生命って、私って？」

◆11:00～12:00（当初の予定 10:30～12:00）
実験結果の解析と発表の準備

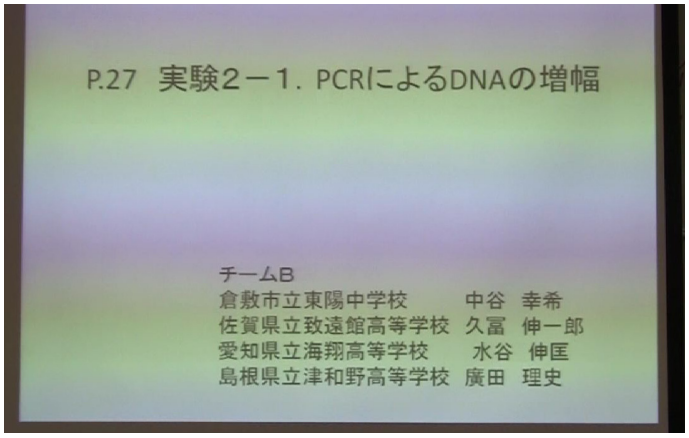
午後からの発表に備え、実験データーを解析し、考察をまとめて発表用のスライドを作成した。

◆12:30～14:00 （当初の予定 12:45～13:45）
結果の考察と発表

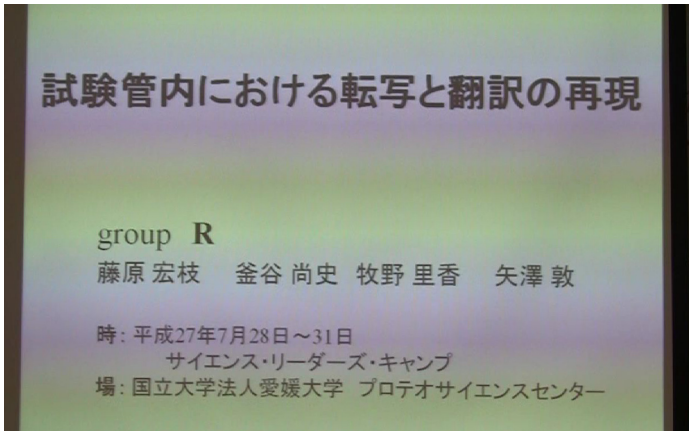
キャンプにおける学習のまとめとして、各チームがそれぞれキャンプ初日に提示されたテーマで実験結果をとりまとめ、解析結果と考察を発表した。各チームとも的確なデーターの解析とそれに基づく考察について、工夫をこらしたスライドを用いて説明した。発表などにおける指摘などを参考として改訂したスライドを各チームが提出した。(本報告書60～74ページ)



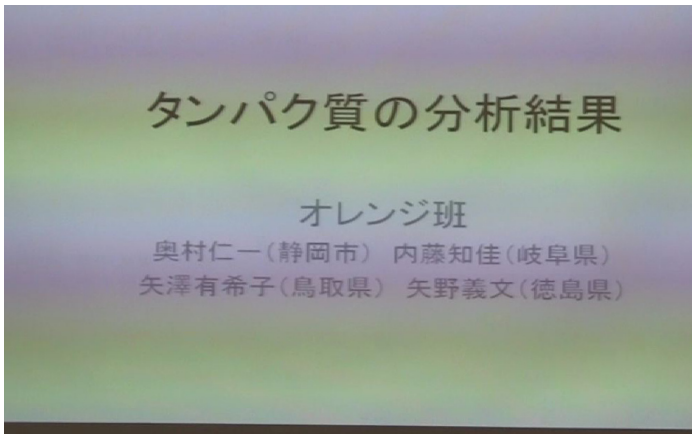
チーム G: プラスミド DNA の作製と遺伝子導入の結果



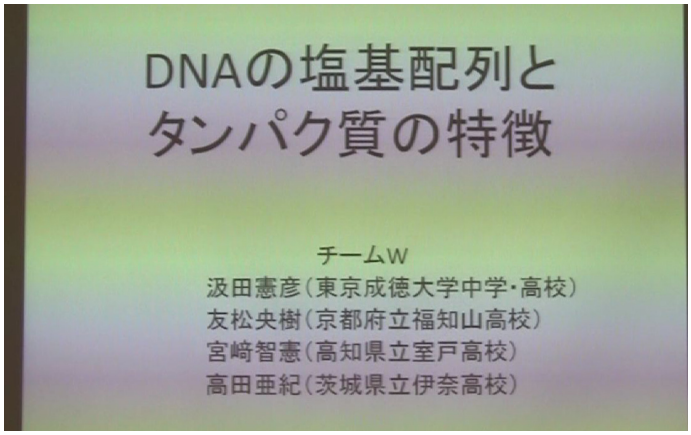
チーム B: PCR による DNA の増幅



チーム R: 試験管内における転写と翻訳の再現



チーム O：タンパク質の分析結果



チーム W：DNA の塩基配列とタンパク質の特徴

◆13:55～14:10 （当初の予定 13:45～14:00）
閉講式

坪井センター長から各受講者に受講証明書が手渡されたのち、世界を目指した子供たちを育ててほしいこと、およびポストゲノムの研究としてタンパク質研究が非常に重要であること知ってほしいことが要望された。また主担当者から今後、4日間の成果を活用して関連分野の授業の実践、研修会などでの報告、教材開発などが求められていること、さらにそのためにe-ラーニングシステの利用について説明された。

坪井センター長からキャンプ受講証明書を受領

実習を手伝った TA に感謝

キャンプ終了後

◆提出物のとりまとめ

キャンプ終了後の提出物について、「参加のしおり」において以下のように指示した。

①観察・実験、探究活動の生徒用プリント

ポスターセッションでいろいろな先生方と意見交換をした結果、事前学習で作成した生徒用プリントを修正してください。全員分を集めて冊子にしたいと思います。

②講義報告書

4 日間の講義および実験などの取り組みを報告書としてまとめたいと思います。3-4 人一組で決められたテーマについて作成して頂く予定です。書き方、担当テーマは後日連絡します。講師の講義風景や受講者の様子も写真を撮って報告書に貼り付けてください。

③感想

全体を通した感想を 1000 字程度で書いてください。用紙はキャンプの時にお渡しする予定です。

それぞれ受講者から提出されたものを以下のようにまとめた

①観察・実験、探究活動の生徒用プリントについては、提出されたものに教師用資料を追加して「生物基礎」「生物」の観察・実験指導資料とて冊子にまとめた。

②講義報告書については、キャンプ最終日午後の発表スライドをもとにして、グループごとに相談し、修正したものを提出させた。特に文章化は求めなかった。(本報告書 60～74 ページ)

③感想については、キャンプ終了後に提出されたものをそのまま掲載した(本報告書 75～92 ページ)。

◆授業や研修会での発表などの取り組みに対する支援

1. e-ラーニングのサイトを運営した。受講者の間での連絡(主に提出課題に関する相談)、受講者からの実験に関する相談、受講者による授業実践などの報告、キャンプ時の映像や実験操作 DVD の掲載などに利用した。

2. キャンプ終了後、勤務校における授業の実践や、教材開発、研修会などでの報告等の実施に際して、実施する際の注意をしたり、以下のような試薬、器具などを送付したりした。
   翻訳実験簡易版、試薬と器材　4 セット
   転写翻訳実験キット　6 セット

3. 12 月上旬、受講者にキャンプ後の取り組みに関するアンケートを実施した。12 名から回答があり、授業や発表などの件数は、以下とおりであった。また e-ラーニングのサイトおよび e-メールによって随時取り組みの様子、作成した資料等の報告を受け付けた。アンケートの回答における実施の件数は以下の通りであるが、これ以外にもメール等による実施報告が 1 月の時点で 3 件あった(本報告書 93～129 ページ)。
   - ✓ 授業でキャンプの様子や内容を紹介　8 件(今後の予定が 4 件)
   - ✓ 関連する内容の実験授業を実施　5 件(今後の予定が 7 件)
   - ✓ 研修会などでの報告や実習の実施 6 件(今後の予定が 6 件)
   - ✓ 教材の開発と授業での実施 0 件(今後の予定が 3 件)
   - ✓ 課題研究の指導、科学コンテストなどでの発表、AO 入試や推薦入試の実績がのべ 10 件

イ. 受講者の成果物やレポート

◆ ポスター発表の資料＜観察・実験、探究活動の生徒用プリント＞ ⇒本報告書31～50ページ

キャンプ期間中に実施したポスターセッション「生命を理解するための教材と探究活動」の際に配付された資料（一部はその抜粋）を掲載した。

◆ 講義「生命科学における才能教育」の課題 ⇒本報告書51～59ページ

キャンプ1日目に実施した講義「才能ある生徒を伸ばすための方策」課題2に対して提出されたレポート（15人分）を掲載した。

◆ 発表スライド（講義報告書） ⇒本報告書60～74ページ

キャンプ中の実験内容やその考察をとりまとめるため、初日に各グループに以下のようなテーマを設定し、最終日にスライドを使って結果の解析と考察を発表させた。キャンプ終了後、そのスライドを各自持ち帰り、追加訂正した後、最終的に提出されたものを35-48ページに掲載した。

チームG　プラスミドDNAの作製と遺伝子導入の結果
チームB　PCRによるDNAの分析結果
チームR　試験管内における転写と翻訳の結果
チームO　タンパク質の分析結果
チームW　DNAの塩基配列とタンパク質の特徴

◆ 感想文 ⇒本報告書75～92ページ

キャンプ終了後、各受講者が提出した感想文を、原文のまま掲載した。

◆ キャンプ後の取り組みに関する報告 ⇒本報告書93～129ページ

本キャンプのために開設されたe-ラーニングのサイトの抜粋およびキャンプ終了後の授業実施や研修会での紹介などの報告（e-ラーニングのサイトに投稿あるいはメールに添付）を掲載した。

～～

◆「生物基礎」「生物」の観察・実験指導資料 ⇒別冊

キャンプ期間中のポスターセッション「生命を理解するための教材と探究活動」に関するディスカッションおよび講義や実習で学んだことなどを参考として発表概要を加筆修正（あるいは新たに作成）した生徒用プリント、および新たに作成した教師用指導用プリントを併せて冊子としてまとまた。

探究生物　（基礎実習３）　酵素の働きとバイオリアクターの製造

１酵素（カタラーゼ）の性質

【準備】 材料　肝臓片（ジャガイモ）

器具　線香、マッチ、試験管、試験管ばさみ、試験管立て、ビーカー、乳鉢
ピンセット、シャーレ、駒込ピペット、氷 、小石、ろ紙、ろうと

薬品　酸化マンガン、過酸化水素水（５％）、0.1mol/L HCl 、1mol/L NaOH

【方法】

１．　肝臓片を５ｍｍ立方ほどの大きさに刻み 20 個ほど用意し、乳鉢ですりつぶし、蒸留水を加えてろ過する。これを酵素液とする。20ｍｌほどにする。

２．　試験管３本用意し、それぞれに水を１ｍｌを加え、過酸化水素水３ｍｌずつ入れる。

３．　Ａには酵素液を１ｍｌ、Ｂには酸化マンガンを数個、Ｃには小石を数個入れる。

４．　気体が発生した試験管に、火のついた線香を入れ観察する。

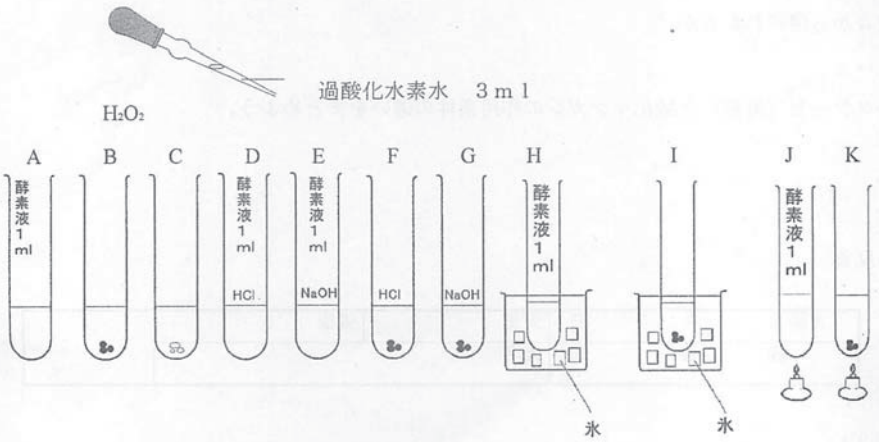
５．　別の試験管２本（Ｄ、Ｅ）を用意し、過酸化水素水３ｍｌずつ入れ、
Ｄには 0.1 mol/L HCl、Ｅには 1 mol/L NaOH をそれぞれ１ｍｌ入れてよく振る。

６．　Ｄ、Ｅにそれぞれ酵素液１ｍｌを入れて反応を見る。

７．　別の試験管２本（Ｆ、Ｇ）用意し、過酸化水素水３ｍｌずつ入れ、
Ｆには 0.1 mol/L HCl、Ｇには 1 mol/L NaOH をそれぞれ１ｍｌ入れてよく振る。

８．　Ｆ、Ｇにそれぞれ酸化マンガンを数粒ずつ入れ反応を見る。

９．　別の試験管４本（Ｈ～Ｋ）を用意し、ＨとＩの試験管に過酸化水素水３ｍｌずつ入れ、氷と水を入れたビーカーに入れ冷やしておき、ＪとＫの試験管に水２ｍｌと酵素液１ｍｌと酸化マンガンを入れて水が半減するまで煮沸し、常温まで冷やす。その後，ＪとＫに過酸化水素水３ｍｌを加え反応を見る。



【結果】

表１

	A	B	C
環境	水（中性）		
材料	酵素液	MnO_2	小石
反応			

表２

	A	D	E
環境	水	HCl	NaOH
材料	酵素液		
反応			

表３

	B	F	G
環境	水	HCl	NaOH
材料	MnO_2		
反応			

表４

	H	I	J	K
環境	氷(低温)		煮沸	
材料	酵素液	MnO_2	酵素液	MnO_2
反応				

反応が激しかったものには◎
少し反応が見られたものには△
反応が見られなかったものには×

【考察】

１　過酸化水素水が分解される反応式を記せ。

２　表１から何がわかるか。

３　表２から何がわかるか。

４　表３から何がわかるか。

５　表４から何がわかるか。

６　カタラーゼ（酵素）と酸化マンガンの作用条件の違いをまとめよう。

感想・反省

実験日　　月　　日	天気	気温	
組　　番　　班	氏名		

遺伝情報の発現のしくみを理解し，タンパク質の立体構造とそのはたらきを考えよう

1．目的

担子菌ヒトヨタケ（*Coprinus cinereus*）の実際の遺伝子 *num1*（R. Makino 2004）の塩基配列をもとに，遺伝子の構造を知る。転写・翻訳のしくみをワークシート上で再現し，アミノ酸配列から合成されるタンパク質の二次構造について考察する。また，その立体構造から細胞内でのタンパク質のはたらきを予測する。

2．手順

（1）遺伝子の構造を理解する。（資料１）

プロモーター，イントロン，エキソンの配列

制限酵素部位

（2）遺伝子の一部分（第５エキソン）の配列を転写・翻訳する。（資料２）

（3）アミノ酸配列からタンパク質の二次構造を考察する。

ヒント：

「生物」（1）生命現象と物質　ア 細胞と分子　（イ）生命現象とタンパク質
ウ 遺伝情報の発現　（ア）遺伝情報とその発現

```
   1  GGATTTGGCGACGTAGGTTCGTGGAATGGAGCTGCAGAAGTAGCTTTGAGCAAAAAGTAA
  61  GAAATATGGGTCAATTTCCACAGGTTGCGGGGCTTTACCTCTTGACACATTTGAGGAGTG
 121  CAAGGACCGTTGGAGGGTGATTCGAGAAGCCCCAACGATGGCCGAGCGTCTGGCGACGGT
 181  TTGTAGAGCCGCTGCCTGCGCGGAGGGCGATACGGGAGGCCATTGTTGGCAGCGACTGAC
 241  GATGGAAGACGAAACGGGACGAGGTCGGTTGGCAGCGAACCTGACTTCGGCAATTGCCGG
 301  CCTCTTTCCCAAACCCCGACCGCTGACCGCGAAGGGCGGCGAGTTTACCGCGACCACCTC
 361  AATTTCCAGACAACCACTACAGTC

 385  ATGTCGCAAGGACCTAATTCTGAAATCTTCGACAGTCTACCGTACTATGACGATGACCTA
                                                                  20
 445  CAAAAGTACCCAAATCTGAAATCTAAAGTCGACCAAGAATTGGCGCGCGAATTGAAAGCT
                                                                   0
 505  TTGAATCCAACCGCGGCGCTCCATCCACGCGTTCCCCCGCCTGTAGAACTATTTGCTgtt
                                                                  59
 565  cgtgagcagtctttatgcacagaaggaagtgtatgtgctgacaaaatcgcgtttcaagGA
                                                                  60
 625  TAGACCGCTGTTGAAAGCAGAGTTGGATCGAGTCAAGGCCAGCCAGCCATTCCCATCGCT
                                                                  80
 685  CGACACATTGCGCTACCAACTACCTGCGCCAACATCCACACCGGCAACGGATGAGGAGTG
                                                                 100
 745  GAAGGCAGCTCTTAATAATGCCCGTGCTCAATTGCAACACCAGCGGATACGgtgcgttca
                                                                 117
 805  tctaccttgaaccctcgttgaattctaactgatattggtactagGCAGACAAATGGGACG
                                                                 122
 865  CTCCTTCAGACGTACGGAGCGAACGCCTGGAGAATTCAGAATTACCTCCTCGGGTCCACG
                                                                 142
 925  GTGAAGCAGGTTGAGAGCTTAGCCGAAGAGTTGAAGCAGAAGACGGTAGAGGTGAACAGG
                                                                 162
 985  GAAAGAAAGAACGACCAGgtaagttcattcttgctggactggtcatactgcatgccccgt
                                                                 168
1045  ggacttggaaagagatattcgtatcaaccttcgactttcctgggatctggtgaaggggcg

1105  acgcttgcctccatgaaatgcactggtctttgatggcttgcgtttgtcctggagcctcgc

1165  atggttcccactcgttccggactatcgggagatgaccttgcacgcccagtatggtggtcc

1225  tgttacgagtgtgtatatttcgaatgtgtaaaggcaggtcaggatctagagactgcaaca

1285  tgcttggtgcaaggtcatctctggatggttgacccgaatctaatcctatccacacggagc

1345  atcaatatgggccggcagcatgccatatccacgttgcagaagcagagtactgacattatc

1405  attagGAACGTCTCGGCAAGCAGTTAACCTCATTGGAAACACGTTGGACGGAGCTGATTT
                                                                 187
1465  CAAACATCCTGCAAATTGAAATGGCCAACATCGCGCTGGACGCAGAGATTGACCGATTGA
                                                                 207
1525  ATCAAAAGGAAGCCGAGCTGGCGCAGCAAATATAG
                                                                 217

1559  CTGCTTTGCGTTGCTTTCTCTTGTTTCTGCTTTGCGTTGCTTTCTCTTGTTTCCAGTCCA
1619  CTCTGATTTTTCAATATGACATTTTGTACTTGGAACAGTCGCGGAGTTTCAGTCTTTGAA
1679  AGTTAACGTTGAATGTGCGGAACAGTACACTCTGCCGCATTCATCGATCTGTGAGACAAC
1739  ATAAAGATTCGAGGAGTTCTTTCTGCCAATGAAGCTTCATTGCTGAACTTGAAACGGTTG
1799  AGGGCCTAAAGATATTGCTGTTCATTAAAGCTTCCCCGGACTACCTTCCTTTTTCGTTTA
2859  TAAATACCGGCCGTCGGCCGGGGTTCAAGCGAGTTGGCACCAGAACTGTTGTATCCTCCT
2919  TCGAACATATCCCTCATCACACTGGAGGTTATATCCCCAGGTAAGCCTATTGGCATTGA
2979  TTTTAAACAGCTTTCTAACAGATGTTAATCAATGAACCTACATTCTG
```

資料１

num1 遺伝子（*Coprinus cinereus*: R. Makino 2004）の全塩基配列

＜ブタの眼球の観察＞

☺ブタの眼を観察し、眼の構造を理解しよう！

材料 ブタの眼球

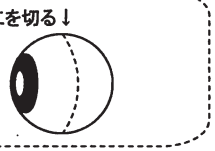
器具 解剖用ばさみ　（メス）　ピンセット　トレー　スライドガラス　熱湯

方法

①眼のまわりの筋肉をはさみで切って取りのぞく　（視神経は切らないように注意！）

②全体の様子を外側から観察する

③強膜を切り、前と後ろに分ける　（ここを切る↓）



④内部のガラス体の様子を観察する

⑤後ろ半分を用いて、網膜・強膜を観察する
　網膜をはがしていくと1ヶ所に集まるのがわかるかな？そこはどこだろう？

⑥視神経を観察する

⑦前半分を用いて、まず水晶体を取り出して観察する
　前後で形（ふくらみ）が違うのがわかるかな？

⑧虹彩や角膜を観察する
　チン小帯や毛様体はわかるかな？

⑨水晶体をスライドガラスにのせ、新聞紙の上に置いてみる
　どう見えるかな？

⑩水晶体の観察が十分できたら、水晶体を熱湯の中に入れてみる
　どう変化するかな？

片付け 十分に観察できたら片付けをする
- ハサミとピンセットを、ティッシュペーパーでしっかりと拭く。
- 眼球やゴミは、すべてアルミ箔に包んで捨てる。
- しっかりと手を洗う。

「生物」　（3）生物の環境応答　ア　動物の反応と行動　（ア）刺激の受容と反応

観察結果

☺スケッチしたり、言葉で表現したり、自由に記録しよう！

✍全体の様子・ガラス体・網膜・強膜・視神経・水晶体はどうなっている？

- 網膜をはがしていくと＿＿＿＿＿＿の部分に集まる
- 水晶体を新聞紙の上に置くとどう見える？

- 水晶体を熱湯に入れるとどうなる？

→このことから水晶体は＿＿＿＿＿＿でできていると考えられる

✍全体の感想

クラス＿＿＿＿＿＿　番号＿＿＿＿＿＿　氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

D　N　A　の　抽　出

（　）年（　）H　No.（　）　氏名（　　）

（　）月（　）日・天候（　　）・共同実験者：（　　）

1．目的

遺伝子の本体である DNA を簡単な方法で取り出して、観察をしてみる。

2．準備物　　≪一組（2人）分≫

材料：ブロッコリー（小房にわけ冷凍したもの）

器具：はさみ、乳鉢、乳棒、ビーカー、ガラス棒、メスシリンダー、茶こし

薬品：24%塩化ナトリウム溶液、1%ドデシル硫酸ナトリウム（SDS）溶液または洗剤（漂白剤などの添加物の少ない台所用中性洗剤）、99%エタノール（冷やしたもの）

3．実験操作・結果・考察

（1）操作　・・・　実験は室温にて行う

【注意事項】

※ 長鎖 DNA は切れやすいので、抽出液を加えた後（操作②以降）は、緩やかに行うこと。

① DNA 抽出液をつくる。24%塩化ナトリウム溶液 15mL に、1%SDS 溶液（または 10 倍に薄めた洗剤）15mL を加え、30mL にする。

② 冷凍したブロッコリーの花芽をはさみで細かく切り、乳鉢でよくすりつぶす。すりつぶしたブロッコリー30 g 程度を 100mL ビーカーに入れる。

③ ②のビーカーに①の DNA 抽出液 30mL を加えてゆるやかに混ぜ 10 分ほど放置する。

④ 200mL ビーカーの上に茶こしをセットし、③の抽出液をこす（約 20mL）。

⑤ 冷えたエタノール（約 40mL）を静かにビーカーの壁に伝わらせ、抽出液の上に層になるように注ぐ。

⑥ しばらく放置すると、アルコール層に DNA が浮上してくる。

（2）実験の記録

実験結果の様子（スケッチ）	コメント等

▲見た目の様子を描いてみましょう　▲物質の様子や形状を書いてみましょう

（3）確認問題

①DNA の構造の構成単位を答え、それを説明せよ。（　　）

（教科書 p.46 を参考にしよう）

②核の中にあり、DNA を含むものは何か。（　　）

また、その構造と成分について説明せよ。

（4）考察 … この実験の材料には、細胞に対して核の占める割合が大きいものの方が適している。この理由について述べよ。

炭素マイクロフォン

（　）年（　）H　No.（　）　氏名（　　）
（　）月（　）日・天候（　　）・共同実験者：（　　）

１．目的

鉛筆の芯を利用して、作成する簡易のマイクロフォンの構造や原理を考える。またこの装置を生体での受容器と興奮の流れについても置き換えて確認していくことを目的とする。なお、この実験は**３人一組**で行う。

２．準備物　≪一組（３人）分≫

- 紙コップ…１個
- 導線（短）…２～３本
- クリップ付リード線…３本
- 製図用の芯（鉛筆の芯）…２本
- 単一乾電池…２個

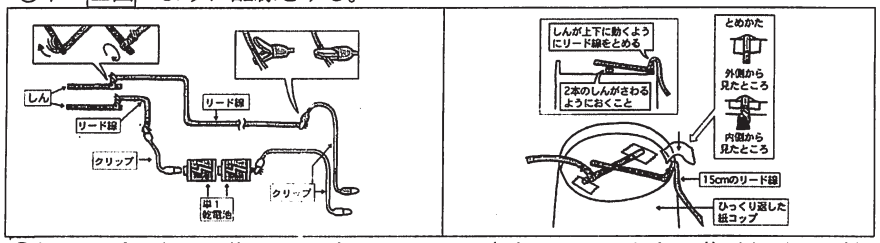
＜班で共有＞

- 試験管ばさみ（ペンチ代替）
- ハサミ
- セロハンテープ

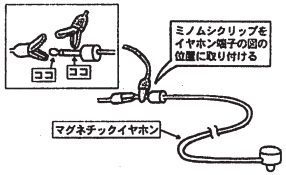
３．実験操作・結果・考察

（１）装置作成

①耐熱皿に水を張っておく。
②鉛筆の芯をバーナーで燃やす。（脂分を取り除くため）
③火が消えたら、耐熱皿の水に入れて３０秒程度冷やす。
④鉛筆の芯を 3cm ほどに切る。２本つくっておく。（残りは取っておく）
⑤導線の両端のビニル被膜をとっておく。
⑥下の左図のように配線をする。



⑦紙コップの底に、芯をテープでそれぞれ固定する。このとき、芯がたがいに触れておくように注意する。（上の右図）
⑧残りのクリップの先を、イヤホンのプラグに固定する。（プラグの黒線を越えないように注意。下図参照）



※芯が折れたりした場合は、残りと取り換えること。

参考 URL　http://www.eyeladream.com/exp/ex-200312.html

（２）試行　…　２人ずつ順番に行う。

①一方が、イヤホンをつけて装置から距離をとる。もう片方は紙コップの底面が上になるように固定する。その底に声を当ててみよう。

②底を手で覆うようにして、声をあてると伝わりやすい。

③聞こえたら、ローテーションで役割を交代してみよう。

※聞こえない場合の対処
・直接、紙コップの底を爪の先で軽く叩いてみると聞こえやすい。

・それでも聞こえない場合、芯がたがいに接触しているか、紙コップの底に当たっているかを確認する。

（３）確認問題

①音の正体は、何か。（　　）

②音の受容器は、何か。（　　）

③受容器から大脳までは、神経の興奮が信号となり伝わっていく。この興奮の正体は、何か。（　　）

（４）考察

①装置内において、音波が別の信号に置き換えられた部分（部品）はどこであるか記せ。

②人間の体において、①の部分にあたる器官は何か、考察せよ。

1.4 DNA from Broccoli

Procedure

1. Fill the 500-ml beaker or small ice chest 2/3 full of ice.

2. Pour 5 ml of ethanol in a test tube, then put the test tube in the beaker of ice.

3. Prepare a detergent-salt solution by mixing 1 ml of the dishwashing detergent and .15 gram (g) of table salt in a 50-ml beaker. Add water to bring the total volume to 10 ml. Stir gently. Place this small beaker of detergent-salt solution on ice in the large beaker.

4. Prepare a sugar solution by placing 1.1 g of table sugar in a 50-ml beaker. Add water until the solution equals 10 ml. Place this small beaker of sugar solution on ice in the large beaker (Figure 1).

5. Place a small piece of Broccoli, into the mortar. Add enough chilled sugar solution to cover the Broccoli. Use the pestle to grind the Broccoli, and thoroughly mix it with the sugar solution until it has the consistency of slush.

6. Place all 4 pieces of cheesecloth inside the funnel (Figure 2).

「生物基礎」　（1）生物と遺伝子　イ 遺伝子とその働き　（ア）遺伝情報とDNA

7. Stand the funnel in a 200-ml beaker. Pour the Broccoli-sucrose solution mixture into the funnel, and collect the *filtrate* in the beaker.

8. Pour a small amount of filtrate into a test tube, filling it about 1/4 full.

9. Add an equal amount of the chilled salt-detergent mixture to the test tube of filtrate.

10. Gently shake the test tube to mix the filtrate with the detergent-salt solution. Caution: Do not shake the test tube so much that you create foam.

11. Slowly pour 5 ml of the chilled ethanol down the side of the test tube so that it forms a layer on top of the filtrate-detergent-salt mixture.

12. DNA will precipitate out of solution at the interface between the filtrate and the alcohol. Use an inoculating loop or long wire to gently lift the DNA out of the test tube.

Group Member　HRNo. (　　) Name (　　)
HRNo. (　　) Name (　　)
HRNo. (　　) Name (　　)
HRNo. (　　) Name (　　)

ポスター発表資料（観察・実験、探究活動の生徒用プリント）【久富 伸一郎】

3年選択生物 授業プリント【　　】（　　）

授業日：　　月　　日（　　）第　　時間目

探究活動（教科書 196～）

4．鳥類の発生の観察（ウズラの胚の観察）→「親になろう！プロジェクト」

ウズラの有精卵（種卵）を孵化させてみよう！

(1)ウズラの孵卵操作で事前に知っておかなければならないと思われる事柄とその内容
（分からないことは調べてみよう！）

(2)お互いに情報交換しよう→知らなかったこと、気づかなかったことを書いておく

(3)孵卵 34 時間・46 時間後の胚のスケッチ

(34 時間後)	(46 時間後)

スケッチをして思ったこと、感想等

(4)第 1 回検卵（5 日目）：　月　日（　）
観察内容等

感想等：

(5)第 2 回検卵（10 日目）：　月　日（　）
観察内容等

感想等：

(6)第 3 回検卵（14 日目）：　月　日（　）
観察内容等

感想等：

(7)孵化（21 日目）：　月　日（　）
感想等：

発生中止卵の観察（スケッチと状態）

発生中止卵を見て、思ったこと、感想等

孵化の失敗の理由として考えられること（箇条書きで）

(8)孵卵実験全体を通しての感想等：

生物　DNA模型の作製

◆目的
DNAの構造について、型紙を用いた模型を作製することで理解を深める。

●用意するもの
□巻末のヌクレオチドの型紙　□はさみ　□のり

●作業
①　ヌクレオチドを型紙から切り取る。黒の実線部分はすべてはさみで切る。

②　それぞれのヌクレオチドの塩基部分が三角柱になるように点線部を山折りして、のりづけする。接合部（扇状の部分）は実線部分に沿って切れ込みを入れておき、×部分を少し裏に、もう一方を少し表にそらす。

③　相補的な塩基をもったヌクレオチドの水素結合が合うように、ヌクレオチドの上下を逆さまにして突き出た部分を差し込む。

④　ヌクレオチド対どうしが交差するように、接合部の×部分をはめこんでつなげていく。

●考察
①２本の鎖の両端に、5'末端、3'末端かを書き入れてみよう。
※主鎖部分の構造を参考にする

②２本鎖を構成するそれぞれの鎖の向きの関係は互いにどのようになっているか。

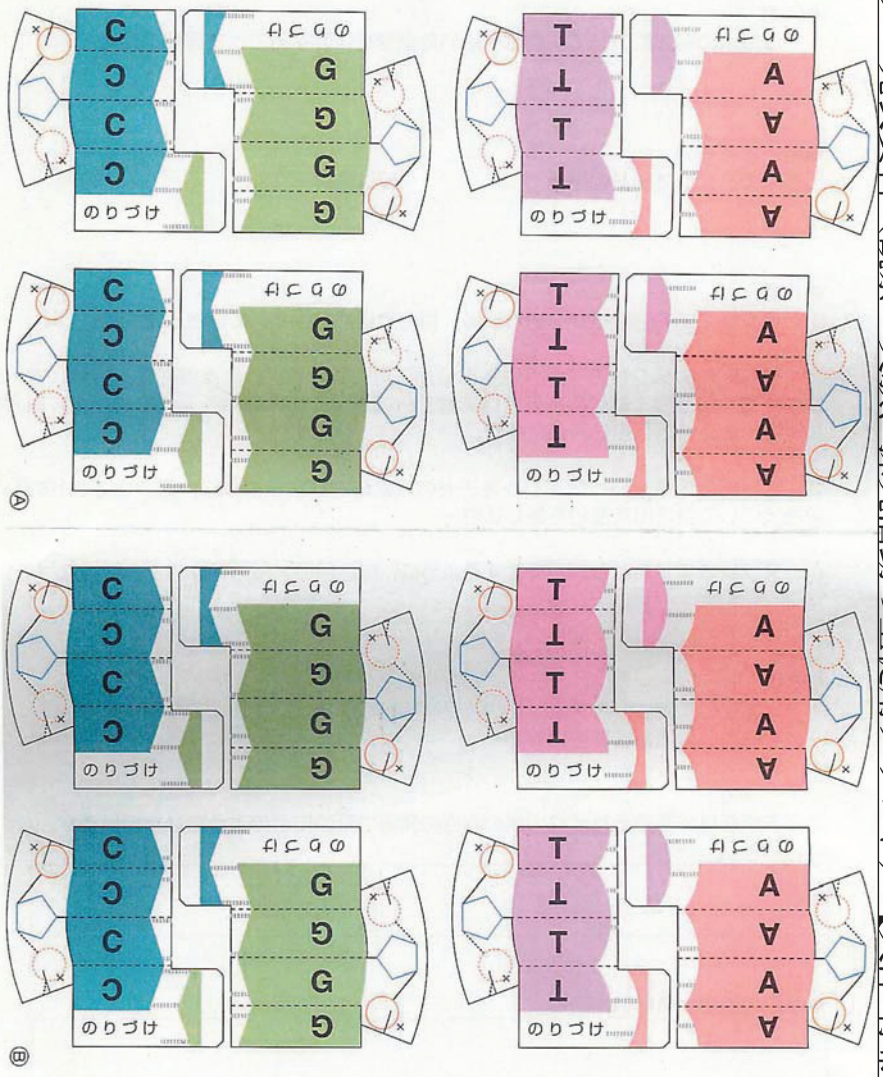
◆今日の感想・気付いたこと

年　組　番　名前

生物　第１編生命現象と物質　第３章遺伝情報の発現　１．DNA の構造と複製

ポスター発表資料（観察・実験、探究活動の生徒用プリント）【矢澤 有希子】

<数研出版　生物　巻末の型紙>



【学習指導要領の単元】 生物基礎 (3)生物の多様性と生態系 イ 生態系とその保全 (ｱ)生態系と物質循環

土の中の微生物のはたらき

「生命を理解するための教材と探究活動」生徒用プリント

1年(　)組(　)番 氏名(　　)

1．実験目的

土の中に潜む分解者（微生物）のはたらきを実験によって観察し、土の中に目に見えない微生物が存在することを知り、生態系における微生物の役割を理解する。

2．実験準備

土を採取する場所による違いを調べるために、①～④の４種類の土を準備する。

① 学校裏山の土（落ち葉や雑草が多少混入している）
② 校庭の土（日当たりのよくない場所で採取）
③ 川底の土（学校近くを流れる土師川で採取）
④ 海砂（宮津市の天橋立で採取）

3．実験方法

【実験Ⅰ】ヨウ素デンプン反応とベネジクト反応

(1) ２で採取した①～④の土を、ゴミや枯葉などを除去した後、それぞれ 40 g 量りとる。
(2) 300 mL ビーカーに入れた 10%デンプン水溶液 200 mL を４つ用意し、湯浴を用いて 40℃に加熱した後、①～④の土 40 g を加える。
(3) ７日間、湯浴内で 40℃に保つ。
(4) 毎日決まった時間に、それぞれのビーカーからデンプン水溶液 4 mL を採取し、ろ過し、ろ液を煮沸する。それを密栓して冷蔵庫内で保管する。
(5) ７日目に、ヨウ素デンプン反応とベネジクト反応により、デンプンの分解の程度と糖の生成を調べる。

★ヨウ素デンプン反応：デンプンに反応し、青紫～赤紫色に呈色する
〔実験操作〕10%デンプン水溶液と、(4)で採取した４種類の溶液 2 mL ずつにヨウ素・ヨウ化カリウム溶液を数滴加えて変化を調べる。

★ベネジクト反応：還元性の糖（ブドウ糖、麦芽糖など）に反応し、青色から赤色に変化する
〔実験操作〕10%デンプン水溶液と、(4)で採取した４種類の溶液 0.5 mL ずつにベネジクト液を 5 mL 加えて湯浴中で加熱し、変化を調べる。

【実験Ⅱ】微生物の培養と観察

(1) 水を 50 mL 入れた 100 mL ビーカーに、①～④の土を 10 g ずつ入れ、かき混ぜた後、静かに放置する。
(2) 0.1%デンプン水溶液 100 mL に寒天粉末 2 g を加え、加熱して溶かしたものを入れて固めたシャーレA, B を４組準備し、Aには(6)で用意した上澄み液を、Bには上澄み液を煮沸して冷ました液を少量加える。
(3) 20～35℃の暗い清潔な場所で３～５日間放置した後、A, Bの表面のようすを目視と顕微鏡で観察し、またヨウ素・ヨウ化カリウム溶液を加えて変化を調べる。

4．実験結果 （※対象実験としてデンプン溶液のみでも調べる）

(1) 分解生成物のヨウ素デンプン反応の結果

	0日	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日
裏山								
校庭								
川の砂								
海の砂								
ﾃﾞﾝﾌﾟﾝ								

＋＋＋青紫色　＋＋淡青色　＋薄い灰色　－変化なし(単淡色)

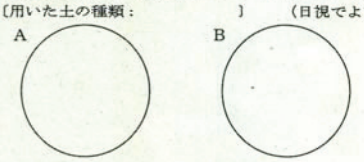
(2) 分解生成物のベネジクト反応の結果

	0日	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日
裏山								
校庭								
川の砂								
海の砂								
ﾃﾞﾝﾌﾟﾝ								

＋＋＋ 濃い橙赤～赤色の沈殿　　＋＋ 黄～橙赤色の沈殿
＋ 緑色に混濁し、少量の黄色沈殿　　－ 変化なし～青白・白色

(3) 最も変化が大きく表れたシャーレA, Bのスケッチ
〔用いた土の種類：　　〕　（日視でよい）

A　　B



5．考察

(1) ヨウ素デンプン反応の結果から分かること

(2) ベネジクト反応の結果から分かること

(3) 土の違いについて考えられること

6．感想

硝酸還元酵素の働き

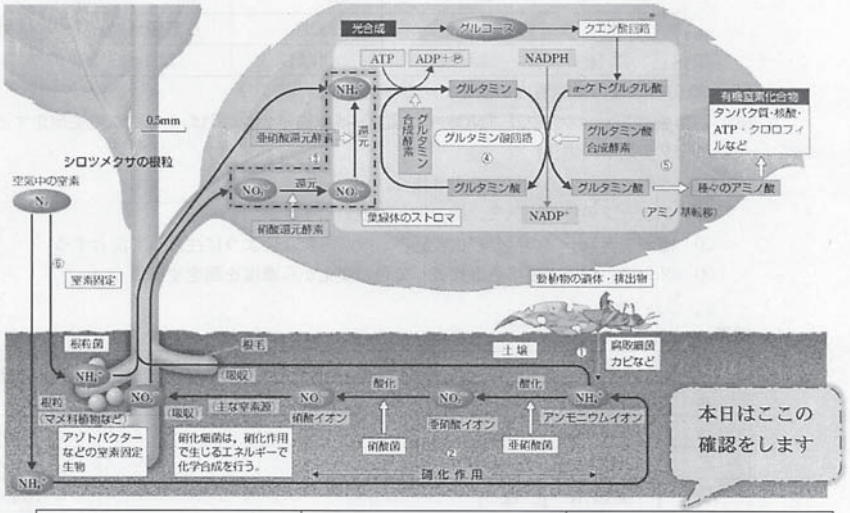
月　日(　)	年	組	番	氏名

1　目的

生物体を構成する物質のうち，タンパク質や核酸など窒素を含むものを有機窒素化合物という。動物の死骸などに含まれる有機窒素化合物は，土中で細菌などによりアンモニウムイオンに分解される。アンモニウムイオンは硝化細菌（亜硝酸菌，硝酸菌）の硝化作用により亜硝酸イオン→硝酸イオンとなり，植物体に吸収される。

吸収された硝酸イオンは根や葉で再び亜硝酸イオン→アンモニウムイオンにまで還元されたのち，各種有機酸と結合し，アミノ酸をはじめとする有機窒素化合物に同化される(窒素同化)。

植物体内に取り込まれた硝酸イオンが実際に亜硝酸イオンに還元されていることを指示薬を用いて確認する。



①	②	③
④	⑤	⑥

（第一学習社　スクエア最新図説生物より）

2　準備

身近にある植物の葉(今回はツバキの葉を用いる)	1％KNO_3
水質検査用パックテスト（亜硝酸イオン）	ハサミまたはカミソリ
恒温槽	はかり
温度計	駒込ピペット
試験管（4本）	ビーカー（4つ）

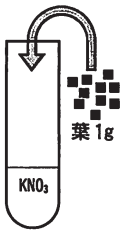
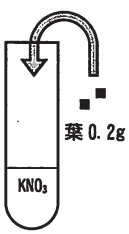
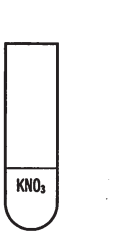
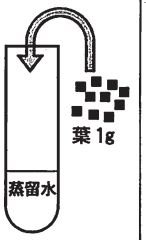
「生物」　(l) 生命現象と物質　　イ 代謝　　(ウ) 窒素同化

3　方法

(1)　試験管を用意し，試験管A，B，Cに1％KNO_3を10mL，試験管Dに同量の蒸留水を加える。

(2)　直前に採取した植物の葉を，約5mm四方の大きさに細かく切る。

(3)　細かく切った植物の葉を試験管A，Dに1g，試験管Bに0.2g加えて30℃の恒温槽（暗所）に放置する。

A	B	C	D
			
KNO_3 葉1g	KNO_3 葉0.2g	KNO_3 葉なし	蒸留水 葉1g

(4)　30分経過後，試験管内の液をビーカーに移す。

(5)　水質検査用パックテスト（NO_2^-）により，亜硝酸イオンのおおよその濃度を測定する。

〈パックテストの方法〉

①　本体に挿してあるピンを引き抜く。

②　チューブの中の空気を，指で押して追い出す。

③　溶液をチューブの半分程度吸込み、液がもれないように注意して混合する。

④　2分後、付属の標準色と比較して色の変化から濃度を測定する。

4　結果

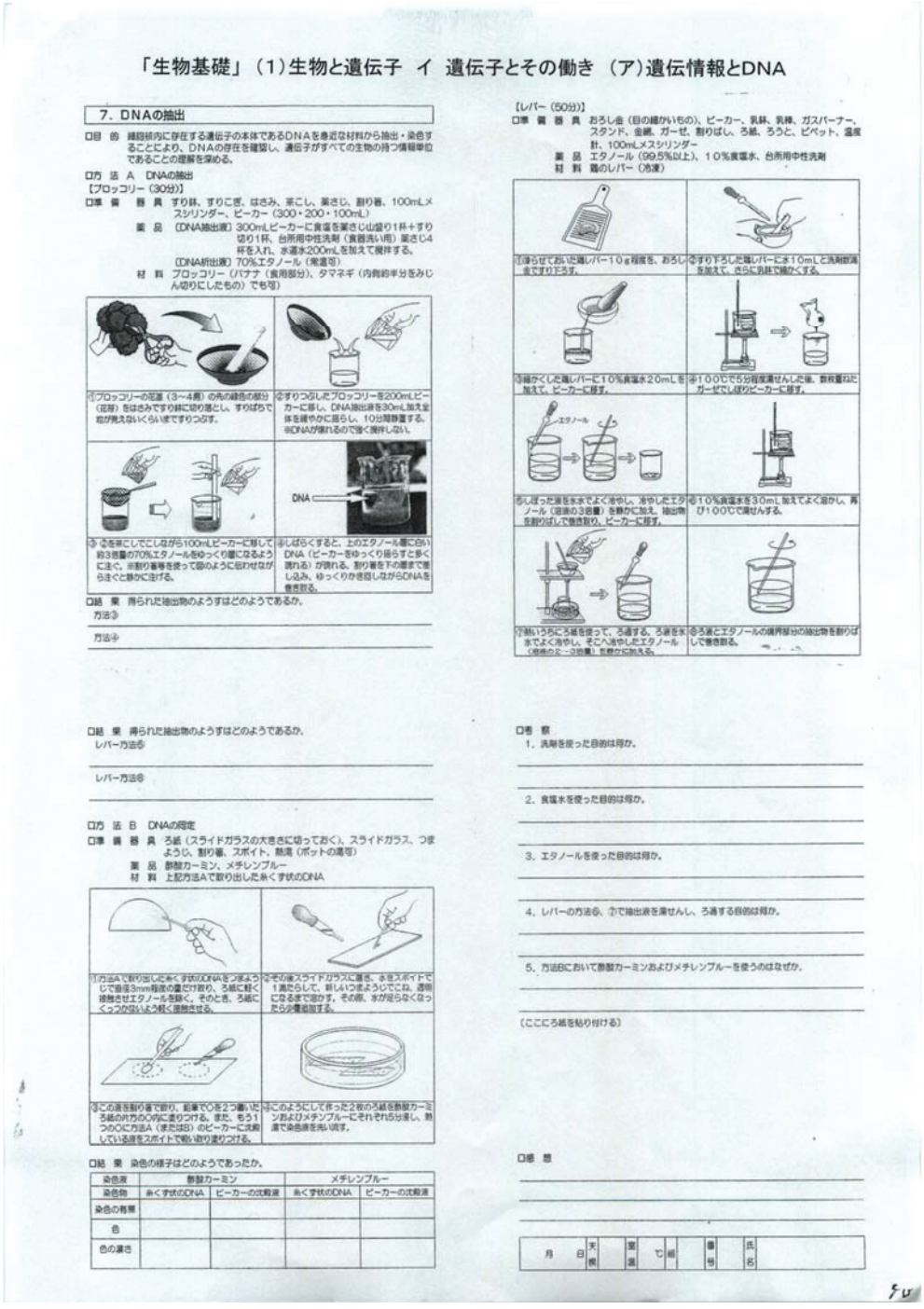
試験管	溶液	葉	色の変化（標準色と比較して）	NO_2^- 濃度
A	1%KNO_3	1g		mg/L
B	1%KNO_3	0.2g		mg/L
C	1%KNO_3	なし		mg/L
D	蒸留水	1g		mg/L

5　考察

①　試験管A、B、Cを比較してどのようなことがいえるか。

②　試験管Dの条件で実験を行ったのはなぜか。

ポスター発表資料（観察・実験、探究活動の生徒用プリント）【水谷 伸宝】



「生物基礎」(1)生物と遺伝子 イ 遺伝子とその働き (ア)遺伝情報とDNA

7. DNAの抽出

□目 的 細胞核内に存在する遺伝子の本体であるDNAを身近な材料から抽出・染色することにより、DNAの存在を確認し、遺伝子がすべての生物の持つ情報単位であることの理解を深める。

□方 法 A DNAの抽出

【ブロッコリー (30分)】

□準 備 器 具 すり鉢、すりこぎ、はさみ、茶こし、薬さじ、割り箸、100mLメスシリンダー、ビーカー (300・200・100mL)

薬 品 〔DNA抽出液〕300mLビーカーに食塩を薬さじ山盛り1杯＋すり切り1杯、台所用中性洗剤（食器洗い用）薬さじ4杯を入れ、水道水200mLを加えて溶解する。

〔DNA析出液〕70%エタノール（常温可）

材 料 ブロッコリー（バナナ（食用部分）、タマネギ（内側約半分をみじん切りにしたもの）でも可）

①ブロッコリーの花蕾（3~4房）の先の緑色の部分（花芽）をはさみですり鉢に切り落とし、すりばちで粒が見えないくらいまですりつぶす。

②すりつぶしたブロッコリーを200mLビーカーに移し、DNA抽出液を30mL加え全体を緩やかに混らし、10分間静置する。※DNAが傷るので強く撹拌しない。

③ろ液を捨てでこし布がら100mLビーカーに移して約3倍量の70%エタノールをゆっくり壁になるように注ぐ。※割り箸等を使って図のように伝わせながらそっと静かに注げる。

④しばらくすると、上のエタノール層に白いDNA（ビーカーをゆっくり揺らすと多く現れる）が現れる。割り箸を下の層まで差し込み、ゆっくりかき回しながらDNAを巻き取る。

□結 果 得られた抽出物のようすはどのようであるか。

方法③

方法④

【レバー (50分)】

□準 備 器 具 おろし金（目の細かいもの）、ビーカー、乳鉢、乳棒、ガスバーナー、スタンド、金網、ガーゼ、割りばし、ろ紙、ろうと、ピペット、温度計、100mLメスシリンダー

薬 品 エタノール（99.5%以上）、10%食塩水、台所用中性洗剤

材 料 鶏のレバー（冷凍）

①凍らせておいた鶏レバー10g程度を、おろし金ですりおろす。

②すりおろした鶏レバーに水10mLと洗剤数滴を加えて、さらに乳鉢で練かくする。

③練かくした鶏レバーに10%食塩水20mLを加えて、ビーカーに移す。

④100℃で5分程度湯せんした後、数枚重ねたガーゼでこしぼりビーカーに移す。

⑤しぼった液を氷水でよく冷やし、冷やしたエタノール（溶液の3倍量）を静かに加え、抽出物を割りばしで巻き取り、ビーカーに移す。

⑥10%食塩水を30mL加えてよく混かし、再び100℃で湯せんする。

⑦新いろたに ろ紙を使って、ろ過する。ろ液を氷水でよく冷やし、そこへ冷やしたエタノール（使用のろ液の3倍量）を静かに加える。

⑧ろ液とエタノールの境界部分の抽出物を割りばしで巻き取る。

□結 果 得られた抽出物のようすはどのようであるか。

レバー方法⑤

レバー方法⑥

□方 法 B DNAの染色

□準 備 器 具 ろ紙（スライドガラスの大きさに切っておく）、スライドガラス、つまようじ、割り箸、スポイト、熱湯（ポットの湯可）

薬 品 酢酸カーミン、メチレンブルー

材 料 上記方法Aで取り出した糸くず状のDNA

①方法Aで取り出した糸くず状のDNAをつまようじで直径3mm程度の塊だけ取り、ろ紙に軽く接触させエタノールを除く。そのとき、ろ紙にくっつかないよう軽く接触させる。

②その後スライドガラスに置き、水をスポイトで1滴たらして、新しいつまようじでこね、透明になるまで混かす。その際、水が足らなくなったら少量追加する。

③この液を割り箸で取り、細巻で①を2つ重いたろ紙の片方の内に塗りつける。また、もう1つの□に方法A（または5）のビーカーに沈殿している液をスポイトで吸い取りまりつける。

④このようにして作った2枚のろ紙を酢酸カーミンおよびメチレンブルーにそれぞれ5分浸し、熱湯で染色液を洗い流す。

□結 果 染色の様子はどのようであったか。

染色液	酢酸カーミン		メチレンブルー	
染色物	糸くず状のDNA	ビーカーの沈殿液	糸くず状のDNA	ビーカーの沈殿液
染色の有無				
色				
色の濃さ				

□考 察

1. 洗剤を使った目的は何か。

2. 食塩水を使った目的は何か。

3. エタノールを使った目的は何か。

4. レバーの方法⑤、⑥で抽出液を湯せんし、ろ過する目的は何か。

5. 方法Bにおいて酢酸カーミンおよびメチレンブルーを使うのはなぜか。

（ここにろ紙を貼り付ける）

□感 想

月 日 天候 室温 ℃ 組 番号 氏名

生物基礎 （1）生物と遺伝子 イ．遺伝子とその働き （ウ）遺伝情報とタンパク質の合成

アカムシユスリカのだ腺を用いたパフの観察

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 松尾 花枝

1．単元（遺伝子とその働き）

単元の目標

遺伝情報を担っている物質はDNAであり，DNAを複製，分配することで遺伝情報を伝え，その情報をもとにタンパク質が合成されることを理解する。

学習計画

「生物」とも大きく関わる内容

時数	内容
1・2	科学史に沿って単元の概説
3	「遺伝子」，「DNA」，「ゲノム」
4	「DNA」と「染色体」，細胞周期，半保存的複製
5	セントラルドグマ
6	パフの観察（本時）

本時の目標

- 染色体の中で遺伝子が発現している部分を確認する。
- 遺伝子はすべてが一度に発現しているわけではなく，一部が発現していることを確認する。
- 実験の結果を，これまでに学んだこと踏まえて自分のことばでレポートにまとめる。

2．授業の展開

※ 授業時間は５０分である。

【導入（１０分）】
細胞は特定の遺伝子を発現させていることと，そのような状況がパフの観察によって確認できることを復習する。

【展開①（5分）】
実験の目的・方法・注意事項をスライドや教科書を用いて確認する。

【展開②（２５分）】
各自実験を行う。

※ 実験に使用するもの
光学顕微鏡，アカムシユスリカ，染色液（酢酸カーミン溶液・メチルグリーンピロニン溶液），餌付き針，ピンセット，スポイト，ろ紙，スライドガラス，カバーガラス

【まとめ（１０分）】
顕微鏡を片づけた後，プリントの課題や考察をまとめる。

まとめ

- 「生物」とも深くつながる内容である遺伝子の発現に関して，パフの観察を行なった。
- 生徒がつまずくところは，主に「だ腺の摘出」と「染色」であった。
- メチルグリーン・ピロニン溶液を用いての染色体の観察は好評であった。
- 教員側の課題としては，「スケッチの扱い」などが挙げられる。

3．実験の方法・生徒の様子

※ 手順の写真は教科書の図である。

① ユスリカのだ腺を摘出する。

▲頭部を引き，消化管を出す

▲摘出しただ腺

頭部と尾部を間違えたり，消化管をうまく出せなかったり，だ腺を認識できなかったり…

② 染色液を滴下し，約５分間染色する。

▲メチルグリーン・ピロニン染色液を滴下し，カバーガラスをかける

染色しすぎたり，染色が足りなかったり…

③ カバーガラスをかけた後，その上にろ紙をかぶせ，上から親指で押しつぶし，検鏡する。

▲ろ紙をかぶせて押しつぶし，はみ出した染色液は，ろ紙で吸いとる

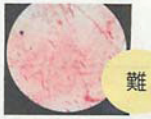
▲プレパラートの完成

染色後，写真を撮って記録は残せたものの，スケッチの時間が足りなくなった…

＜教科書の図＞ ＜ 生徒が撮影＞

▲メチルグリーン・ピロニン染色液で染色しただ腺染色体

▲酢酸カーミン染色液で染色しただ腺染色体



難

教科書：「生物基礎」東京書籍
図説：「二訂版 スクエア最新図説生物neo」第一学習者

観察実験５ パフの観察

年 組 番 氏名

① メチルグリーン・ピロニン染色をしたユスリカの幼虫のだ腺染色体を倍率 400～600 倍でスケッチする。スケッチした図に，ピンクに染まった部位と青く染まった部位に色鉛筆を使い，ピンクと青に薄く色を塗る。さらに，パフと思われる部位に実践で〇を付ける。

② （発展）比較のために，酢酸カーミン染色液（または酢酸オルセイン染色液）で染色をしたユスリカのだ腺染色体を倍率 400～600 倍でスケッチして，①のスケッチと比較する。さらに，パフと思われる部位に点線で〇を付ける。

①メチルグリーン・ピロニン染色をしただ腺染色体 ②酢酸カーミン染色をしただ腺染色体

質問１ メチルグリーン・ピロニン染色ではDNA・RNAはどのような色に染色されるか。

DNA： RNA：

質問２ パフの部位ではどのようなことが起こっているか。

質問３ 核小体の部位に点線で〇を付けよ。核小体では何が起こっているかを示せ。

〔疑問・考察〕

カタラーゼの働き・性質を調べてみよう

目的

呼吸を行う生物では、体内に生じる過酸化水素がカタラーゼ(酵素)の触媒作用によって水と酸素に分解される。「酵素の働きは温度や pH の条件により影響を受ける」という仮説を検証する。またカタラーゼの働きと性質を無機触媒と比較して調べる。

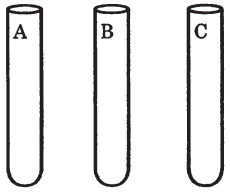
準備するもの

鶏のレバー、3%過酸化水素水(市販のオキシドール)、ダイコン、ジャガイモ
酸化マンガン(Ⅳ)、校庭の砂、試験管、線香

実験 1(対照実験)

① 対照実験として 3 本の試験管 A～C を用意し、
それぞれの試験管に下表の材料を入れる。

A	B	C
鶏のレバー	酸化マンガン(Ⅳ)	砂



② それぞれの試験管に水 2mL を加え、泡の発生の有無を観察する。
③ 次に 3%過酸化水素水を 3mL ずつ加え、泡の発生の有無を観察する。
④ よく泡の発生した試験管に火のついた線香を入れ、その反応を観察する。

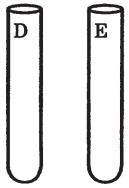
〔 結果 〕

	A 鶏のレバー	B 酸化マンガン(Ⅳ)	C 砂
②水を加えた場合			
③過酸化水素水を加えた場合			
④線香の燃え方			

実験 2

① 次に 2 本の試験管 D、E を用意し、それぞれの試験管に下表の材料を入れる。

D	E
加熱したレバー	加熱した酸化マンガン(Ⅳ)



② それぞれの試験管に水 2mL を加え、泡の発生の有無を観察する。
③ 次に 3%過酸化水素水を 3mL ずつ加え、泡の発生の有無を観察する。

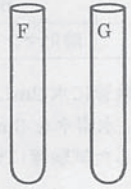
〔 結果 〕

	D 加熱したレバー	E 加熱した酸化マンガン(Ⅳ)
②水を加えた場合		
③過酸化水素水を加えた場合		

実験 3

① 次に 2 本の試験管 F、G を用意し、それぞれの試験管に下表の材料を入れる。

F	G
ダイコン片	ダイコンおろし



② それぞれの試験管に水 2mL を加え、泡の発生の有無を観察する。
③ 次に 3%過酸化水素水を 3mL ずつ加え、泡の発生の有無を観察する。

〔 結果 〕

	F ダイコン片	G ダイコンおろし
②水を加えた場合		
③過酸化水素水を加えた場合		

実験 4　カタラーゼの最適 pH を調べる。

① ジャガイモをおろし金で摩り下ろし、ガーゼでこして
蒸留水で薄め、酵素液を作る。
② 7 本の試験管を用意して、それぞれに pH4～10 の
※緩衝溶液を 2mL ずつ入れ、これに酵素液 2mL を加える。
③ 数分後、3%過酸化水素水を 2mL 加え、反応を見る。
④ 柱上に上がった泡の高さをものさしで測り、表に記入する。

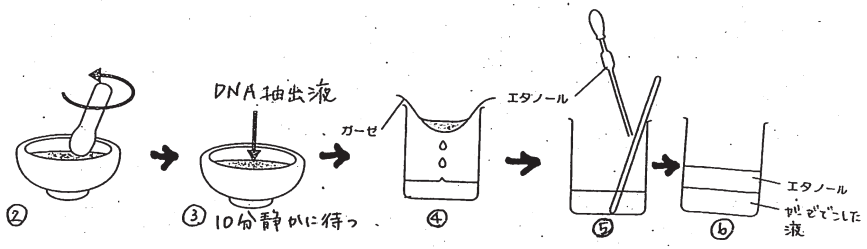
DNAの抽出

【目的】身近な材料を使って、生物がDNAを持つことを確かめる。

＜これまでの復習＞
○遺伝子とは、親の（　　）を子に伝える因子である。
○染色体はタンパク質と（　　）でできている。
○ＤＮＡは（　　）の本体である。
○生物の持つ全ての遺伝情報を（　　）という。
○ＤＮＡは全ての生物に（　　）である。

【材料】・DNAを抽出する資料（ブロッコリー・バナナ）
・DNA抽出液（塩化ナトリウム１０ｇ、水２００ｍｌ、中性洗剤１ｍｌ）
・エタノール　３０ｍｌ
【器具】乳鉢・乳棒・ガラス棒・１００ｍｌのビーカー・ガーゼ・
はさみ（ブロッコリー班のみ）

【方法】
①＜バナナ班＞
DNA抽出液を作成する。塩化ナトリウムの入ったビーカーに水を２００ｍｌ入れ、ガラス棒でかきまぜよく溶かす。そこへ、中性洗剤を１ｍｌ加えてよく混ぜる。
①＜ブロッコリー班＞
ブロッコリーのつぼみの先端（花芽の部分のみ）をはさみで切り取って乳鉢に入れる。
＜以下各班共通＞
②　乳鉢の中に入れた資料を乳棒でよくすりつぶす。
③　乳鉢のすりつぶした資料に、DNA抽出液を注ぎ、穏やかにかき混ぜる。
→１０分間静かに放置する。
④　ビーカーの上にガーゼをかぶせたものを用意する。③をガーゼでこし、ビーカーへ移す。
⑤　ビーカーの壁にガラス棒をつけ、エタノール３０ｍｌをガラス棒づたいにゆっくり注ぐ。
⑥　下層のDNA抽出液の表面から、上層のエタノール層に浮遊する白色の繊維状のものを観察し、ガラス棒でからめとる。



月　日	年　組　番	氏名	
	共同実験者		

ポスター発表資料（観察・実験、探究活動の生徒用プリント）【高田 亜紀】

【結果・観察】出てきたDNAはどんな状態か？（色・形状・その他気づいた点）
・色

・形状

・その他気づいた点

【考察】この実験の材料には、細胞に対して核の占める割合が大きいものの方が適している。なぜか？

【感想】

【振り返り】
①　実験の目的は理解できたか。
できた・ややできた・あまりできなかった・できなかった
②　実験の操作は手順通りできたか。
できた・ややできた・あまりできなかった・できなかった
③　準備・後片付けは協力してできたか。
できた・ややできた・あまりできなかった・できなかった
④　食べ物にはDNA・遺伝子が入っていることを知っていたか。
知っていた・知らなかった
⑤　自分の細胞や他の生き物の細胞からもDNAを採ることができると思うか。
思う・思わない・どちらとも言えない
⑥　DNAを身近なものとして感じることができたか。
できた・できなかった・どちらとも言えない

「生物基礎」(1)生物と遺伝子　イ 遺伝子とその働き　(ア) 遺伝情報とＤＮＡ

三重高等学校　生物基礎実験レポート

平成　　年　　月　　日(　　)天気

『DNA 抽出』

年　　組　　席　　班名前

Purposes of Experiment　目的

遺伝情報を担う物質としてのＤＮＡの特徴について理解する。遺伝子の本体であるＤＮＡを観察し，染色体との関係を理解する。既知の知識を生かして，それぞれの実験操作の意図を考え，理解をする。実験器具の基本的な使い方を習得する。

Material and Method　材料および方法

材料：　乳鉢，乳棒，スポイト，ビーカー，茶こし，エタノール，ブロッコリー，メスシリンダー，ガラス棒，家庭用洗剤，食塩，酢酸オルセイン溶液，参考プロトコール

方法：　1. 食塩 10%，中性洗剤数滴の DNA 抽出液 30ml をつくる
2. ブロッコリーの先端の花蕾だけをそぎ落とす
3. すり鉢，または乳鉢で潰す　最初は上から押し付けるように　つぶれたらすり潰す
4. DNA 抽出液を加え，5 分ほど放置する
5. 茶こしでろ過する
6. ろ液に 2.5 倍程度の無水エタノール(冷凍庫で冷やしておいた)を静かに上に注ぎ，ガラス棒で液面の白い物体を巻き取る
7. 白い物体に酢酸オルセイン溶液を数滴落とす

操作の意図:

自分：

グループ等：

Result　結果

自分：

グループ等：

Discussion　議論・考察・今後の課題

＊考察

自分：

グループ等：

＊参考のプロトコールとの比較

自分：

グループ等：

Impression　感想

光合成色素と植物の系統・進化

目 的

光合成色素を分離・比較し、藻類および陸上植物の系統と進化を考察する。

材 料

シアノバクテリア、藻類（紅藻・褐藻・緑藻）、コケ植物

イシクラゲ（シアノバクテリア）、乾海苔（紅藻）、乾燥ワカメ（褐藻）、アオサノリ（緑藻）、スギゴケ（コケ植物）を使用

準 備

展開槽（広口ビンまたは専用展開層）、TLC シート、乳鉢、乳棒、
粉末シリカゲル、マイクロチューブ、駒込ピペット、ガラス毛細管、薬さじ、薬包紙、はさみ
抽出液（ジエチルエーテル）、展開液（石油エーテル：アセトン＝７：３）

方 法

1．**展開槽の準備**：展開槽に展開液を底から５㎜程度入れ、ふたをして密封しておく。
2．**試料の磨砕**：乾燥した藻類 A～D をそれぞれはさみで細かく切り、乳鉢に入れ、乳棒で粉々になるまですりつぶす。コケ植物も、同様にすりつぶす。（水分を含む材料には、粉末シリカゲルを加えてよくすりつぶす。）
3．**色素の抽出**：粉状になった試料を薬包紙を使ってマイクロチューブに入れる。抽出液を約 0.5mL 加え、しっかりふたをして軽く振り、その後、10 分程度静置しておく。
4．**TLC シートの準備**：TLC シートの下から２㎝と上から１㎝のところに鉛筆で線を引き、下部の線上の真ん中を原点とする。試料の上清みだけをガラス毛細管で静かに吸い取り、原点にできるだけ小さな点になるように 10 回以上つける。
5．**色素の展開**：４で作成した TLC シートを展開槽に入れ、軽くふたをする。展開液が上部の線まで上昇するまで観察し、色素を確認する。

結 果

1．コケ植物と藻類A～Dで観察された光合成色素に○を記入する。

光合成色素		色	種子植物	コケ植物	藻類 A	藻類 B	藻類 C	藻類 D
クロロフィル	クロロフィルａ	青緑	○					
	クロロフィルｂ	黄緑	○					
	クロロフィルｃ	(緑)						
カロテノイド	カロテン	橙	○					
	ルテイン	黄	○					
	フコキサンチン	褐						
原点に残留した色素の色			無					

考 察

1．藻類A～Dは、それぞれシアノバクテリア、紅藻類、褐藻類、緑藻類のどれであると考えられますか。

藻類A	藻類B	藻類C	藻類D

2．陸上植物であるコケ植物と最も近縁であると考えられる藻類はどれですか。そう考えた理由も書きなさい。

藻類＿＿＿＿＿＿＿＿

理由＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

3．光合成色素の組成から、シアノバクテリア、紅藻類、褐藻類、緑藻類、コケ植物の進化の系統を図にしてみよう。

発展課題　共生や DNA 塩基配列などの観点から藻類と陸上植物の進化について調べてみよう。

・実験に興味が持てましたか。 4――――3――――2――――1 ・意欲的に実験ができましたか。 4――――3――――2――――1 ・各光合成色素を判別することができましたか。 4――――3――――2――――1 ・植物の進化・系統について理解が深まりましたか。 4――――3――――2――――1	反省・感想
月　日（　）　℃	年　組　番　氏名

_____月_____日_____曜日 _____年 _____組 名前_____

PCR 法を用いた食肉(牛肉・豚肉・鶏肉)の鑑別

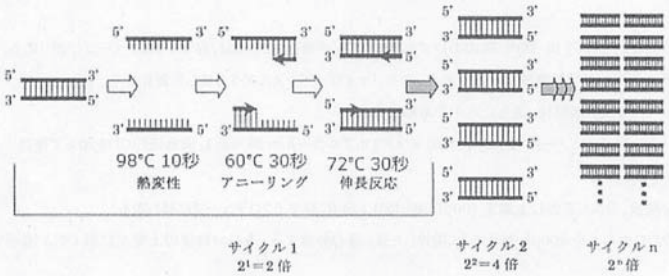
【目的】

食肉(牛肉・豚肉・鶏肉)に含まれるミトコンドリア DNA を抽出し、チトクロム b 遺伝子の一部を PCR 法で増幅し、電気泳動した結果に基づき食肉の鑑別を行う。

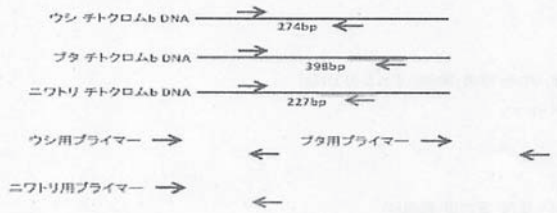
【知識・理解】

Cytochrome
チトクロムb 遺伝子 ... (1)に関わるタンパク質チトクロム b の遺伝子領域。
ほぼ全ての生物が有する。

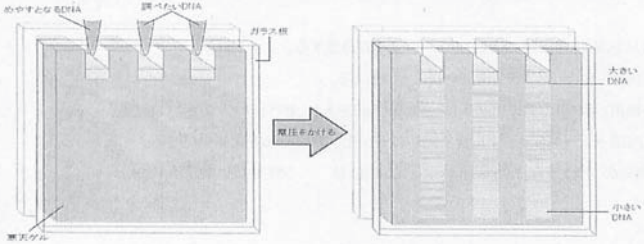
polymerase chain reaction
PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法 ... (2)を増幅するための原理。



本実験では、チトクロム b 遺伝子の一部を設計したプライマーとともに PCR 法で増幅する。



electrophoresis
電気泳動 ... 電極を差し込み直流電圧をかけると、電荷を帯びた物質が一方の電極へ移動する現象。



1.食肉からの DNA の抽出

【準備】

・食肉ミンチ(牛肉・豚肉・鶏肉いずれか) 約 0.1g
・ホモジナイザーペッスル
・PCI(フェノール・クロロホルム・イソアミルアルコール)
・マイクロチューブ
・2～20μL 用ピペットマン
・100～1000μL 用ピペットマン
・ピペットチップ

【方法】

(1)脂身の少ない食肉(牛肉・豚肉・鶏肉のいずれか約 0.1g)を準備し、1.5mL 容マイクロチューブに測り取る。
(2)(1)にTris-SDS-DTT緩衝液500μLを加え、ホモジナイザーペッスルですり潰し均質化する。
(3)(2)を95℃で5分間加熱後、直ちに氷中で冷却する。
(4)(3)に 500μL のフェノール:クロロホルム:イソアミルアルコール=25:24:1 混合液(PCI)を加えて撹拌し、10 分間遠心分離する。
(5)遠心分離後、DNA を含む上層を 400μL 測り取り 1.5mL 容マイクロチューブに移し取る。
(6)(5)にクロロホルムを 400μL 加えてよく撹拌した後、遠心分離する。遠心分離後の上層が試料 DNA 溶液である。

2.PCR 法

【準備】

・試料 DNA 溶液 (牛肉・豚肉・鶏肉いずれかの DNA)
・2～20μL 用ピペットマン
・ピペットチップ
・PCR チューブ
・プライマーセット(牛肉用・豚肉用・鶏肉用)
・PCR 反応試薬(Emerald Amp)

【方法】

(1)PCR 反応試薬を 10μLずつ PCR チューブ 3 本に分注する。
(2)(1)に食肉から抽出した DNA 溶液を 5μLずつ加える。
(3)(2)に牛肉用、豚肉用、鶏肉用プライマーセット 5μLを入れ、ピペッティングでよく混ぜる。
(4)3 本の PCR チューブをサーマルサイクラーにセットし、プログラムをスタートさせる。
〈PCR 反応のプログラム〉 98℃10 秒 → 60℃30 秒 → 72℃30 秒 (25 サイクル)

「化学」 (5)高分子化合物の性質と利用　ア 高分子化合物　(イ)天然高分子化合物
「生物」 (1)生命現象と物質　エ 生命現象と物質に関する探究活動

酵母菌を利用して DNA の組換えについて考えよう

1．目的

「生物」及び「化学」など科学(理科)の各科目ごとで学習を進めていくことは重要ではあるが、「生命」を理解する上において、「化学」の素養も必要である。また、「化学」の学習内容においても、「物質の性質・変化」を理解することが、「生命科学」の理解に繋がることもある。科学を広い視野から見渡す合科目的な学習を試みる。

まずは、「化学」分野において、天然高分子化合物であるデンプンに硫酸を加えることで起こる化学変化を実験により検証する。次に、パン酵母を利用した組換え DNA の実験を行い、実際に遺伝子が導入されることによって起こる事実(結果)を見て、その理解を深め考察する。また、化学的な見地からも起こる現象を検証する。

2．実験手順および結果のまとめと考察

実験Ⅰ．デンプンを加水分解してみよう

≪準備≫　［器具］試験管(4)，駒込ピペット，ビーカー，ガスバーナー，三脚，金網，保護眼鏡
［薬品］1%デンプン水溶液，1mol/L 硫酸 H_2SO_4，炭酸ナトリウム Na_2CO_3，ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液，フェーリング液，蒸留水

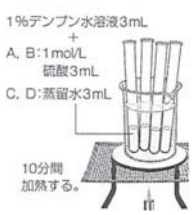
≪方法≫

❶ 4 本の試験管(A, B, C, D とする)に 1%可溶性デンプン水溶液を 3mL ずつとり，A，B の試験管には 1mol/L H_2SO_4 を，C，D の試験管には蒸留水をそれぞれ 3mL ずつ加え，10 分程度沸騰水中で加熱する。

❷ 試験管を取り出して十分冷却してから，A, B の試験管に Na_2CO_3 を，二酸化炭素 CO_2 の気泡が出なくなるまで加える。

❸A, C の試験管にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を滴下し，色を観察する。
※ヨウ素デンプン反応の呈色が濃すぎて色が確認しにくいときは，蒸留水で薄めるとよい。

❹B，D の試験管にフェーリング液を 1mL ずつ加え，湯浴で加熱する。



≪結果≫

❸で、A，C の試験管においてどのようなことが見られたか。

❹で、B，D の試験管においてどのようなことが見られたか。

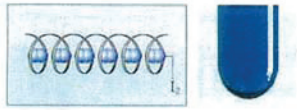
≪考察≫

上記の結果より、考えられることを述べなさい。

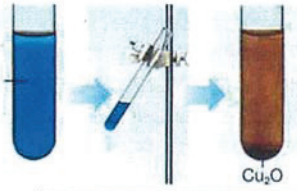
≪結果(解答例)≫

❸A の試験管は，呈色しなかったが，C の試験管は，ヨウ素デンプン反応により，青紫色に呈色した(使用するデンプンによっては，赤紫色になることもある)。

❹B の試験管では，フェーリング液の還元により赤色沈殿が生じたが，D の試験管では，フェーリング液の還元は生じなかった。



▲図 1. ヨウ素デンプン反応



▲図 2. フェーリング液の還元

≪考察(解答例)≫

・デンプンが硫酸によって加水分解されると，還元性を有する別の糖が生成する。

生物基礎　(1) 生物と遺伝子　ｱ 生物の特徴　(ｱ) 生物の共通性と多様性

生物実験 1　探究の過程を学ぶ

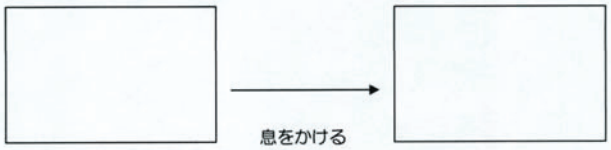
スギナの胞子の弾糸の運動をさぐる

目標：スギナの胞子の弾糸の運動の原因を通して、科学の方法の特徴と、実験の意義と計画の立て方を理解する。

準備：スギナの胞子茎（つくし）、顕微鏡、観察器具

事実の確認：

(1) 2 人 1 組になり、顕微鏡 1 台とスライドガラス 1 枚を用意する。
(2) 乾いたスライドガラスに、スギナの胞子を数個のせる。
(3) 顕微鏡を低倍率(40 倍)にして、1 人が観察しながら、他の 1 人がスライドガラス上の胞子に「ハー」と静かに息を吹きかける。　【注意：胞子が飛んでしまわない程度に静かに行う】
(4) 観察する人と息を吹きかける人との役割を交代して、③を繰り返す。
(5) 息を吹きかける前と、息を吹きかけたときの胞子の様子をスケッチしなさい。
【注意：1 つを大きく描きなさい】



仮説・検証・結果：息を吹きかけることによって起こる胞子の変化（弾糸の運動）の原因と考えられるもの（仮説）を、下の表に記入しなさい。
また、その仮説を確かめるための実験方法を考え、その結果と併せて表に記入しなさい

予想される原因（仮説）	検証するための実験方法	実験結果

考察・結論：実験結果を総合して得られる結論は何ですか。

今後の展望：以上の探求の過程をとおして、新たな疑問（調べてみたいこと）があれば書きなさい

感想：この実験を通して感じたこと（感想）を書きなさい

平成___年___月___日　　___年___組___番 _____
組になった相手の氏名 ：_____

1

19

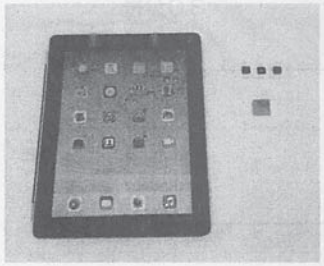
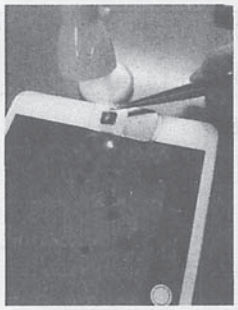
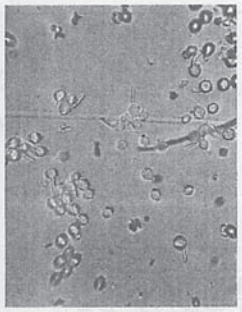
タブレット型顕微鏡　～花粉管の伸長～

学年：小学５年生、中学３年
概要：タブレット画面を使って、花粉と、花粉管が伸びていく様子を観察する
指導要領との関連：花粉の特徴をとらえ植物の生殖について学習する「花から実へ」「生物の成長と生殖」
準備：iPad　(班数)、スマホ顕微鏡レンズ（班数)、LED スタンドライト（班数)、花粉（班数)、寒天培地用プラシャーレ（班数)、寒天、砂糖、精製水、三角フラスコ（寒天培地用)、ラップ、電子レンジ（寒天培地用)、カッター（班数)、ポリスポイト（適宜）
【花粉観察用】光学顕微鏡、スライドガラス

ホウセンカ、インパチェンス、ブライダルベールが好ましい。花粉が新鮮であるかよく確認しておく。
シロツメクサや、カラスエンドウ、ツバキ、ヘチマでも代用可能。
※花粉管伸長にかかるおおよその時間は、本資料後半に記載

■スマホ顕微鏡の使い方

1）iPad を平らな場所に置き、起動させる
2）フロントカメラを撮影モードにして、LED ライトが真上から当たるように、ライトを固定する
3）カメラ部分にビーズレンズが重なるようにしてスマホ顕微鏡レンズを置く
4）専用の試料台を載せる
――――（3）までは、授業前に用意しておく――――――――――――――――――――
5）寒天に花粉をつけ、カッターで切り取る
6）花粉側を下（カメラに近い方）にして、試料台に載せる

■主な活動

- 花粉管が伸長していく様子に注目して観察、場合によって動画で記録する
- 画面を活用して、変化をグループで共有する

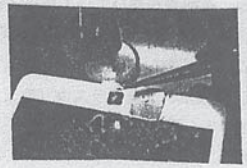
第３学年理科　実験観察レポート

教科書　P．１２　観察2

1．目標

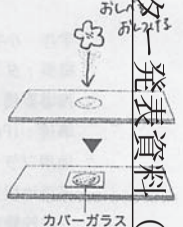
2. 観察方法

1）寒天に花粉をつけ、カッターで切り取る
2）花粉側を下（カメラに近い方）にして、試料台に載せる



・固まった寒天[★1]の上におしべをおしつけカバーガラスをかける。
・おしべのやくがじゅうぶんに熟して，花粉がたくさん出ている花を選ぶ。

★1　柱頭のかわりとして，寒天を用いる。



3．観察結果　スケッチしよう。

《　　》の花粉から管が伸びるようす

5分後	10分後	15分後
20分後	25分後	30分後

《　　》の花粉　倍率（　　）倍

《　　》の花粉　倍率（　　）倍

実験の反省と感想

○実験をしてがんばったこと

○実験をしてみての感想

実験日	
月　日　時間目	組　番　氏名

ポスター発表資料（観察・実験、探究活動の生徒用プリント）【中谷 幸希】

講義「生命科学における才能教育」の課題と提出された回答

講義中に関連情報とともに以下の課題が提示された。回答の一例および記載された内容を回答者ごとに転記する。

課題 1： 先生がこれまで接した才能ある生徒の理科に関わる個性や能力、エピソードを教えて下さい。

課題 2： 次頁にある図を使って、キャンプ中に自分たちのチームが主に行う実験内容について、才能ある生徒を伸ばすという観点から①～④の可能性を考えてみましょう。

関連情報（1）才能児の定義

才能児とは，高度な知的，創造的，芸術的分野での卓越した能力，並外れたリーダーシップ能力，あるいは特定の学問分野で卓越した能力を示す児童生徒である。彼ら／彼女らには，自分たちの能力を最大限に伸長させるために，学校で通常は提供されない指導や活動が必要である。

(U.S. Department of Education, 2001)

関連情報（2）才能児の一般的な行動特徴例

幼い時期から著しく慎重である／学習がはやい。考えをすぐに結びつけることができる／多くの情報を覚えている。記憶力が非常によい／同年齢の児童生徒と比較して，著しく多くの語彙を保持し，複雑な文章を作る／言葉のニュアンス，メタファー，抽象的な考えを理解することができる／数やパズルの問題を解くのを楽しむ／自分で読み書きするスキルを学ぶ／感情深い。強い感情や反応があり，傷つきやすい／抽象的で，複雑で，論理的で，洞察力のある思考をする／幼い時期から，理想主義であったり，正義感がある／社会的・政治的な問題や不正に関心がある／長い時間，何かにこだわり，熱中する／自分や他人が何かをできなかったり，遅かったりするのにイライラする／学んだことを越えて，調べてみたい問いをたてる／興味が広範にわたる（一つの領域のみに非常に関心を示すこともある）／人とは異なる経験や行動をするのを好む／ユーモアのセンスに長けている／複雑なゲームなどで，モノや人をまとめたい欲求が強い／心的な発達がアンバランスである／極端な完璧主義である

関連情報（3）才能教育の形態

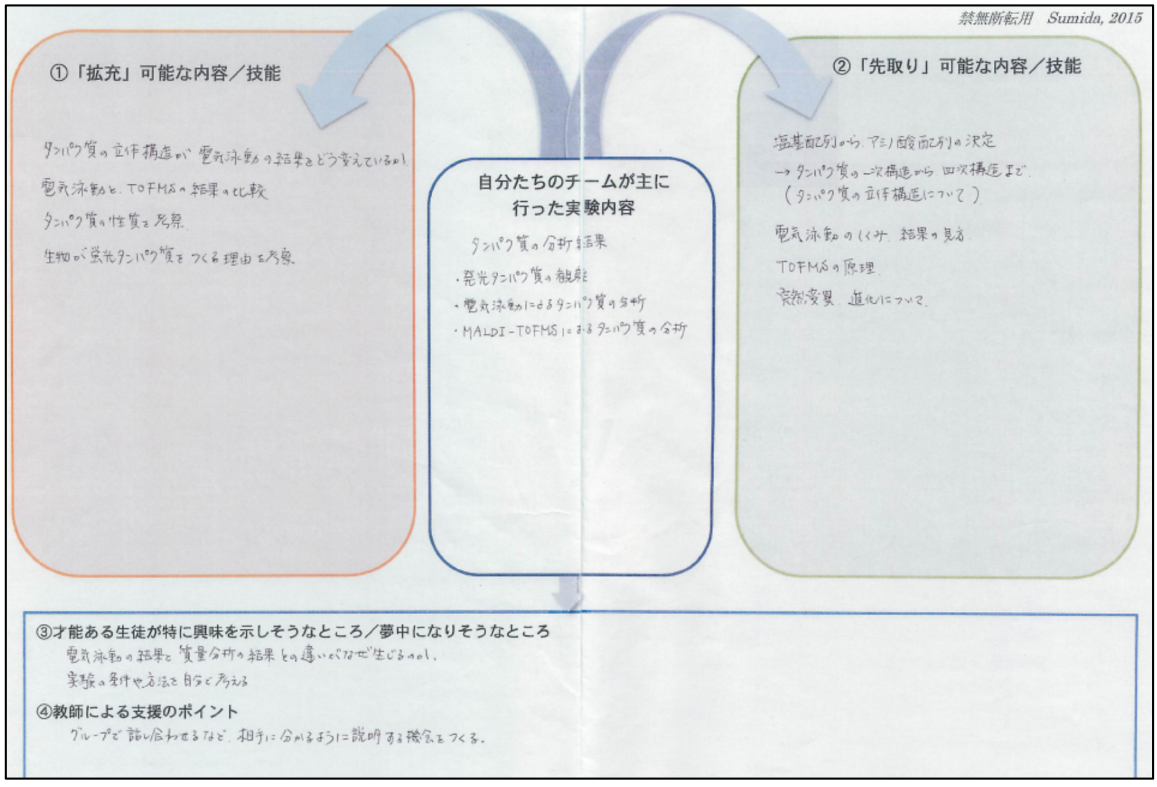
「先取り型」：より上位学年の学習内容を早期履修・単位修得するもの。少し進度を進めるもの，飛び級，教科ごとの早修，AP（Advanced Placement）のような大学単位取得や二重在籍など。

「拡充型」：通常クラスより学習内容を拡大・充実させて学習するもの。教科横断的なアプローチ，個別学習・プロジェクト，科学クラブ，土曜・夏期等の特別プログラム，コンテストなど。

課題 1　先生がこれまで接した才能ある生徒の理科に関わる個性や能力，エピソードを教えて下さい。

物理学オリンピックに日本代表として出場した生徒がいた。1年生のとき生物基礎を教えたが内容については、ほとんど知っているようだった。よわりに与える影響も大きく競うように勉強する生徒や生物学オリンピックに挑戦する生徒も現れるようになった。物理室などを自由に使わせたり、先生や他の生徒と数学や物理について議論する中で自分のやりたい方向がはっきりしてきたようであった。ただ、普通の学校生活には馴染まなかったようで欠席日数も多く進路について、保護者、本人、担任などと何度も話合いが行なわれた。結局、その生徒は3年生の途中で退学し、飛び級で千葉大学に入学した。高校の授業や制服などに対して違和感を持っていたようだが学校として無理強いはせずやりたいことに対しては、できるだけ協力していた。

課題 2　次頁にある図を使って，キャンプ中に自分たちのチームが主に行う実験内容について，才能ある生徒を伸ばすという観点から①～③の可能性を考えてみましょう。



禁無断転用　Sumida, 2015

①「拡充」可能な内容／技能

タンパク質の立体構造が電気泳動の結果をどう変えているか。
電気泳動と、TOFMSの結果の比較
タンパク質の性質を考察
生物が発光タンパク質をつくる理由を考察

自分たちのチームが主に行った実験内容

タンパク質の分析結果
・発光タンパク質の観察
・電気泳動によるタンパク質の分析
・MALDI-TOFMSによるタンパク質の分析

②「先取り」可能な内容／技能

塩基配列から、アミノ酸配列の決定
→タンパク質の一次構造から四次構造まで
（タンパク質の立体構造について）
電気泳動のしくみ、結果の見方
TOFMSの原理
突然変異、進化について

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ／夢中になりそうなところ

電気泳動の結果と質量分析の結果との違いがなぜ生じるのか。
実験の条件や方法を自分で考える

④教師による支援のポイント

グループで話し合わせるなど、相手に分かるように説明する機会をつくる。

受講者 1

課題 1

・高校では物理と化学を選択し、生物は教科書の途中までしか習っていない生徒が「生物学オリンピック」にシャレで出場したら全国大会までいってしまいました。その生徒は京都大学に入り化学をやっています。ちなみにその生徒は高校 3 年間、真冬もずっと半そでのシャツを着ていました。

・東大の理科三類に現役で合格した生徒ですが、高校の生物の授業ではまったくノートを取りませんでした。しかしサボっているわけではなく目はずっと教師（私）を向いていました。その生徒は恐ろしく字がキタなかったです。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

「光るタンパク質」を見せることでタンパク質とは何かに興味を持ってもらう。

自分たちのチームが主に行った実験内容 - タンパク質の分析 分析1 SDS-PAGE 分析 2 TOFMS

②先取り可能な内容/技術

生物基礎（1 年生で）タンパク質の内容に触れます。この時に GFP などの話でタンパク質の面白さを伝える。

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

電気泳動、TOFMS の原理（ノーベル賞）など

④教師による支援のポイント

高度な内容のフォローアップ

受講者 2

課題 1

記憶力が高く、暗記や作業が他の生徒より早い。ちょっとしたことで興味があることは覚えており、その情報を適切な場で表現することができる。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

塩基配列の明らかな DNA だけでなく、不明な DNA をプラスミドに挿入し、PCR で増幅して塩基配列を決定→アミノ酸配列を予想する。

自分たちのチームが主に行った実験内容 ・大腸菌を用いた組換え DNA の作製 ・PCR による DNA の増幅

②先取り可能な内容/技術

電気泳動の技術を学び、実際に DNA の分析をする。

その他生物基礎で学ぶ、セントラルドグマの内容

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

生徒実験で実施した内容が現在の先端技術ではどのように利用されているか。

ノーベル賞を受賞した内容や、ニュースで取り上げられた最新の発見が,現在自分たちが学んでいる教科書の内容とどのようなつながりを持っているのか。

④教師による支援のポイント

教師自身も先端技術に興味を持ち続ける気持ちが大切である。

受講者 3

課題 1

実験で説明をきかずに自分でどんどん進める。失敗も多くするが、めげない、我が道をいく！

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

高分子化合物の構造や性質について

自分たちのチームが主に行った実験内容　　タンパク質の分析結果

②先取り可能な内容/技術

タンパク質の立体構造と働きの関係

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

実験の結果に、班による差が出るところ

④教師による支援のポイント

視点を変えるヒント

受講者 4

課題 1

・自分の抱いた疑問について教員にぶつけてきたとき、自分の考えた仮説を話せる。

・その単元の初めの1時間目などで、最終目標（理解させたいこと）を質問してくる生徒

・普段になく、喜怒哀楽が極端になくなることがある。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

カルタヘナ法

倫理的な内容（いのちの教育）→横断的内容

生物の形質の起源を知る（進化）

自分たちのチームが主に行った実験内容　　大腸菌への遺伝子組換え（GFP）

②先取り可能な内容/技術

・最先端の実験内容と理解（無機合成系）

・遺伝子の配列の解析

・電気泳動

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

・実験の結果が目に見えて分かること

④教師による支援のポイント

・遺伝子組換えの注意点

・疑問を学びたい姿勢に変える、

・疑問を学びたい姿勢を育てるもの（発問、ヒント、教材）

受講者 5

課題 1

理科が好きな生徒に接したことはあるが、能力が底まで高い生徒が少ない高校で長年働いている。今後今回学んだ観点で子ども達に接していきたい。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

プラスミドベクターとライゲーションの関係を塩基配列から学ぶ部分は論理的に考えさせることになる。

現場で PCR を実施することはやや厳しさをかんじるので、拡充は机上で興味を持つ生徒は大学との連携で。

自分たちのチームが主に行った実験内容　　プラスミド DNA を分析する、PCR による DNA の増幅

②先取り可能な内容/技術

実験に使ってない制限酵素やインサートを用いてのライゲーションのシミュレーション。

強い興味を示す生徒に対しては、大学等と連携させていただき、実際に可能なことかどうか学ばせる。

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

DNA 配列解析、最終的に何塩基のプラスミド DNA になったか。

④教師による支援のポイント

PCR およびライゲーションに関する内容の基本的説明。

大学との連携（最終的には生徒が大学とメールによるやりとりできるようにしていく）

受講者 6

課題 1

詳しい内容に非常に強い関心を示し、自ら積極的により深く、より広く調べて学習していた。

またその際に、関連する事柄について多様な観点から幅広く様々な疑問や気づきを発見することができていた。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

プラスミドDNAなどを用いて遺伝子組換えを行うことで、今後、どのようなことを行うことができるようになる可能性があるかを考える。

これらの手法を応用、発展させることでどのような技術を開発できるかを考える。

自分たちのチームが主に行った実験内容　　・PCRによるDNAの増幅　・大腸菌の形質転換

・プラスミド DNA の作製　・プラスミド DNA による大腸菌の形質転換

②先取り可能な内容/技術

DNA の性質や PCR の仕組みについて予め自分で調べてまとめる

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

今後実現していくことができそうな未知の技術や応用の可能性を考える点

④教師による支援のポイント

柔軟な発想や幅広い思考を促すために、現在活用されている技術や手法を紹介する。現状では困難な点や実用化の妨げになっている事柄に目を向けさせる。

受講者 7

課題 1

授業が終わって、ほぼ毎回“なんで”と質問してくる生徒がいました。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

この実験から何につながっていくか、何に利用できるか

自分たちのチームが主に行った実験内容 – PCR による DNA の増幅

②先取り可能な内容/技術

PCR についての予習

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

実験を行うこと、応用できる内容を行うこと

④教師による支援のポイント

わかりやすく伝えること

受講者 8

課題 1

化学を自主的に学習しており、高1の段階でひととおりの内容は修得し、受験問題にも対応できるほどの力をつけていた。

鳥が好きで、自発的に野外観察会に出かけるなどしており、高校卒業時に、高校から観察できた鳥の種類や数などをまとめたポスターを作っていた（今でも理科室に掲示している）

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

「タンパク質の合成」を簡易キットを用いて行う。

研究設備が整っている機関で、希望者を対象に右に挙げた実験を行う。

自分たちのチームが主に行った実験内容　ベクターDNA へのインサート DNA の挿入、・DNA の電気泳動、
・大腸菌の培養、・mRNA の合成、・タンパク質の合成、・PCR、
・タンパク質の電気泳動、・塩基配列の解析

②先取り可能な内容/技術

生物基礎の「遺伝情報と DNA」の分野で生物の「遺伝子のはたらき」を先取りして学習する。

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

実験内容に挙げた塩基配列の解析において、実際にインサート DNA が挿入されたことを塩基配列を読み取って解読するところ

④教師による支援のポイント

授業ではわかっていても実験操作で行うとなると理解が難しいところもあるので、教師自身が実験の技術を身に付け、「実験」において操作法などを重点的に支援する。

受講者 9

課題 1

日常生活に起きている現象と授業内容を照らし合わせた質問をできる生徒。この生徒は自分で調べて、自作のプラネタリウムを学校祭で発表した。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

この技術で、どのような遺伝子が導入されるか、(導入してみたいか)を調べて考える。

自分たちのチームが主に行った実験内容 － プラスミドDNAの作成と遺伝子導入

②先取り可能な内容/技術

・電気泳動

・プラスミドベクターがどのようにして作製されているか(プラスミドの設計)

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

どういう生物に、どういう形質を発現させると効用なものができるかを考えること。実際に実験を行うこと

④教師による支援のポイント

高校現場では実験を行えないので。

実験を体験できる場を紹介する。s

受講者 10

課題 1

生物に対しての興味関心が高く、生物の資料集を常に見ているような生徒であった。コミュニケーションを取るのが苦手な生徒であったが、疑問に思った事をどんどん質問することは苦ではないようであった。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

・アミノ酸の構造式など有機化学分野の内容

・タンパク質の立体構造から蛍光タンパク質の発光の原理を考える事

自分たちのチームが主に行った実験内容： DNA の塩基配列とタンパク質の特徴

②先取り可能な内容/技術

・タンパク質の立体構造

・アミノ酸の構造式などの有機化学分野の内容

・DNA の塩基配列決定の方法や原理

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

塩基配列→アミノ酸配列→タンパク質の立体構造を考えるところ

生物の知識にとらわれず、化学や物理の知識を活用できる。

④教師による支援のポイント

生徒との対話の中で、どのような点に特に興味を持つのかを教員側が把握し、具体的なアドバイスをする。その生徒に応じた発展的な内容の提示を行う。

受講者 11

課題 1

・旧課程の生物Ⅰ教科書があまっていたので本校の中学生に与えていた。興味があったのかすべて読破しており、クラブ活動中に浸透圧、海の生物の塩分濃度などの仕組みを後輩や他の大人に説明していることがあった。

・クラブで干潟の研究を行い、私（教員）がその知識を市民や地元の子どもに説明する機会を作った時、はじめはいやがっていたが、やってみることにより、自分の研究の意味を考えるようになり、伝わる喜びを感じるようになった。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

・器具の使い方

・一つ一つの操作の意味を考えたり、おそわること

自分たちのチームが主に行った実験内容　　大腸菌による組換え

②先取り可能な内容/技術

教科書等であつかっているので特にない。

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

仮説通りにならなく、その理由を考えさせるところ。

④教師による支援のポイント

・じっくり待つこと。生徒ができることは教員は手を出さないこと。

・アイデアをいっぱい出させたい

受講者 12

課題 1

・記憶力がよい

・構造式に興味をもつ

・計算が早い

・数字にこだわりが強い

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

自分たちのチームが主に行った実験内容 - ①組換え DNA 遺伝子導入、②DNA 分析、③転写・翻訳
④PCR、⑤電気泳動、⑥MALDI-TOFMS

②先取り可能な内容/技術

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

④、⑤ 結果の観察、分析

⑥　　結果の観察、グラフを用いた分析

④教師による支援のポイント

生徒の自由度を上げる（多様な試料の採用など）

技術の応用（例えば PCR を用いた食肉の鑑別など）

受講者 13

課題 1

授業が終わって、ほぼ毎回“なんで”と質問してくる生徒がいました。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

この実験から何につながっていくか、何に利用できるか

自分たちのチームが主に行った実験内容 - PCR による DNA の増幅

②先取り可能な内容/技術

PCR についての予習

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

実験を行うこと、応用できる内容を行うこと

④教師による支援のポイント

わかりやすく伝えること

受講者 14

課題 1

数年前に3年間担任をした生徒の中に、全くしゃべらず無表情の生徒（男子）がいた。英語の授業（リーディング）でも全くテキストを読まなかったり、学校行事の合唱大会でも歌を唄わない生徒であった。しかし与えた宿題等は（字はあまり上手ではなかったが）毎回完璧にやってきて提出した。特に数学で高い能力を発揮し、難問などをコツコツ解いた。英語も筆記試験は抜群にできた。模擬試験では常に偏差値70以上を取った。中学校では4観点で評価されるためクラスの中で中程度の成績であったようだ。高3生の進路面談でも本人は一言もしゃべらなかったが、（3年間の人間関係で相手のことはわかっていたので）一方的に担任から大学などの情報を提示したところ、自分で京大模試を受験しだし、前期に京大を受験した。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

（記載なし）

自分たちのチームが主に行った実験内容

・大腸菌の組換えタンパク質

・無細胞タンパク質合成

②先取り可能な内容/技術

どれもこれも全て新しい技術・内容でした。ただこの実践をさせるときに、どこに「生徒自身が課題をみつけ、それを解決するために“工夫”するか」ということを取り込むのが難しいと思っています。ぜひご指導をお願いします。

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

この技術を体験して、どう発展させるか？を考えさせたいですが、

④教師による支援のポイント

（記載なし）

受講者 15

課題 1

物理学オリンピックに日本代表として出場した生徒がいた。1 年生の時、生物基礎を教えたが、内容についてはほとんど知っているようだった。まわりに与える影響も大きく、競うように勉強する生徒や生物学オリンピックに挑戦する生徒も現れるようになった。物理室などを自由に使わせたり、先生や他の生徒と数学や物理について議論する中で、自分のやりたい方向がはっきりしてきたようであった。ただ、普通の学校生活には馴染まなかったようで、欠席日数も多く、進路について保護者、本人、担任などと何度も話し合いが行われた。結局その生徒は 3 年生の途中で退学し、飛び級で千葉大学に入学した。高校の授業や制服などに対して違和感を持っていたようだが学校として無理強いはせず、やりたいことに対してはできるだけ協力していた。

課題2

①「拡充」可能な内容/技術

タンパク質の立体構造が電気泳動の結果をどう変えているか

電気泳動と TOFMS の結果の比較

タンパク質の性質を考察

生物が蛍光タンパク質をつくる理由を考察

自分たちのチームが主に行った実験内容 － タンパク質の分析結果、・発光タンパク質の観察、
・電気泳動によるタンパク質の分析、
・MALDI-TOFMS によるタンパク質の分析

②先取り可能な内容/技術

塩基配列からアミノ酸配列の決定

→ タンパク質の一次構造から四次構造まで(タンパク質の立体構造について)

電気泳動の仕組み、結果の見方

TOFMS の原理

突然変異、進化について

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ

電気泳動の結果と質量分析の結果との違いがなぜ生じるのか

実験の条件や方法を自分で考える

④教師による支援のポイント

グループで話し合わせるなど相手に分かるように説明する機会をつくる。

実験の結果と考察（受講者の発表スライド）【チームG】

平成27年度サイエンス・リーダーズ・キャンプ

プラスミドDNAの作製と遺伝子導入の結果

チーム1(G)　松尾花枝・高橋寛岳・小西伴尚

発表の流れ

- サイエンス・リーダーズ・キャンプ
- 実験の目的
- 材料及び方法
- 仮説
- 結果
- 考察
- おまけ

サイエンス・リーダーズ・キャンプ

目的

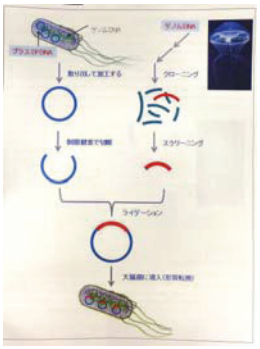
- 多くの中高生が生命を分子のレベルで理解することによって，社会人として安全で健康的な生活に役立てる。
- 生命や自然を論理的，合理的にとらえることによって，総合的な科学的思考能力を向上させる。
- 多くの高校生に先端的なバイオ技術やその応用を紹介することによって，生徒の興味・関心をさらに高め，バイオ系分野への進学希望者を増やす。

内容

- タンパク質の合成とその分析に関する基礎から先端技術までを主な内容とする。

実験の目的

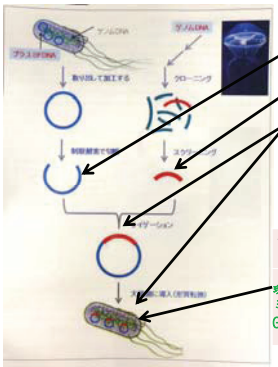
- 遺伝子操作の基本原理を学ぶ



大腸菌の形質転換

蛍光タンパク質の遺伝子を組み込んだプラスミドDNAを作成し，これを大腸菌に導入する。形質転換された大腸菌を観察し，導入したプラスミドDNAと合成されたタンパク質の関係を調べる。

材料及び方法：遺伝子導入



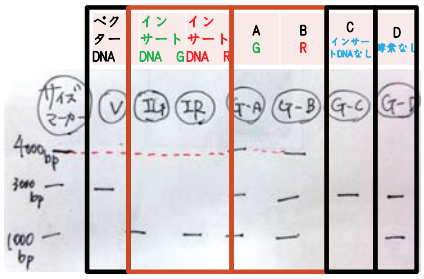
チューブA	チューブB	チューブC	チューブD
ベクターDNA	ベクターDNA	ベクターDNA	ベクターDNA
インサートDNA　G	インサートDNA　R	なし	インサートDNA　G
酵素あり	酵素あり	酵素あり	なし

[illegible]

チューブG	チューブB	チューブR	チューブO	チューブpBS
環状プラスミドDNA溶液G	環状プラスミドDNA溶液B	環状プラスミドDNA溶液R	環状プラスミドDNA溶液O	環状プラスミドDNA溶液pBS

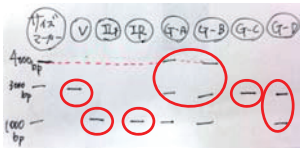
仮説：遺伝子導入

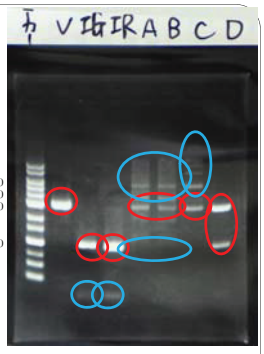
- ライゲーション後(大腸菌に導入前)の電気泳動によるDNAの分析



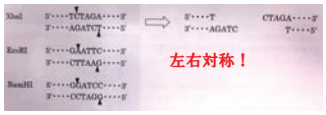
ベクターDNA
ライゲーションで約3000bpと約1000bpで約4000bp
インサートの約1000bp
ライゲーションができなかったベクターの約3000bpとインサートの1000bp

結果：遺伝子導入





考察：遺伝子導入



培養

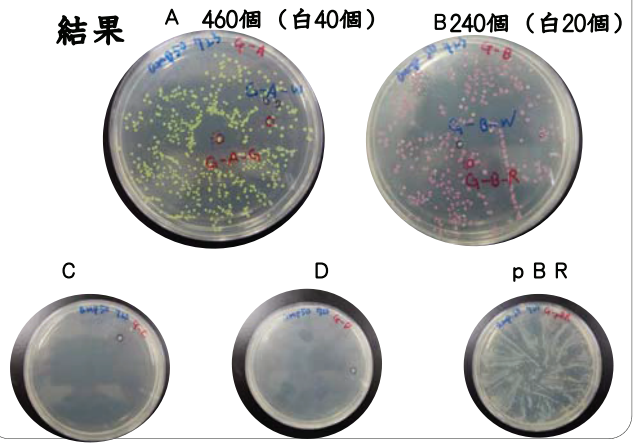
培養液100～150μLをLB寒天プレートに塗り拡げて37度で一晩放置。
※寒天プレートにはアンピシリンが含まれている。

仮説

シャーレA，B，C，D，pBR，G，B，R，O，pBSのうち，

・発色するコロニーができる：A，B，G，B，R，O
・コロニーができない：C，D
・ 発色しないコロニーができる：pBR，pBS

結果



考察

- 他班との比較

班 / シャーレ	G 発光	G 白	B 発光	B 白	R 発光	R 白	O 発光	O 白	W 発光	W 白
A	420	40	205	15	64	13	20	2	47	4
	8.7%		6.8%		16.9%		9.1%		7.8%	
B	240	20	80	4	160	5	70	2	70	7
	7.7%		4.8%		3.0%		2.8%		9.1%	
C	0	2	0	2	0	3	0	0	0	0
D	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

←コロニー数
←白いコロニーの割合（%）

・白いコロニーは，制限酵素で片方だけ切断されたベクターＤＮＡが再びくっついたものが入った大腸菌であると考えられる。

- コロニー数の考察

・形質転換効率
コンピテントセル（タカラJM109）：10^8～10^9CFU/μgDNA
・pBR：0.1ng/μLを2 μL使用

→見積もられる大腸菌のコロニー数は$10^8 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 2 = 20{,}000$

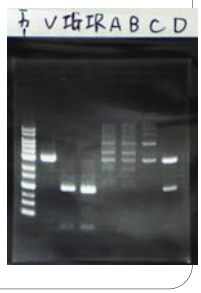
・形質転換が起こった大腸菌のコロニー数は多いところで420個

→見積もりの0.4％程度である

- コロニー数の考察（つづき）

・見積もられる大腸菌のコロニー数は10^{8} ×0.1×10^{-3}×2=２００００
・形質転換が起こった大腸菌のコロニー数は多いところで４２０個
→見積もりの０．４％程度である

理由として考えられること
・そもそもうまくライゲーションができていない。
（電気泳動4000bpのバンドの薄さ）
・コンピテントセルの扱い方がよくない。



教育現場に活かすために

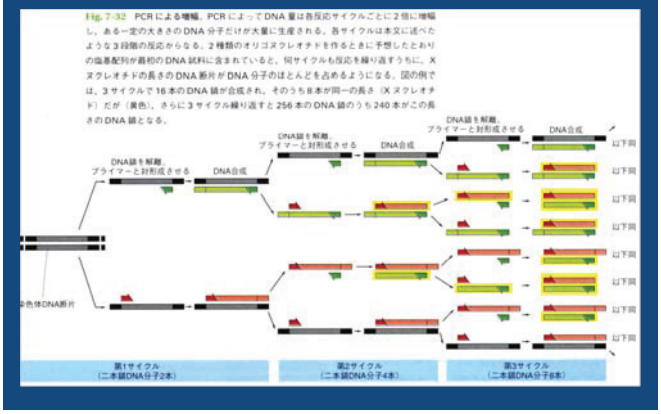
- マイクロピペットの使い方
- コンピテントセルの扱い方
- 酵素入りマイクロチューブの扱い方
- 予測を立てる
- 結果の考察をする

実験の結果と考察（受講者の発表スライド）【チームB】

PCRによるDNAの増幅

B斑（チームBlue）
倉敷市立東陽中学校　中谷　幸希
佐賀県立致遠館高等学校　久冨　伸一郎
愛知県立海翔高等学校　水谷　伸匡
島根県立津和野高等学校　廣田　理史

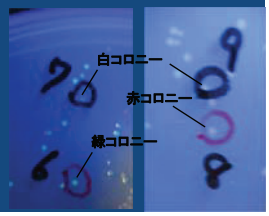
原理



実験条件

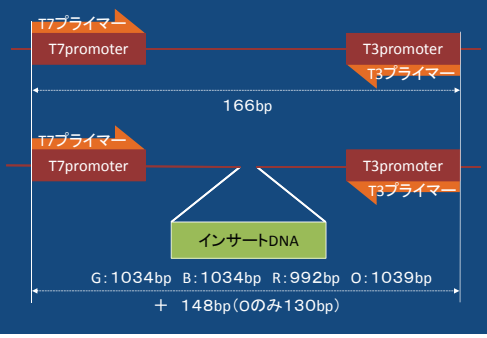
（1）大腸菌の菌体を用いたPCR
1. インサートとして遺伝子G（①）、B（②）、R（③）、O（④）が入っているプラスミドおよびpBSプラスミド（⑤）を導入した大腸菌のコロニー
2. 今回の実験で自分たちでインサートをライゲーションしたプラスミドを導入したプレートから緑（⑥）と白（⑦）、および赤（⑧）と白（⑨）のコロニー、

（2）プラスミドDNAを用いたPCR
3. 1. で形質転換に用いたプラスミドDNA（⑩G、⑪B、⑫R、⑬O、⑭pBS）



増幅する断片

FWプライマー（T7プライマー）：TAATACGACTCACTATAGGG
RVプライマー（T3プライマー）：AATTAACCCTCACTAAAGGG



操作手順

（1）大腸菌の菌体を用いたPCR
それぞれの大腸菌コロニーをチップの先端につけ、PCR反応溶液28μLに加え軽く混ぜる。

（2）プラスミドDNAを用いたPCR
プラスミドDNAの溶液2μLを、PCR反応溶液28μLに加え軽く混ぜる。

反応溶液	容量（μL）
滅菌水	20.1
PCRバッファー	6.0
dNTP	0.6
Forwardプライマー	0.6
Reverseプライマー	0.6
Taqポリメラーゼ	0.15
計	28.05

（1）、（2）をサーマルサイクラーで増幅
※反応サイクル
95℃　30秒　→　56℃　30秒　→　72℃　60秒　を25サイクル

⇒反応終了後、DNA断片を電気泳動により分析

予想（増幅される塩基対の長さ）

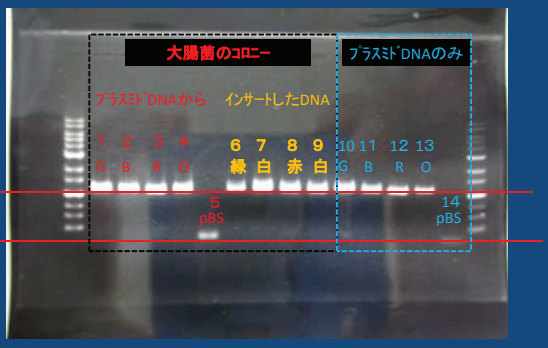
コロニーPCR	① G	② B	③ R	④ O	⑤ pBS
挿入される塩基対（bp）	1034	1034	992	1039	—
増幅される塩基対（bp）	1182	1182	1140	1169	166

コロニーPCR	⑥ 緑コロニー	⑦ 白コロニー	⑧ 赤コロニー	⑨ 白コロニー
挿入される塩基対（bp）	1034	—	992	—
増幅される塩基対（bp）	1182	166	1140	166

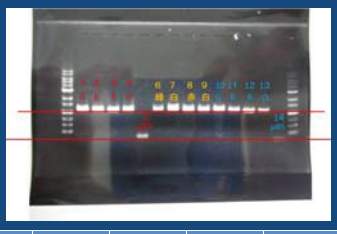
※⑦、⑨の白コロニーはインサートが挿入されていないと予想

プラスミドPCR	⑩ G	⑪ B	⑫ R	⑬ O	⑭ pBS
挿入される塩基対（bp）	1034	1034	992	1039	—
増幅される塩基対（bp）	1182	1182	1140	1169	166

電気泳動の結果

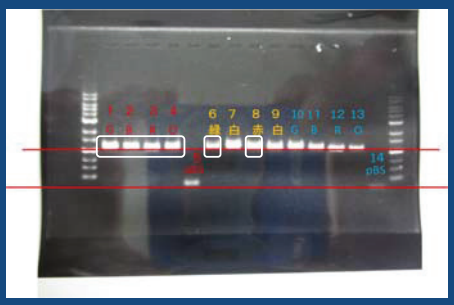


電気泳動の結果から推定される断片の長さ



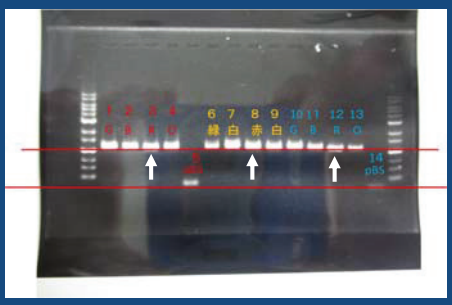
コロニーPCR	1 G	2 B	3 R	4 O	5 pBS
bp	1182	1182	1140	1169	166
コロニーPCR	6 緑	7 白	8 赤	9 白	
bp	1182	1182	1140	1140	
ﾌﾟﾗｽﾐﾄﾞPCR	10 G	11 B	12 R	13 O	14 pBS
bp	1182	1182	1140	1169	166

考察1



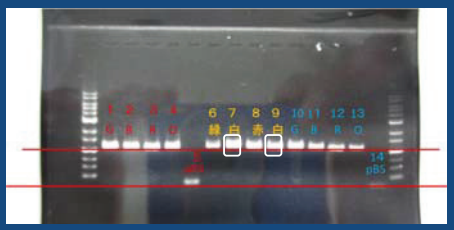
・色の付いているコロニー（G、B、R、O）のPCRの結果、どれも1000bp付近にバンドがみられた。
⇒予想通り目的の断片がインサートされている

考察2



・G、B、（O）に比べてRの断片が少しだけ速く流れていた
⇒G、Bの1182bpとRの1140bpの42bpの違いがこの電気泳動で確認できた

考察3



・緑、赤のプレートにみられた白のコロニーがもつプラスミドにはインサートが挿入されていないと予想したが、実際には1000bp付近にバンドがみられた
⇒インサートは挿入されたが、どこかで塩基が欠損などをして、フレームシフトしたと考えられる。

試験管内における転写と翻訳の再現

group **R**
藤原 宏枝　釜谷 尚史　牧野 里香　矢澤 敦

時: 平成27年7月28日～31日
サイエンス・リーダーズ・キャンプ
場: 国立大学法人愛媛大学　プロテオサイエンスセンター

1

1. 研究背景

- セントラルドグマを可視化

- 生徒が容易に実験可能
(安全性・法的諸問題のクリア)
- 無細胞タンパク質合成系によりセントラルドグマ（転写→翻訳）を再現する。

2

2. 仮説

- 成分を適正に設定することで、試験管内でも転写・翻訳が再現できる。

3

3. 検証 (1) 材料および方法

a.転写の試薬

材料	役割
①Template DNA	RNA合成の鋳型
②NTPmix	ヌクレオチドの材料
③RNApolymerase	RNA合成酵素
④buffer	緩衝溶液
・RNase	RNA分解酵素
・RNase阻害剤	RNA分解酵素阻害剤
・DDW	蒸留水

4

3. 検証 (1) 材料および方法

b.翻訳の試薬

材料	役割
① 合成mRNA	一次構造の配列順序情報
② アミノ酸mixture	タンパク質の材料
③ リボソーム	タンパク質合成の場
④ tRNA	アミノ酸の運搬
⑤ buffer	緩衝溶液

5

3. 検証 (1) 材料および方法

c.転写の操作手順

組織採取（尾びれ）
↓
エタノール(-20℃)で固定
↓
凍結粉砕（液体窒素を使用）
↓
DNAの抽出・精製
（QIAGEN：DNeasy Blood & Tissue Kitを使用）

・Ribo Greenによる転写の確認

6

3. 検証 (1) 材料および方法

d.翻訳の操作手順

組織採取（尾びれ）

⬇

エタノール（-20℃）で固定

⬇

凍結粉砕（液体窒素を使用）

⬇

DNAの抽出・精製

（QIAGEN：
DNeasy Blood & Tissue Kitを使用）

7

3. 検証 (2) 条件制御 （転写）

3試験区を設定

(単位：μl 終量：20μl)

材料	sample **a**	sample **b**	sample **c**
① Template DNA	2	2	-
② NTPmix	2	2	2
③ RNApolymerase	2	2	2
④ buffer	4	4	4
・**RNase**	-	2	-
・RNase阻害剤	2	-	2
・DDW	8	8	10
結果予想（mRNA合成）	＋	―	―

8

3. 検証 (2) 条件制御 （翻訳）

2試験区を設定

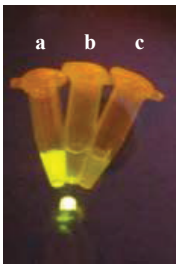
(単位：μl 終量：220μl)

材料	**a**	**c**
① 合成mRNA(GFP)	10	10
② アミノ酸mixture	200	200
③ リボソーム ④ tRNA ⑤ buffer	10	10
結果予想（GFP合成）	＋	―

9

3. 検証 (3) 結果 （転写）

材料	**a**	**b**	**c**
① Template DNA			-
② NTPmix			
③ RNApolymerase			
④ buffer			
・**RNase**	-	＋	-
・RNase阻害剤		-	
・DDW			
結果（mRNA合成）	＋	―	―



RiboGreen蛍光試薬によるRNAの確認

10

3. 検証 (3) 結果 （翻訳）

材料	**a**	**c**
① 合成mRNA(GFP)	10	10
② アミノ酸mixture	200	200
③ リボソーム ④ tRNA ⑤ buffer	10	10
結果（GFP合成）	＋	―

GFP蛍光によるタンパク質合成の確認

11

4. 考察 (1) 転写に必要となる物質について

材料	**a**	**b**	**c**
① Template DNA			-
② NTPmix			
③ RNApolymerase			
④ buffer			
・**RNase**	-	＋	-
・RNase阻害剤		-	
・DDW			
結果（mRNA合成）	＋	―	―

「TemplateDNA」の無い試験区」
(試験区b・c)

⬇

「mRNA」の合成なし

転写に「TemplateDNA」は、不可欠である

12

4. 考察 (2) 翻訳に必要となる要素について

材料	a	c
① 合成mRNA(GFP)	10	10
② アミノ酸mixture	200	200
③ リボソーム ④ tRNA ⑤ buffer	10	10
結果（GFP合成）	＋	―

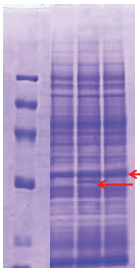
「合成mRNA」
の無い試験区」
(試験区c)
↓
「GFPタンパク質」
の合成なし

**翻訳に
「 mRNA 」は
不可欠である**

13

5. 結論

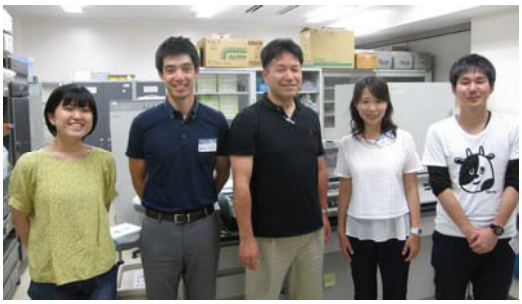
・SDS-PAGEによる合成タンパク質の分析



← コムギ由来タンパク質？

tube M G R N

ご清聴ありがとうございました



group **R**

タンパク質の分析結果

オレンジ班
奥村仁一（静岡市） 内藤知佳（岐阜県）
矢澤有希子（鳥取県） 矢野義文（徳島県）

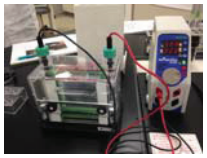
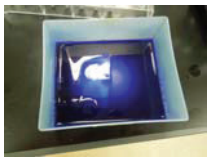
目的

大腸菌によって作成した蛍光タンパク質
コムギの胚芽によって作成した蛍光タンパク質
を
①ブラックライト照射による発光
②電気泳動
③MALDI-TOFMSを用いて分析をおこなう

実験方法

1　電気泳動によるタンパク質の分析

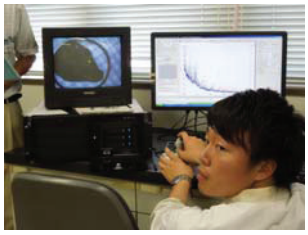
大腸菌とコムギ胚芽から生成した試料を25mAで1時間泳動する。その後，CBBで染色し，分子量を求める。

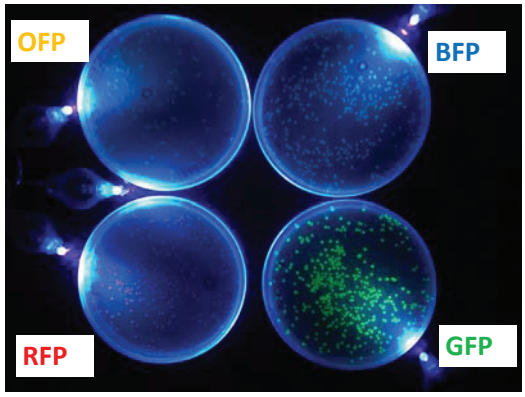
実験方法

2　MALDI-TOFMSによるタンパク質の分析

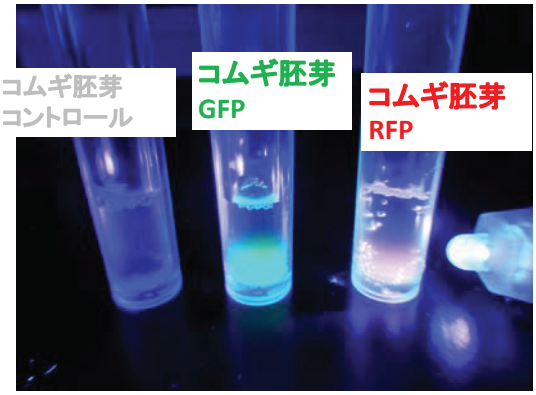
マトリックスと試料を混ぜレーザー光を照射しイオン化した後，その移動距離で試料の分子量を求める。



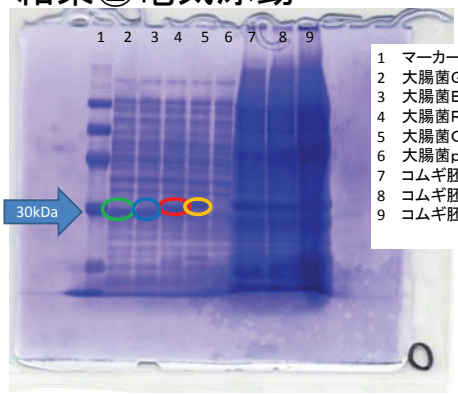
結果①ブラックライト照射



結果①ブラックライト照射



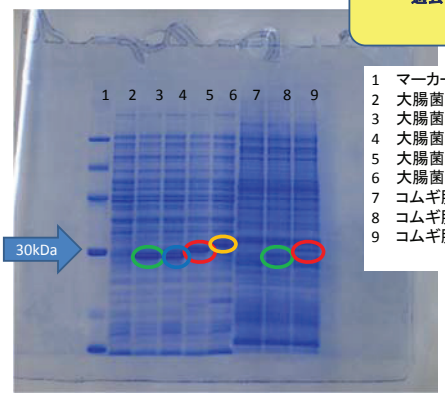
結果②電気泳動



1 マーカー
2 大腸菌GFP
3 大腸菌BFP
4 大腸菌RFP
5 大腸菌OFP
6 大腸菌pBS
7 コムギ胚芽GFP
8 コムギ胚芽RFP
9 コムギ胚芽コントロール

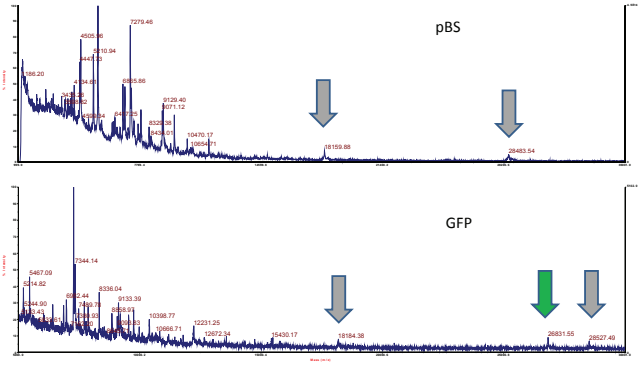
結果②電気泳動

過去の成功例

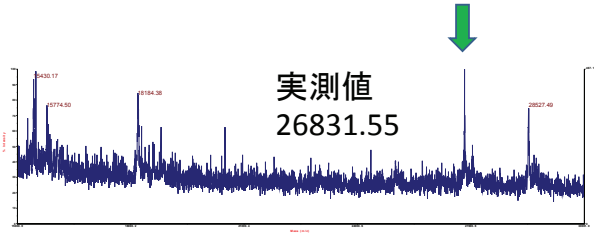


1 マーカー
2 大腸菌pBS
3 大腸菌GFP
4 大腸菌BFP
5 大腸菌RFP
6 大腸菌OFP
7 コムギ胚芽コントロール
8 コムギ胚芽GFP
9 コムギ胚芽RFP

結果③MALDI-TOFMS　GFP



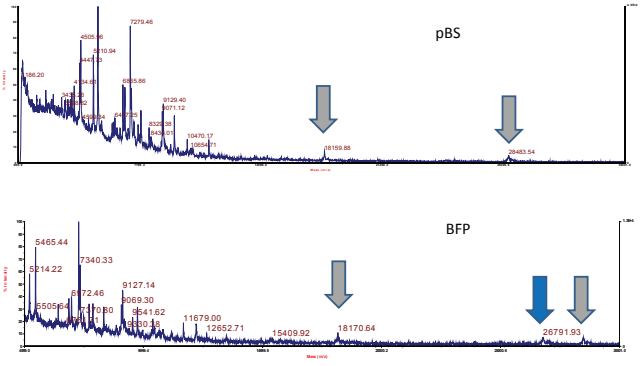
結果③MALDI-TOFMS　GFP



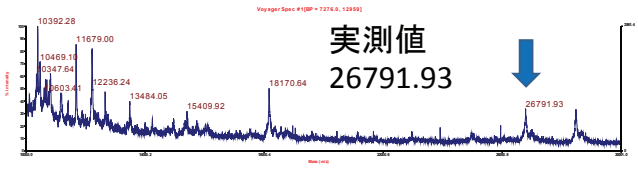
実測値
26831.55

計算値
26941.99

結果③ MALDI-TOFMS　BFP



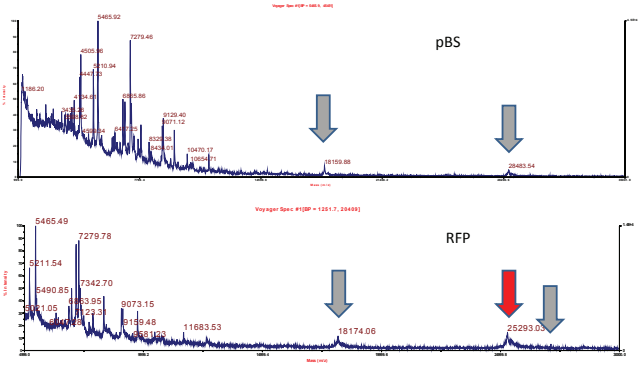
結果③MALDI-TOFMS　BFP



実測値
26791.93

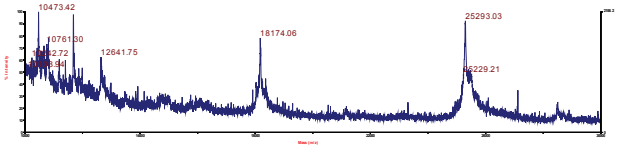
計算値
26899.88

結果③ MALDI-TOFMS　　RFP



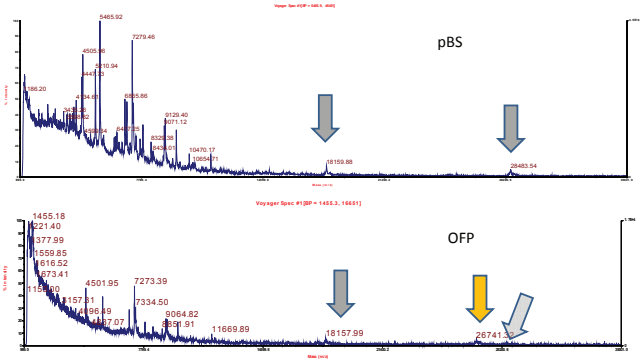
結果③MALDI-TOFMS　　RFP

実測値
25293.03



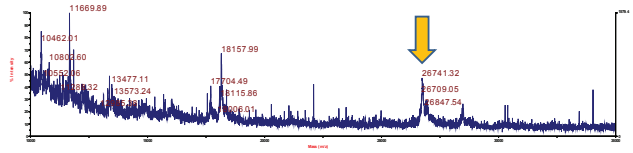
計算値
25424.24

結果③ MALDI-TOFMS　　OFP



結果③MALDI-TOFMS　　OFP

実測値
26741.32



計算値
26709.80

分子量の考察

	GFP	BFP	RFP	OFP
泳動結果	GFP≒BFP＜30kDa＜RFP＜OFP			
TOFMS 実測値	26831.55	26791.93	25293.03	26741.32
計算値	26941.99	26899.88	25424.24	26709.80

考察まとめⅠ

①ブラックライト照射による蛍光発色で、蛍光タンパク質の発現が確認できた。

②電気泳動の結果より、大腸菌で生成された蛍光タンパク質とコムギ胚芽により生成された蛍光タンパク質はそれぞれ同一であると推測される。

③MALDI-TOFMSの結果から、ベクターのみ(PBS)にはないピークが現れ、そのピークが蛍光タンパク質特有のものであると考えた。

考察まとめⅡ

MALDI-TOFMSの実測値と計算値を比較すると誤差がある。今回はキャリブレーションを行わなかったが、キャリブレーションを行うことで、測定誤差を小さくできると思われる。

MALDI-TOFMSの実測値と計算値の比較

	GFP	BFP	RFP	OFP
TOFMS 実測値	26831.55	26791.93	25293.03	26741.32
計算値	26941.99	26899.88	25424.24	26709.80
差	110.44	107.95	131.21	-31.52
誤差 （実測値 / 計算値）	0.995900822	0.995986971	0.994839177	1.001180091
メチオニン1分子付加後の誤差※	1.001439018	1.001533836	1.000707986	1.001180091 （メチオニン付加せず）

※メチオニンの分子量を149.21とする

①GFP,BFP,RFPは、TOFMS実測値よりも計算値の値が大きい。これは、開始メチオニンが除去されたためではないか。
②OFPは、TOFMS実測値よりも計算値の値が小さい。これは、メチオニンが除去されなかったか、タンパク質の翻訳後修飾が起こっているためではないか。

考察まとめⅢ

電気泳動の結果と各タンパク質の分子量の大きさとの違いがみられた原因は、

①タンパク質がもつ電荷の偏りの違いによって泳動度に違いが生じているのではないか

②タンパク質の立体構造が完全にほどけていないために泳動度に違いが生じているのではないか

と考えられる？

①タンパク質がもつ電荷の偏りの違い

酸性アミノ酸：アスパラギン酸，グルタミン酸　　塩基性アミノ酸：リジン，アルギニン

	GFP	BFP	RFP	OFP
総アミノ酸数	239	239	225	236
酸性アミノ酸数	34	34	36	36
塩基性アミノ酸数	26	26	31	33

RFPとOFPは極性電荷アミノ酸が多いため、泳動速度が遅くなった？

②タンパク質の立体構造

	GFP	BFP	RFP	OFP
疎水性アミノ酸が6以上連続する部位	3	3	1	1

疎水性アミノ酸の集合の違いにより、泳動度に差が生じた？
TOFMSの結果より、OFPはタンパク質の翻訳後修飾が起こり、そのため分子量が大きく現れた？

謝辞

愛媛大学　林秀則　教授
高崎健康福祉大学　片山豪　教授
JST　中井紗織さん
愛媛大学関係者各位
松本さん・今村さん・木村さんをはじめとするTAのみなさん

このような機会を与えていただき，この場を借りてお礼申し上げます。

DNAの塩基配列と タンパク質の特徴

チームW
汲田憲彦（東京成徳大学中学・高校）
友松央樹（京都府立福知山高校）
宮崎智憲（高知県立室戸高校）
高田亜紀（茨城県立伊奈高校）

DNAの塩基配列の解析

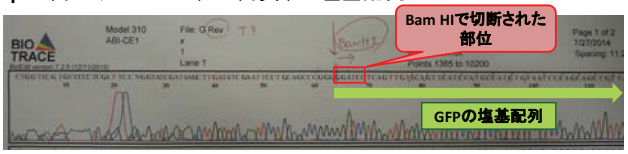
- pBSのみ
- 遺伝子G（GFP）を挿入したpBS
- 遺伝子B（BFP）を挿入したpBS
- 遺伝子R（RFP）を挿入したpBS
- 遺伝子O（OFP）を挿入したpBS

DNAの塩基配列をT7プライマー（FW）、T3プライマー（REV）から解析した。

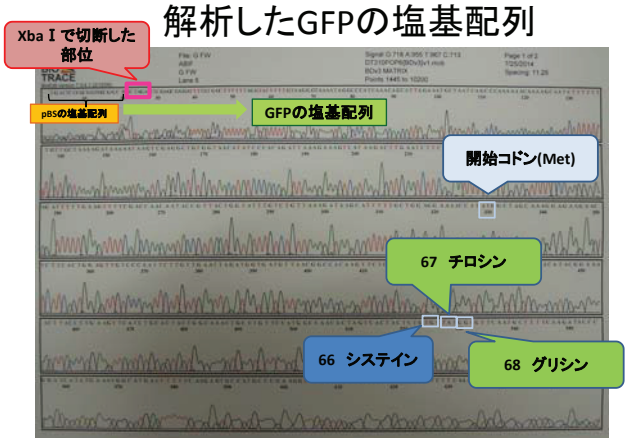
pBS　インサートDNAの確認

pBS（インサートDNAなし）の塩基配列

pBS（インサートDNA（GFP）あり）の塩基配列



解析したGFPの塩基配列



GFPの塩基配列

遺伝子G（GFP）

```
1     TCTAGAATTCGAGCGGGATTTTATGGCTTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAATAGGC
61    CCATCAAACACGATTACAAATCCTAATCAGCCCAAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTTGTT
121   GCTAA                                GCTGTGGTAACATATCCCACAGATTAAAGAAAGTCA
181   TAAGA                                AAAAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT
241   TTCGACCAA  ATACCGTTACTGGTATTTGTCTG                              TGGAGG
301   AAAACCAT ATG GCTAGCAAAGGAGAAGAAC                               ATTCTTGTTG
361   AATTAGATGGTGATGTTAACGGCCACAAGTTCTC                              AGGTGATG
421   CAACATACGGAAAACTTACCCTGAAGTTCATCTGCACTACTGGCAAACTGCCTGTTCCAT
481   GGCCAACACTAGTCACTACTCTGT TGC ATG GTG TTCAATGCTTTTCAAGATACCCGGATC

541   ATATGAAAC                            AGTGCCATG                    AAGGA
601   CCATCTTCTT                           TACAAGACA                    AGGTG
661   ATACCCTTGT                           AAAGGTATTGACTTCAAGGAAGATGGCAACATTC
721   TGGGACACAAATTGGAATACAACTATAACTCACACAATGTATACATCATGGCAGACAAAC
781   AAAAGAATGGAATCAAAGTGAACTTCAAGACCCGCCACAACATTGAAGATGGAAGCGTTC
841   AACTAGCAGACCATTATCAACAAAATACTCCAATTGGCGATGGCCCTGTCCTTTTACCAG
901   ACAACCATTACCTGTCCACACAATCTGCCCTTTCGAAAGATCCCAACGAAAAGAGAGACC
961   ACATGGTCCTTCTTGAGTTTGTAACAGCTGCTGGGATTACACATGGCATGGATGAACTGT
1021  ACAACTGAGGATCC
```

開始コドン(Met)　67　チロシン　66　システイン　68　グリシン

発色団

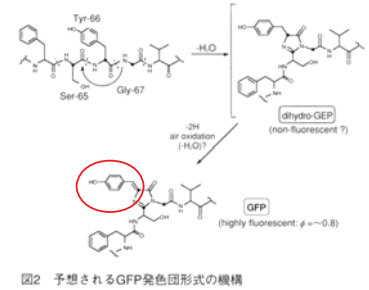
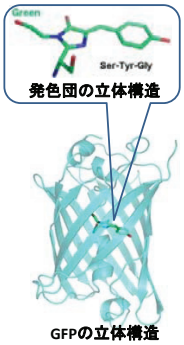
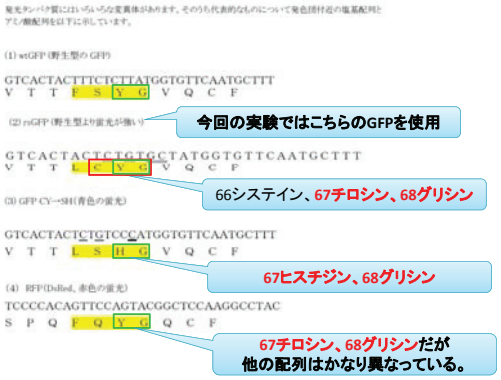


図2　予想されるGFP発色団形式の構造



野生型のGFPは　65セリン、66チロシン、67グリシンとなっているが、発色に関わる構造は66チロシン、67グリシンの部分である。
⇒2つのアミノ酸で共役二重結合を形成する。

GFP・BFP・RFPの発色団の比較



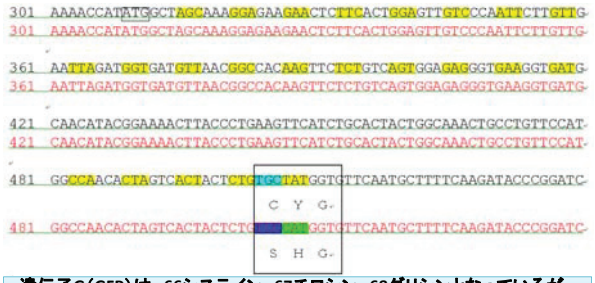
遺伝子間の比較

①遺伝子G と 遺伝子B
②遺伝子G と 遺伝子R
③遺伝子G と 遺伝子O
④遺伝子R と 遺伝子O

⇩

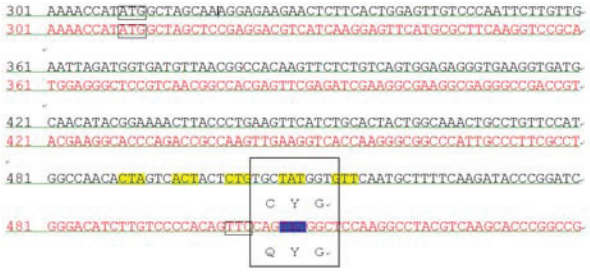
発色団となる塩基配列を比較した

① 遺伝子G と 遺伝子B



遺伝子G（GFP）は 66システイン、67チロシン、68グリシンとなっているが、
遺伝子B（BFP）は66セリン、67ヒスチジン、68グリシンに変わっている。
⇒2つのアミノ酸のみの変化で青色の蛍光を発する。（BFPはGFPの変異型）

② 遺伝子G と 遺伝子R

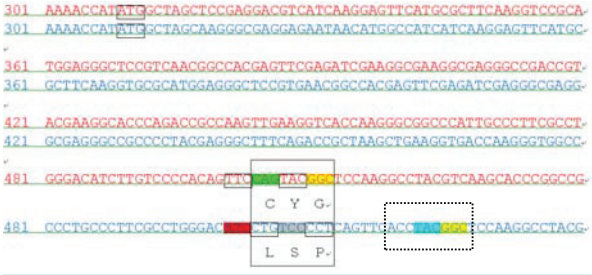


遺伝子G（GFP）は 66システイン、67チロシン、68グリシン
遺伝子R（RFP）は66グルタミン、67チロシン、68グリシンに変わっている。
⇒発色団は67、68のアミノ酸が同じであるが、そのほかのアミノ酸配列は
大きく異なっている（別の生物の蛍光タンパク質であるため）

③ 遺伝子G と 遺伝子O

遺伝子G（GFP）は 66システイン、67チロシン、68グリシン
遺伝子O（OFP）は66ロイシン、67セリン、68プロリンである。
⇒遺伝子O（OFP）の発色団は71スレオニン、72チロシン、73グリシンであり、
この部分で共役二重結合を形成する。

④ 遺伝子R と 遺伝子O



遺伝子R（RFP）は66システイン、67チロシン、68グリシン
遺伝子O（OFP）は71スレオニン、72チロシン、73グリシンである。
⇒発色団の67・72チロシン、68・73グリシンは共通
この部分で共役二重結合を形成する。

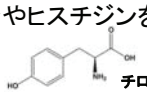
実験結果

●塩基配列の解析結果から、pBSにGFPなどの遺伝子が挿入されたことが確認できた

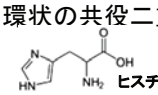
●発色団となりうるアミノ酸配列をコードする塩基配列が含まれていることが確認できた

発色団の構造についての考察

●アミノ酸配列が異なっても、発色団の化学構造は似ている（チロシンやヒスチジンを含み、環状の共役二重結合をもっている）



チロシン



ヒスチジン

●タンパク質の構造が特徴的で、発色団以外のアミノ酸が提灯のように発色団を取り囲んでいる。

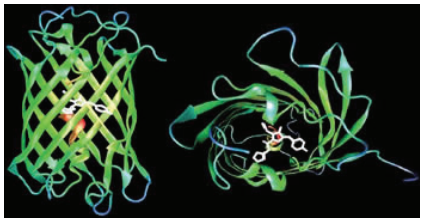
発色団の共役二重結合

- GFPには特殊な3つのアミノ酸配列～セリン(serine、これと似たスレオニン(threonine)と入れ替わっている場合もある)−チロシン(tyrosine)-グリシン(glycine)～がある。
- タンパク質鎖が折りたたまれると、この短い断片はタンパク質の奥深くに埋め込まれる。グリシンがセリンと化学結合を形成して、新たに閉じた環が形成され、その結果自発的に脱水反応が起こる。最後に、1時間ほどかかって周辺環境にある酸素がチロシンのある結合に攻撃し、二重結合が形成されて蛍光発色団となる。

GFPの立体構造

・11のβシート単位が螺旋状に組織化し、発色団(白色部分)を包む形で円筒構造が組まれている。

・この筒状構造は**外部要因から発色団を守って発光効率と寿命を向上させる**、バリアー的な役割も果たしている。



サイエンス･リーダーズ･キャンプに参加して

徳島県立脇町高等学校　矢野　義文

この度の研修は私にとって非常に有意義なものとなった。2 年前に本校から同じプログラムに参加した教員から、事前にその内容の高度さ、先進さ、そして日程のハードさ(？)なども聞いており、大きな期待と少しの不安をもって参加したのだが、この 3 泊 4 日は期待以上の内容であった。(不安視していた部分もそれ以上であったが。)

まず当たり前であるが、無細胞タンパク質合成系から学ぶことが非常に多かった。小麦胚芽を用いて行われるこの反応系自体の面白さは実験を通して学ばせてもらったが、その他の様々な講義や、いろんな先生方とディスカッションを重ねることで、この反応系に関連する様々なことを考え、理解するのが面白くて仕方なかった。なぜコムギなのか、なぜ大腸菌内で作らせるより有利な点があるのか、転写はどのようにして可視化できるのか、ベクターである pEU の特徴、コンピテントセルの特徴とその表し方、などなど列挙すればきりがないが、それらのことが一つひとつ理解できることが本当に新鮮だった。特に最後の遠藤先生のご講演で、今まで不勉強のせいでよく知らなかった rRNA の大事な働きを知ることができ、まだまだたくさん勉強しないといけないと改めて感じさせられた。

次に重信キャンパスでの見学も刺激的であった。基礎研究がどのように我々の生活に役立つようになるのかを実際の目で確かめ、最先端で研究している方から直接説明を受け、質問できるチャンスなどなかなかないので素晴らしい経験となった。どの先生方からも持てる知識と技術で世の中を変えよう、人の役に立つもの実現しようといった信念が感じられ、科学者とはどうあるべきかといったことも考えさせられた。当然どの研究内容の説明も勉強になり、マラリアの治療や骨粗鬆症への応用など生徒にそのまま聞かせてあげたいものばかりだった。

また全日程を通して学んだことをまとめ、プレゼンをするために同じチームの先生方と議論したりスライドを作成したりしたのも良き思い出となった。ほぼ日をまたいでの作業となったが、TA の方や先生方のおかげで不完全ながらも何とかまとめることができほっとした。

考えてみれば、私が生物学に興味を持ったのも高校の生物の授業でタンパク質合成の過程を学んだのがきっかけであった。こんなことが細胞の中で起こっているのかと驚いたものだった。今回改めてタンパク質合成に関することを深く学んでみて、やはり自分はこの分野の話が好きだということが再確認できた。現在の生物の教育課程ではセントラルドグマを理解させることが非常に重要であり、生命を理解させる第一歩であるということも学ばせていただいた。自分が高校生の時に感激したように、今回学ばせていただいたことを十分に活用し、今後はセントラルドグマに感動する生徒が出てくる授業を目指していきたい。

サイエンス･リーダーズ･キャンプを受講して

岡山県立鴨方高等学校　牧野　里香

今回のキャンプの実習内容で，最も興味深かったのは「試験管内での転写と翻訳の再現（無細胞系タンパク質合成）」である。細胞内のタンパク質は肉眼や光学顕微鏡で，その存在を確認できるものは少ない。

緑色蛍光タンパク質 GFP の発見，クローニングにより，タンパク質が可視化されるようになった。*gfp* 遺伝子を導入した細胞の蛍光を観察することで，タンパク質の存在を確認できる。大腸菌に *gfp* 遺伝子を導入する実験は，高校の生物の教科書にも取り上げられており，実際に私も生徒実験で授業に取り入れたこともある。実験の成功率も高く，形質転換した菌体の取り扱いさえ留意すれば，授業で取り入れるのに，それほどハードルの高くない実験である。しかし，この実験では，「*gfp* 遺伝子が取り込まれて，大腸菌が光った」ことが結果となってしまい，転写･翻訳の過程はブラックボックスとなってしまう。転写･翻訳に必要な因子がこの実験からは考察できない。

これまで細胞内での転写･翻訳については，アニメーション教材を使用したり，自作のワークシートで DNA や mRNA の塩基配列や，遺伝暗号表を用いて合成されるポリペプチドのアミノ酸配列を記入させるような授業をしてきた。正直なところ，大学入試問題に対応できる程度の理解と知識の定着が目標となっている。実際，紙面上で転写･翻訳のルールは理解できるが，リボソームと RNA の複合体でタンパク質が合成されているというイメージができず，分子レベルでの理解は難しかった。「コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系」では，タンパク質合成の過程が可視化される。中でも，mRNA の合成（転写），タンパク質の合成（翻訳）が，それぞれ段階的に確認できるのがよい。また，対照実験により，転写･翻訳に必要な因子もわかる。生体内の反応を試験管内で再現できることは興味深い。発展的には，常時発現のプロモーターではなく，温度などの条件依存型のプロモーターを GFP につなげて，条件ごとの転写の調節が可視化できるようになるとおもしろい。

これまで，一人ひとりが実験･観察を十分に体験できる「本物を見る･ふれる」授業を心がけて展開してきた。科学に興味を持ち，理解を深めるためには実際に自分の五感で感じることが重要だと考えるからだ。情報端末等が発達し，教科書がオールカラーの今日，本物を見せなくても，体験しなくても，ページを開くだけで，クリックひとつで，実験･観察結果を容易に示すこともできる。しかし，体感することで科学的探究心を刺激し，自然科学という学問を進路の選択肢のひとつにする生徒が増えることを期待したい。日常生活が科学技術で支えられている今，自然科学に対する正しい知識と考え方を身につけることで，適切な行動ができる。高校で学ぶ理科が，豊かな暮らしを築く基礎となることを感じてほしいと思っている。

サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

名古屋市立富田高等学校　　高橋　寛岳

今回の愛媛大学での3泊4間の研修は、次々と行われる実験や講義に慌ただしさを感じる一方、普段では味わうことのできない時間を過ごすことができました。

新課程の生物では、遺伝子に関する記述が増え、分子生物学の分野で行われている実験についても生徒に教えることとなりました。しかし、私自身がPCRや電気泳動といった実験を行ったことがありませんでした。今回の研修で経験し、生徒にも実際に体験させるとこができれば…と思いましたが、なかなか勤務校では難しいというのが正直なところです。しかし、私が実験を経験したことで、生徒によりリアルなイメージを持たせながら授業中に話をすることができると思います。また、多くの実験を行う中で、GFPを大腸菌につくらせたり、GFPを試験管内の無細胞タンパク質合成でつくったりして、その蛍光の発色を観察しました。そのときは、大きな感動と驚きを覚えました。実際に見ることの大切さを、再認識した瞬間でした。授業に実験をなかなか組み込めずにいましたが、実験・観察、あるいは演示実験や何か実物をみせるということだけでも、より多く取り入れていきたいです。

この4日間、愛媛大学で多くのことを講義や実験を通して知りました。実験を行う際には、今この作業がどういうことをしているのかをＴＡさんに聞きながらすすめてはいたましたが、頭の中で整理できないまま次の作業へ進んでしまうことが多くありました。私の勉強不足を感じる場面であったので、今回与えられたものをまずは私自身がしっかりと消化し、吸収していきたいです。私は、林先生の「文系・理系に関係なく、生命の基本原理（セントラルドグマ）を知ってほしい。」というお話にとても共感しました。セントラルドグマに限らず、文系の生徒にも自分の生命やからだに興味をもって、いろいろな事を知ってほしいということは日頃から感じていたことでした。そのために、今回の研修で知ったことを勤務校に合わせてアレンジし、伝えること。これが、私がまずやるべきことなのではないかと思います。

最後に、このような機会を与えてくださった林先生をはじめ愛媛大学のみなさま、方山先生、JSTのみなさま、ＴＡのみなさんには本当にお世話になりました。ありがとうございました。

サイエンス・リーダーズ・キャンプ

高知県立室戸高等学校　宮﨑　智憲

先日、中学校の全国学力・学習状況調査の結果が報じられました。全国調査の分析で理科は成績改善が見られたものの、実験の考察は苦手で知識の活用が出来ず、「将来にどうつながるか分からない」の回答が増え、「理科の勉強が好き」の回答が大幅に減ってしまいました。

私は今回のサイエンスリーダーズキャンプ（以下SLC）に参加するまで、生物の特に「遺伝子（組み換え）」というものは大変縁遠いもののように感じていました。「生命のセントラルドグマ」については、正直に申しまして重要語句という捉え方しかできておりませんでした。専門科目を言い訳にしてしまい、自分自身が教科書以上の学習することをしていませんでした。私も理科が苦手な中学生も変わらないように思います。

ただ、今の私の頭の中では語句（文字）から鮮やかな蛍光タンパク質の映像に差し替えられています。セントラルドグマについて、講義や実習を通じた体験によって学習することが出来たからです。今までの私であれば、「理科を学んで将来どうなるのか」という小中学生（高校生）への答えに窮してしまっていたと思います。このSLCのプログラムを通じて、教科書の知識がその先の大学等の研究にどうつながっているのかを、理学・工学・医学の最先端でふれられたことで、私なりの答えをもつことが出来ました。

「理科の指導力」と「専門知識」は重なる部分も多いと思います。しかし、「指導力」と「本質の理解や実験等の経験」はそうでなく、理科の指導、つまり生徒の理解にはどちらも欠かせない車の両輪であると知ることが出来ました。

あっという間の４日間でしたが、手を動かし、頭を働かせて得た経験がどれほど貴重なのかが、時間を追うごとに大きな実感になっています。今回得た知識を生徒たちへ伝えることは、理科の勉強と将来との大きなつながりを学習させることになると思います。同時に、私自身が生徒たちの実験や授業の精度をより高めていく努力をしていかなければならないことを痛感しています。

今回のSLCの参加に際して、教員経験年数としては十分とは言えない私の参加を認めていただいて、関係各位の皆様方に感謝申し上げます。そして４日間にわたって不出来な私に、時には深夜まで熱心にご指導くださった、林秀則先生と片山豪先生に心より厚くお礼申し上げます。先生方への恩返しになると信じて、理科好きの生徒を１人でも多く輩出できるよう、これからも一層精進して参りたいと思います。

平成27年度サイエンスリーダーズキャンプを終えて

佐賀県立致遠館高等学校　久冨　伸一郎

本キャンプでは，日常の業務から離れて，今まで関心はあったが普段の業務においてはなかなか実施することができていなかった様々な実験や，最先端の研究の動向及びその研究に用いられている最新の機材に触れることが出来，また，実際に様々な研究をされている研究者の方々から直接話を聞くことが出来て科学に対する興味関心を高め，理科の教員としての素養を深めることが出来たと思う。

実験実習では，実際に遺伝子を導入し形質転換をさせる実験やPCRによるDNAの増幅，電気泳動によるDNAやタンパク質の分析などの基本的な遺伝子に関する実験を体験することが出来，実験をする上での留意点や指導上のポイント，スムーズに実験を行うための手順などを学ぶことが出来たため，今後生徒に対して指導や実習をさせる際に役立てていきたいと思います。

また，コムギ胚芽抽出液を用いた無細胞合成系によるタンパク質合成の実験では，他では体験することが出来ない貴重な経験を得ることが出来た。セントラルドグマの各段階をそれぞれの反応ステップごとに可視化することで，今までは大腸菌などの生物を用いて一連の反応を行わせた最終産物を確認することで反応全体が行われたであろうことを結果から推察していた内容についても，各段階ごとに順を追って反応を確認することが出来た。このことによりセントラルドグマを全体の流れだけでは無く，転写や翻訳の各段階ごとに実際にどのような反応が起こり，生成物として何ができあがるのかということを目で見て確認をすることが出来るため，それぞれの過程における現象の理解をより深めることが出来ると思った。実際に学校においても生徒に体験をさせることで，説明だけではなく実際にその現象に触れることで，理解と興味関心を深めることが出来，また，普段は目にすることが出来ない反応の過程を実際の操作により体験することで，実験や研究に対する関心を高めることにもつなげることが出来るため，ぜひ授業や課外活動の中で取り入れていくことが出来るように検討をしていきたいと思った。

講義や研究センターの見学においても，様々な新しい知識を得ることが出来，これまで知らなかった最新の技術を用いた種々の研究について学ぶことが出来た。今後理系の研究職に関心のある生徒を指導していく上で，今回のキャンプにおいて新たに得ることが出来た知見は大いに役に立つと思われるので，大変ためになった。

今回のキャンプで得た，知識や経験を生徒や周囲の教員などにも伝えていくことでより多くの人たちにこれらの貴重な情報を伝えていきたいと思った。

このような貴重な経験をすることができる機会を提供いただいた各関係機関の方々には大変お世話になり，多くのことを学ばせて頂いたことを心より感謝を申し上げたい。

サイエンス・リーダーズ・キャンプin 愛媛大学に参加して

静岡市立清水桜が丘高等学校　奥村　仁一

平成 21 年改訂、24 年度実施の進学指導要領では、理科のなかでも特に生物分野の大きな変更が見られ、学習内容の大幅な変更が示された。教育目標の1つに「生物の連続性と生命の尊厳を理解させる」とあり(高等学校学習指導要領理数編)、それ以外にも「学習内容と自らを関連付けて理解させる」「共通性と多様性の土台となる DNA を理解させる」ことの大切さを示している。

一方、現代の高校生を取り巻く環境として、近年の科学技術の急速な進歩・発展により、遺伝子組換え食品や遺伝子治療、遺伝子診断、2012 年のノーベル賞受賞した iPS 細胞をはじめとし様々な遺伝子 DNA に関する話題が日常生活にあふれてきている。しかしバーチャルな情報環境に取り巻かれている現代の高校生にとっては、生命観が希薄になっている上に、その実態を直接認識することが難しい遺伝子 DNA を実感させ、そのはたらきを理解させることは困難であると感じていた。また実験による可視化も高校の既存の施設・設備では限られておりその実施には困難をきたすため、高校の授業内での DNA 等を扱う実験は積極的に行おうとする先生方は少ない。

そのような状況の中で、本研修「サイエンス・リーダーズ・キャンプ」に参加させていただいた。最も驚いたのは、コムギ胚芽無細胞タンパク質合成技術を活用した遺伝子実験である。大腸菌を使った遺伝子導入実験等は大学との連携実験講座により高校生へ体験学習をさせた実践は行ったことがあるが、教育現場に置いて多数の生徒に対して実施するには、バイオハザードの問題が大きく立ちはだかっていた。また生命倫理上の問題や、衛生・安全問題等もあり、実施の可・不可の前に、勤務校の先生方の理解が得らにくい状況があった。従って実施するためには大学等の研究機関との連携が欠かせず、実施時期・参加人数・大学側の予算(JST の SPP により実施したことがあるが、予算申請が通らなかった年は実施できなかった等の、年によってできるできないのムラが大きい)等の制約が多かった。

本研修で体験させていただいた「コムギコムギ胚芽無細胞タンパク質合成技術を活用した遺伝子実験」であれば、生命体でないため、バイオハザードの問題もなく、また食品であるため衛生・安全性においても高校生でも十分に実施できる教材であると感じた。

また何よりも他の先生方の理解が得られやすいと思われた。勤務校での実施の場合、理科以外の教科の先生方に対しては勿論であるが、時には理科の先生方(特に生物学以外の専門の先生方)の理解が得られず実験の実施が困難な状況が見られ、実はこのことが最も大きく困難な障壁であると感じていた。しかし本実践は安全性の説明がしやすく、また理解されやすいため、遺伝子実験を行う際に職場の理解が得られないというハードルをクリアし易いという点でとても有効な実験であると思われた。

さらに体験学習する生徒の側から考えても、安全性のみならず、転写された RNA や翻訳により作られたタンパク質(GFP)を視覚的に確認することができ、スマホやパソコン等の視覚機器に囲まれて育つ現代の高校生にとっては認識しやすく学習効果が高いものと思われた。

米国では、国策としての科学教育の推進が唱われ、その基幹をなす教育のありかたとして STEM 教育を最重要視する政策を推し進めている。これは将来の国力を担う基幹産業として先端産業において世界の優位に立ち、その基幹産業を担う技術者を育成することを大きな目標としているためである(千田、2013)。そして「21st Century Skills」において、生徒主体型の学習が示され、日本においてもアクティブ・ラーニングや PBL が今後重要視されていくものと考えられている。

今後は、この安全かつ手軽にできる「コムギコムギ胚芽無細胞タンパク質合成技術を活用した遺伝子実験」を生徒に体験させることにより、生物学への興味関心を高め、今後の学習への動機付けとすることの実践をしていきたい。そしてさらに、この教材を使った体験を生徒自身が発展させ、生徒自らが主体的に考え実践できる実験をできるよう考えていきたい。そして日本においても高校生が将来生物学分野において先端的創造研究を行う研究者を目指す素地を養うきっかけとしたい。

本研修に参加されていた多くの先生方は、SSH 指定校に勤務されており、実験環境・設備に恵まれているお話を多く伺った。しかし私の勤務校は PCR や電気泳動装置ばかりか、マイクロピペットや低温フリーザーすらない(ちなみに生物室には実験台すらなく、長テーブルで顕微鏡観察等の実験を行っている)。また理科の実習助手の配置もなく、実験の準備や片付けも放課後等に担当教諭が行わなければならない。このような実験環境で、「学習指導要領」を変えても学校での授業は変わるわけではない。しかし、このような実験環境でも、生徒の「科学する心」を育みたいと考えている教師はおり、本実験教材(「コムギコムギ胚芽無細胞タンパク質合成技術を活用した遺伝子実験」)はそのような教師にとってはありがたく嬉しい実験教材であると思った。今後は(本教材が安価とは言うものの、高校現場ではやはり購入できる状況にないため)さらに安価に(または無償に)して普及を図って欲しい。

2015年度サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

鳥取県立鳥取緑風高等学校　　矢澤　有希子

今回のキャンプに参加した三泊四日は、あっという間に過ぎ去りました。それは、十数年前大学理学部で経験した学生生活と同じく、充実した時間でした。実験をして、結果を観察し、考察する。さらに実験をする。大学の最先端の研究現場を見学し、研究者の方々から直接お話しを伺う。理科を教える教員にとっては、楽しくて仕方ないプログラムだったと思います。私自身、懐かしい教授の先生がたとの再会もあり、とても楽しく過ごしました。また、これから現場に戻って行う教育活動について、いくつか考えさせられることもありました。

まず、今回のキャンプの最大のねらいである、生命科学教育の推進についてです。わたしは高校では化学を専門としており、生物の授業は今年度初めて受け持ちました。それまでほとんど開いたことのなかった生物の教科書をじっくり眺めたときに、化学式、反応の記述の多さに驚きました。そして、このキャンプの参加で、物理・化学・生物と領域を区切らない統合的な学習の必要性を再確認しました。高校での理科の学習は、「その授業」の学びで、科目を超えて何かに取り組むことはほとんどありません。高校と大学では「学び」がうまくつながっていないことが多いのです。今回のキャンプの経験を活かし、DNAからタンパク質が合成される過程を熱意を持って教えていきたいと思います。このことで、高校生の学びが少しでも統合的なものに近づくことを期待しています。

さらに、キャンプでは、多くの先生方に実践例をお聞きすることができました。生徒向けの実験観察をほとんどの先生が、どうしたら生徒たちに考えさえることができるか、興味を引くことができるか、というところで工夫されていました。教材研究について大変勉強になったと同時に、現在の生徒たちには、ここまでの工夫が必要だという実態も再確認しています。また、その教え方として、教科書を順におって一つの答えに向かってすすむのではなく、前向きなアクティブラーニングの手法を取り入れることも大切なのだと改めて感じました。現在は、セントラルドグマの概念理解の授業を、知識構成型ジグソー法などを用いてデザインできないかと考えています。

今回のプログラムを通じて、大学で研究を続けておられる先生方の熱意に大きく影響を受けました。次は高校の現場で出会う教員や生徒たちに、この熱意を伝えていきたいと思います。

平成 27 年度サイエンス･リーダーズ･キャンプに参加して

京都府立福知山高等学校　友松　央樹

今回のサイエンス･リーダーズ･キャンプは、勤務校の校長からの推薦で参加することになった。話を受けた当初は、夏の3年生の夏季講習や三者面談、学校公開日の時期にちょうど重なるので少しためらいもあったが、大学で先端技術に触れ、同教科の他府県の教員とも話ができる機会は滅多にないと思い、思い切って参加することにした。現在私が勤務校で教えている科目は化学（物理も少し）で、プログラムを見ると高校ではほぼ生物に分類される内容ではあったが、化学でも短時間ながら扱う内容で私自身も興味を持っている内容だったので、理解を深めたいと思っていた。一般的な形式の研修と思っていたが、いざ参加すると想像よりもはるかに濃密な毎日で、夜遅くまで大学に残ることもあったが、一方で想像していたよりも多くの知識や技術を得ることができ、さまざまな方との交流も生まれたので、今となっては参加して本当によかったと思っている。

今回特に印象に残っていることは3点で、1点目は、小麦胚芽抽出液を利用した無細胞タンパク質合成実験である。私は大学で在籍していた研究室で遺伝子組換えやタンパク合成を経験していたので、忘れていた実験内容のよい復習になるくらいの気持ちも正直あったが、当時タンパク質を合成するのに大腸菌を大量に培養して何日間もかけていたのに対し、小麦胚芽抽出液を用いて大腸菌を使わずにタンパク質を1日で合成できる技術があることを恥ずかしながら今回初めて知り、驚いた。すでに高校生物の教科書でも紹介されており、自分の不勉強を反省するとともに、最新の情報を取り入れることの大切さを強く感じた。今後は、積極的に外部に出ていく機会を今以上に設けたい。2点目は、医学部の研究室見学である。高校の引率で医学部の附属病院などに見学に行くことはあっても、研究室を見学できる機会は滅多になく、私にとっても初めての経験だったので興味深く、見学を通して医学の基礎研究についてのイメージをもつことができた。医学関連の研究や就職を希望する生徒への進学指導にも活かせると感じた。3点目は、研修を通じて知り合った方々との交流である。明確な志をもって、ときには深夜まで熱心に受講生の指導にあたってくださった大学の先生方や学生の皆さん、この研修はもちろんそれ以外の教育･研究活動にも精力的に参加されている他府県の先生方、最終日の発表に向けて熱く討論することができた同じグループの先生方など、さまざまな方々との交流を通して、自分が目指す教育目標を改めて考えさせられたり、次の授業はこう工夫してみようなどの考えも生まれたりするなど、新鮮な刺激を受けることができた。他にも得られたことはたくさんあり、また機会があれば参加したいと思える研修であった。

林先生、片山先生、JST の中井さんをはじめ、研修を通してお世話になった方々に改めて御礼を伝えたいと思います。本当にありがとうございました。

サイエンス・リーダーズ・キャンプを受講して

愛知県立海翔高等学校　水谷　伸匡

高校時代、DNA について学んだことが、私が理学系の大学に進学したいと思ったきっかけでした。DNA の遺伝暗号が mRNA に転写され、転写された塩基配列がコドン表にしたがってアミノ酸に翻訳されタンパク質が作られていくことを知った時に、生物体の多様で複雑なつくりが、意外にもシンプルな方法で決定されていることに驚きと興味を抱いたことが思い出されます。

大学の研究では遺伝子クローニングを行っていたため、今回のサイエンス・リーダーズ・キャンプにおける、大腸菌の形質転換や PCR、電気泳動による DNA の分析などの実習は一通り経験していました。しかし、教員となって 10 年以上が経ち、分子生物学的な実験とは縁遠くなり、日々の校務にも追われ大学での研究内容を振り返ったり、最先端の科学技術の進歩に興味を持つことが減っていました。今回、サイエンス・リーダーズ・キャンプ受講の機会を与えていただいたことをきっかけに、改めて最先端の科学技術を体験し、その成果を生徒に還元し、自分の時と同様に現在の高校生に少しでも理科（生命科学）に対する興味関心を持ってもらいたいという気持ちで参加しました。

ということで、4 日間にわたる実験や講義に本当に楽しく取り組むことができました。実習では、形質転換や PCR など、自分が学生時代に経験した実験については当時を思い出しながら方法や理屈を復習することができ、SDS-PAGE やコムギ胚芽抽出液を用いた無細胞合成系タンパク質合成の実験などは初めて体験し、新たに知る楽しさを味わうことができました。特に無細胞系タンパク質合成の実験は、大腸菌を用いる必要がなく安全で、準備も操作も手軽で簡単にできるなど、高校生を対象に実験が行えるよう工夫もされており、自分が感じた楽しさをぜひ現場に帰って生徒に体感させてあげたいと思いました。

実習以外にも、とても興味深い講義や施設見学での説明を聞かせていただくことができました。それは、全ての実習・講義・施設見学に「タンパク質（セントラルドグマ・無細胞合成系タンパク質合成）」が前提としてあったので、専門的な講義や最先端の研究内容も高校の授業の延長線上にあるものとして聞くことができたからだと感じています。

4 日間これほど充実して過ごせたのは、各都道府県から来られた優秀で情熱のある先生方とともに一緒に学ぶことができたからだと思います。ポスターセッションでは、先生方の意見をきいたり、直接質問をしたりして、有意義な時間となりました。また、最終日の発表に向けて、同じ斑の先生方だけでなく他の斑の先生方とも意見を交わし、考えをまとめていった過程は、私にとって大きな刺激となりました。

林先生、片山先生をはじめ、担当していただいた先生方、TA の学生のみなさん、JST の方々、その他実施に際しご尽力いただいた全ての方々に心より感謝申し上げます。ありがとうございました。

サイエンス・リーダー・キャンプに参加して

島根県立津和野高等学校　廣田　理史

この度の研修に参加したいと考えた理由として、新課程の生物の中で自分自身が最も苦手としている内容が盛り込まれていた点、実験の実施の際に技術と知識が必要となる点の2点がある。特に苦手としてしまっている理由として、この度の新課程の生物に盛り込まれた「PCR 法」「遺伝子の発現の仕組み」などは、大学時代の授業で学んだ内容が高校の教科書に入ってきたイメージで、とても難易度が高いように感じている点、大学時代の理学部の基礎実験の中で、DNAに関するものは全く盛り込まれていないため、実験方法や教科書に出ている内容がほとんどイメージできない点の以上の2点がある。

大学までの段階で学ぶことのできなかった部分については、島根県内の高理協生物部会の中でもこの度と同じような実験の研修や、講義を通して学ぶことも行ってきた。しかし、たった1回の実験や講義では、その場ではなんとなく理解はできても、いざ自分の学校で生徒実験を行うことができたかというと、まったくできない状況（自分の知識は高まったが、生徒に還元できる状況ではなかった）であった。

今回の研修内容は複数回目の実験ということもあり、今までよりも何倍も自分のものとなったように感じた。特に、今回の研修では林先生と班ごとにアシスタントの学生さんについていただき丁寧に指導していただけたので、非常に理解しやすかった。そのため、この分野の実験で重要となるマイクロピペットの使用法やエッペンチューブの扱い方などを（大学時代にはほとんど使ったことがなくまったく理解できていない）一から学ぶことができたのと合わせて、実験の背景にある理論（例えばPCR法など）についても再度学ぶことができた。また、今回のキャンプは、自分の勤務校で実際に実験を行う課題（非常に厳しい点ではあるが・・・）があるので、自分自身でやらざるおえない環境がある点も自分の指導力を高める点で非常に良い部分となっている。PCR や電気泳動となると機材と大がかりになり簡単に授業で実施することは難しいように感じるが、無細胞タンパク質合成の実験については、この度の課題となっている授業で終わるのではなく、島根県内の高校で実施ができるように高理協生物部会を巻き込んで継続的な実施ができるようにしていきたいと考えている。

今回の研修を通しての大きな成果のとして愛媛大学の林先生をはじめとする多くの大学の先生方とのつながりと、他県の先生方とのつながりができたことがある。まずは、大学とのつながりができたことでより発展的なことを島根県内に取り込むことができる点が大きい。また、他校の先生方との意見交換をする中で、1つ目に授業への工夫を学ぶことができたこと。2つ目にどこの学校も様々な苦労をされながら授業に取り組まれていることを改めて感じることができたことが、自分自身のモチベーションの向上につながったように感じる。ほとんどの学校に実験に必要な高額な機材や能力の高い生徒いるわけでもないのに、その環境の中で頑張られていること、そして学ぼうとされている点は自分自身に不足していた。

3泊4日も大学生活に戻るといういい経験を無駄にすることなく、粘り強く自分自身の授業に、そして島根県内の授業に研修内容を還元できるように努力していきたい。

4日間の研修を通してお世話していただいた大学の先生方および学生の皆様に感謝いたします。誠にありがとうございました。

愛媛大学サイエンスリーダーズキャンプ(SLC)感想文

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校　松尾　花枝

無細胞系でのタンパク質合成について，この分野の最前線で研究を行なっている研究者の方から「本物の」話を聞くことができ，教科書に書いてあること以上の内容を，参考書や専門書を読んで勉強する以上に，臨場感を持って学ぶことができました。中でも，私は新しいことがわかるまでの歴史に興味があるので，最終日の遠藤先生の講義はとても勉強になりました。また，医学部キャンパスの見学も印象に残っています。医学部は「医者になるための勉強（研究ではない）をするところ」とばかり思っていましたが，とんだ偏見であったことを反省いたしました。今までに体験したことがない世界を見ることができ，教員として今後の進路指導においても参考になりました。

次に実習についてですが，私は理論系の研究室に所属していました。自身の研究生活とは大きく異なり，実験を行う研究室での時間の使い方を少しだけ体験できたと思います。また，教員になってからも学校では生徒の実験を見ているだけでしたが，実際に自分の手を動かして操作をすることで，難しいところや気を付けなければならないところを身をもって確認することができました。これからも生徒とともに経験を積むことで，さらにスキルアップしていきたいです。

SLC の内容は非常に興味があり楽しみでしたが，だんだんと日が近づくにつれて，大学で生命科学を専攻していない私が参加しても大丈夫だろうかと不安になりました。しかし，実際に参加してみると，同じグループの先生をはじめ，色んな方と話しをすることができて，自分の視野を広げることができました。また，実験器具や試薬についての話では，本校がめぐまれた環境にあることを改めて実感しました。そんな学校の地域における役割としては，色んな人に知識や経験を広めることだと思っています。赴任してからこれまで 2 回，オープンスクールで体験授業を行ってきました。今年度のテーマにはセントラルドグマを掲げて「タンパク質合成の可視化」に取り組めたらいいなと思っています。

全体の感想として，私は日々の生活において「時間が足りない」と感じています。今回の SLC においては，同じく「時間が足りない」と感じていましたが，その中身は日々感じている感覚とは異なり，もっともっとこの時間を過ごしたい，という能動的なものでした。日々の時間に追われる感覚に対して，この 4 日間は時間を追いかけるような感覚でした。きっとこの SLC で私が体験することができた講義や実習はセントラルドグマを軸においたほんの一部にしかすぎないとは思いますが，この 4 日間を一つの大きなきっかけとして，自己研鑽につとめ，まずは 10 月の研究授業に向けて，10 年後の自分に向けて，1 つ上の自分を目指し，前進していきたいです。

最後に，このような貴重な機会をいただきましたことに心より感謝申し上げます。ありがとうございました。

平成 27 年度　サイエンス･リーダーズ･キャンプを終えて

大阪府立大手前高等学校　　藤原　宏枝

このたび、ご縁があって、平成 27 年度サイエンス･リーダーズ･キャンプに 1 泊 2 日で参加･受講させていただくことになりました。合宿のテーマとして「タンパク質」が取り上げられており、化学で学ぶ『天然高分子』、生物基礎で学ぶ『遺伝子とその働き（遺伝情報とタンパク質の合成）』について、私自身の教養を深めたい、授業のヒントになればなという思いで参加に至りました。

講義の内容はハイレベルなものが多くありましたが、隅田先生の「生命科学における才能教育」では、海外での取り組みをはじめて知りました。子どもの能力を引き出す（高める）ために私たちがどのように対応していくべきか考えさせられるものでした。高井先生の「遺伝子とタンパク質－遺伝情報の解読」は大変興味深いものでした。

実習では、同じ班の先生や理学部の学生さん達のサポートのもと、取り組むことができました。しかし、学校現場において、同じような実験を行うためには器材などの用意はもちろんのことですが、教員の指導技術が問われると感じました。そのためにも、今回のキャンプのような研修に積極的に参加したいと思いました。

「生命を理解するための教材と探究活動」のポスターセッションでは、他校の先生方の取り組み例を聞き、そのときの生徒の様子や研究材料を用いた理由･実施時期など、それぞれで工夫されていると知り、大変勉強になりました。私自身の実験プリント、ポスターについても、たくさんのご指摘、アドバイスをいただきました。プリントにおいては改良を重ねて、生徒に授業や実験内容の目的がよく伝わるような工夫をしていきたいと思いました。本校のサイエンス探求の課題への取り組みについて、生徒に対してどのような指導をすればよいのか悩んでいたので、キャンプに参加された先生方から貴重なお話を聞くことができ、私なりに実践していきたいと思いました。

今回のキャンプは全行程、参加することができませんでしたが、2 日間、大学の先生方の講義を聞いたり、他府県の先生方と実験を行ったり、探究活動への取り組み、課題などについてお話しする機会が持てたことを大変うれしく思いました。夏休みが明けてから、授業や課題研究に生かせるように努力していきたいと思います。

最後になりましたが、愛媛大学　プロテオサイエンスセンターの林秀則先生、高崎健康福祉大学片山豪先生をはじめ、諸先生方、サイエンスリーダーズキャンプ事務局の方、JST の方に深く御礼申し上げます。

サイエンス･リーダーズ･キャンプに参加して

茨城県立伊奈高等学校　高田　亜紀

「enjoy science！」ーキャンプ初日の林先生の言葉です。私はこの言葉を聞いて、この愛媛大学でのSLC に参加できることになったのだからとことん楽しもうと決めて、４日間過ごしました。終了しての実感は、science を本当に楽しめた４日間だったと思っています。

「楽しむ」というのは、どういう楽しみだったのか？と問われれば、時間の許す限り実験や講義やディスカッションや発表の準備などに没頭し、あっという間に時間が過ぎてしまったという事です。実験も講義も盛りだくさんの内容で、初日から時間延長。眠い目をこすりながら大学に向かい、実験と講義の日々。３日目の発表の準備では、なかなか時間内に終えられず、W 班は残って作業。林先生に「もうそろそろ終わりにしましょう」と言われてしまうほどでした（大変遅い時間までご指導いただき、本当に感謝しております）。講義の中で今回の実験の原理や背景･研究への応用を学んだり、実験結果を考えて疑問を質問して納得したり、非常に充実した時間でしたが、正直に言うと心身共に疲れました。ですが、こんなにも楽しい４日間を過ごせた事は本当に幸せな事で、この経験が自分の財産になったと実感しています。

無細胞タンパク質合成系を利用したタンパク質の合成は初めて取り組む実験で、試験管の中で蛍光タンパク質が光る様子を目にして感動しました。組換え実験を行わずに遺伝子発現を視覚的に確かめることができるこの実験の可能性を大いに感じましたし、是非学校現場でも実施したいと考えています。研究センターの見学も非常に興味深く、最先端の研究に触れる機会を頂けたことで、高校生にも大学での研究を伝えたいと強く感じました。

一番印象に残っているのは、一つ一つの実験の結果を班のメンバーでディスカッションしたり、林先生や TA の大学院生の方々に質問しながら、疑問を解決していったことです。特に、最終日の発表に向けて班で準備に取り組んだ時間は非常に充実したものでした。なかなか時間内に終えられず苦しい時間でしたが、班のメンバーの先生方のおかげで乗り越えることができました。参加された先生方との繋がりを今後も大切にしていきたいと思っています。

さて、自分の普段の授業を振り返って見ると、この「enjoy science」を伝えられているのだろうか？ただ知識を教えるだけでなく、その知識を使って実験結果を自分たちで考えるーその経験が学ぶ意欲を一層高め、生命現象の深い理解に繋がるーSLC で実感したからこそ、そのような内容を少しずつでも取り入れられるように日々の授業を改善していきたいと思います。

最後になりましたが、林秀則先生を始め愛媛大学の先生方、スタッフの皆様、片山豪先生、TA の学生の皆様、JST の関係者の皆様に感謝いたします。本当にありがとうございました。

サイエンスリーダーズキャンプに参加して

三重高等学校　小西　伴尚

私は、今回参加をさせていただいたことで、いろいろ非日常的な経験をさせていただいた。その中で特に心に残っているキーワード『講師の先生方の心意気の良さと強さ』、『教員の繋がりにより、より深い理解を導くこと』、『実物を見て、視覚から学ぶこと』の 3 点について述べたいと思う。

『講師の先生方の心意気の強さと良さ』：講師陣の先生方の強い想いが講座運営に関して随所に感じられた。まず、林先生のプログラム設計と人柄である。限られた日数の間に、多くの講師陣の先生方を配置してくださり、ほとんどが素人である私たち教員相手に、クローニング・PCR・試験管内でタンパク質を合成する無細胞合成法・施設見学と、止め処ない実験と講習と見学と発表、どれも高いレベルで実践を求められていた。『これでもか、これでもか』といった、私たちに多くの知識伝授をしてくださったのは、本当にありがたかった。また、林先生の「昼食時間は、ほとんどないものと思って」に代表されるように、ともすれば、このプログラムでいろいろ学ぶことを第一優先とし、その他を二の次にして、私たちを集中させていく…。学生時代に戻り、一つのことに打ち込める環境を作ってもらった。教員になり、いろいろな事象を並行して取り扱い、一つのことに対して熱心に打ち込むことが少なくなった状況にある自分を認識する瞬間でもあった。マンネリ化して、同じ仕事のルーチンワークに陥ることが多い教員である私にとって、このような時間を今後は自分で恣意的に作っていきたいと思っている。また、その先生の生き様は、ＴＡとして関わってくださった学生の方々にも浸透しており、学生の方々の林先生に対する尊敬の念と、私たちへの指導の的確さは素晴らしいものであった。その他の先生に関しても、片山先生のコムギ胚芽無細胞タンパク質合成を教材化し、多くの生徒に科学的ものの考え方や、実験をし、可視化して実感できるようにしたいという想い、坪井先生のマラリアワクチンを作成し、多くの人たちを救いたいという想いなど、この分量では書ききれないほどの先生方の想いを感じた。このような先生方のところで学べる生徒を送りたいと思うとともに、自分たちももっといろいろ学び、日々の授業研究をしなければならないとも感じました。

『教員の繋がりにより、より深い理解を導くこと』：私自身は、私学の学校に属しており、ほとんど研修の機会がなく、時々来る研修案内に飛びついて参加をするようにしていたり、科学教育系の学会で発表したりするようにしている。しかしながら、ほとんどの周りの教員の場合は、あたかも一国一城の主のように、移動もない 1 つの私立学校という狭い所で、それも、教える際は、他の先生に確認されるわけでもなく、一人で教えればいいため、お互いに研鑽を積めない環境にあるといってよい。そんな中で、他校の先生方と繋がれたこと、一緒に一つのことに精一杯試行錯誤したことは、新鮮で、かつ、一人の人間が出来ることの少なさを実感できた。生徒達には、アクティブラーニングなどで実践をさせているが、私自身が経験でき、深い理解が出来たと思っている。今後本校に居る、孤立している仲間や近隣の学校に先生方も動かしていきたい。

『実物を見て、視覚から学ぶこと』：高校生物教育の学習指導要領の内容の変化は本当に著しい。自分が高校生だった頃の内容に加えて、分子生物学の分野や自然環境や免疫などの実際に生活に関わる内容が大変多くなっている。机上で教えていて、私自身は、専門分野として熱帯生態学といった自然環境の分野と森林の動態を集団遺伝学の観点から研究していた点で、一部分子生物学を使っていたことにより、わかっている部分はあるが、理解しているのは一部分で、多くの部分は、イメージできたり深く理解できたりするレベルに至っていない。今回理論的な説明を含めて、多くの部分を実体験し、可視化して学べたことは、今後、生徒への教育にする際に取り入れやすく、ありがたかった。

以上、今回貴重な機会をいただき、学ばせていただいたことを、教員としてどんどん教員に生徒に広げていきたい。

「サイエンス・リーダーズ・キャンプ」に参加して

岐阜県立岐阜北高等学校　内藤　知佳

新学習指導要領が施行されてから、遺伝子分野の実験について、どの高等学校でも実施でき、しかもセントラルドグマを理解するうえで効果的な実験はないものかと考えていました。大腸菌の形質転換の実験はキットを使用して実施していましたが、形質転換に重点を置いた実験であるため、生徒にとってセントラルドグマについての理解が不十分のまま終わってしまっていると感じていました。

サイエンス・リーダーズ・キャンプの案内は毎年のように目にはしていましたが、補習や部活動、研修などの日程と重なることが多く、また、全国から集まる教員は、さぞかし優秀な人たちであろうと気おくれしていました。しかし、今年度は様々な偶然と校長からの勧めもあり、キャンプに応募することにしました。愛媛大学のキャンプの内容も、試験管内のタンパク質合成を体験できるとあり、今まさに私の知りたいことであったのも、参加を希望した理由の１つでした。参加を決めてから、楽しみである一方、果たして自分がこのキャンプの内容を消化できるのか、他の先生についていけるのか非常に不安な思いもありました。

実際に参加すると、一日の中で多くの実験をこなしながらその間に講義もあり、非常に忙しく頭をフル回転させた４日間でした。毎日新鮮な体験ができ、さらに自分たちで考えながら実験をすることが、こんなに楽しいものかと改めて感じました。実験のときは、愛媛大学の学生がティーチングアシスタントとして付きっ切りで指導してくださり、こちらからの細々とした質問に対しても、非常に丁寧に対応していただきました。さぞかし準備が大変だったであろうと推察いたします。講義では、今まで知らなかった知識や最先端の内容、講義される先生方の熱い思いが伝わるものばかりでした。研究センターの見学もでき、各先生方が自分の研究テーマについて生き生きと語られる姿に、私も何か１つのことを突き詰めて考えてみたい、大学で研究したいと思うようになりました。高校生にとっても、周りの大人が楽しんで何かに打ち込んでいる姿を見せることや、直接大学の先生から研究内容を聞く体験が大きな刺激になるのではないかと思いました。また、１日目の林先生の講義の中で、生命反応は化学反応であるという話を聞き、自分の頭の中で、生命の仕組みを難しく考えすぎていたのではないかと気づかされました。生徒に伝える内容はシンプルにして、残りは生徒自身が考えるような授業を目指していきたいと思います。さらに今後、『無細胞タンパク質合成実験』を実際の授業にどのように取り入れていくかが課題になります。費用や設備の面はもちろん、授業の流れの中でどのように実施したら生徒の理解が深まるかを考えていきたいと思います。

このキャンプで他県の教員と交流できたのも、私にとって１つの財産となりました。特に、同じ班で実験を行い、最後に実験結果を解析し考察して発表した先生方には大変世話になりました。非常に楽しいメンバーであり、いろんな面で刺激を受けることができました。

最後に、このような機会を設けていただいた愛媛大学の林秀則先生、坪井敬文先生、高崎健康福祉大学の片山豪先生をはじめ、アシスタントとして実験の指導をしていただいた愛媛大学の学生の方々、科学技術振興機構の中井沙織様に感謝を申し上げたいと思います。このキャンプで出会った方々は、本当に素晴らしい人ばかりでした。ありがとうございました。

サイエンスリーダーズキャンプに参加して

神戸市立六甲アイランド高等学校　釜谷　尚史

学校現場にいると、日頃の業務に追われ、じっくりと最新の科学を学んだり、実験や観察に没頭したりする時間が持ちにくい。そのため、キャンプの 4 日間は大変貴重で有意義な時間になった。今回のキャンプに参加した感想を 3 つにまとめ、以下に述べる。

(1)生物を化学の視点で学ぶことができた

勤務校では高校化学を担当している。そのため、普段は科学を化学的な視点で見つめ、授業に取り組んでいる。今回のキャンプでは、生物という視点で内容が構成されていた。セントラルドグマを中心に、理論を実験も交えて確認しながら学習するプログラムであったが、生物の中にも化学の要素が含まれており、自分なりに生物と化学の両方の視点で消化できた。科学は各分野が相互に乗り入れ、築かれている。今後も化学を担当することにはなるが、化学の内容を生物の視点も取り入れながら授業実践に繋げたい。機会があれば、生物の授業もやってみたいと思う。化学担当として幅が広がる機会になった。

(2)愛媛大学の特色を学ぶことができた

進路指導に携わるにあたり、生徒の進学先がどのような特色を持って教育、研究に携わっているのか注目している。ホームページ等で調べたりもするが、全てを分かるまでには至らない。キャンプをきっかけに、初めて愛媛大学を訪れることで、大学や先生・学生の方々の雰囲気、無細胞タンパク質合成技術等研究特色や研究環境に触れることができた。勤務校では生物や生命科学に興味を持つ生徒が多い。今回のキャンプで感じたことを生徒に伝え、進路指導の材料にしていきたい。

(3)離れた地域の先生方と交流することができた

同じ班の先生方を中心に、離れた地域の先生方と交流することができた。勤務地では、同世代の先生が少なく、勤務校を中心に狭い範囲の先生方との意見交換に終始することが多い。キャンプでは同世代の先生を中心に、色々な地域の方々と交流することができた。志の高い方も多く、色々なお話を聞くことができ、刺激になった。日本全国のこの繋がりを大切に、各地域の先生方に負けないよう自分自身の頑張りに繋げたい。

4 日間はプログラムが目白押しで、本当に充実していた。今後もキャンプで得たものを大切に勤務に臨んできたい。

平成 27 年度 サイエンス･リーダーズ･キャンプ 「事後感想」

東京成徳大学中学･高等学校 汲田 憲彦

私は、勤務先の中学･高校では、主に「化学」を担当しており、今までに「生物」を担当したことはほとんどありませんが、「化学」の学習内容が、「生命科学」の理解に繋がることも多々あり、化学を主に選択受講している生徒の中にも、「生命科学･生命工学」といった方面に進む生徒も増加傾向にあるように感じていました。このような思いの中、今回のサイエンス･リーダーズ･キャンプへの参加を申し込みました。

研修を受ける前には、専門外の「生物」という内容の上に、科学の最先端の研究施設である大学で受講するということでかなり不安もあったのですが、私のような「生命･生物」の分野に知識･経験の未熟な者にも分かりやすく工夫していただき、興味を持って取り組むことができました。

3泊4日という限られた時間の中で、盛りたくさんの内容ではありましたが、講義と実習、施設見学と多様な形態で行われ、時間配分･時程も匠に組み立てられており、長時間に亘っての研修も、飽きることなく、常に頭を切り替え活性化された状態で臨めました。その工夫された構成のおかげで、大変ながら楽しく有意義な研修を送ることができました。実習においては、同グループでグループワークを継続作業していくことで、受講者である他の先生方とも親密になり会話が増えて、得るものも多かったと感じました。

また、指導してくださった先生方は勿論のこと、アシスタントとして指導･助言をくださった方々も、皆様方、親身になって対応してくださり、心強く研修に取り組むことができました。

先日報道された「全国学力調査」の結果を見ても、学年を経るにしたがって、「理科(科学)」という教科に対して、「分かる」とか「役に立つ」と答える子供たちの数が減少しています。科学の進歩は、我々の生活を豊かにしてきましたし、これからの未来においても、より快適な生活を送るためには誰にとっても欠くことのできない重要なことであります。このような子供たちの実態を打破するための一つとしても、科学の先端技術や生活の身近なことに「理科(科学)」の学習が、役立っていることを伝えていく必要があります。教員が、机上において教科書を教えるだけではなく、実験･観察を通して「考える授業」の形の授業をしたり、大学や企業などと連携し、興味･関心を引き出す必要があると感じております。この点においても、この研修は実りある大きな一つの体験となりました。

今回の研修は、いろいろな意味で、本当に貴重な経験となりました。教育現場に戻り、このことを今後の活動に活かしていけるように努めていきたい所存です。

最後に、本研修において、熱意を持って親身に指導してくださいました先生方に、心より感謝、申し上げます。

サイエンス･リーダーズ･キャンプに参加して

倉敷市立東陽中学校　　中谷　幸希

このたびサイエンス･リーダーズ･キャンプに応募して参加させていただきました。募集要項の愛媛大学の内容を見て大変興味をもち参加したいという気持ちが高まりました。「タンパク質研究の先端技術を利用した実践型次世代生命科学教育」という企画名を見て、中学校の2年生の内容でタンパク質を扱うので活用できるかもしれない、実践型と聞いて今の中学生にも実験を体験させることができるかもしれないと考えました。

事前準備もして、キャンプ当日までこれからの授業に活用できる期待と大学で3泊4日過ごすことができる楽しみでいっぱいでした。しかし、事前に学習しておくべき生物の用語を見てもわからず、調べるために高校生物のチャート式を購入して読みましたが、自分が高校時代に習った教育課程とは異なり戸惑い不安もありました。

期待と不安を胸に当日を迎えました。瀬戸大橋をマリンライナーに乗って渡りましたが、景色は少し見ただけで道中も予習をしていました。到着して受付を済ませて他の先生方は高校の先生で、またそこで不安が増しました。時間が少しあったので校内を少し見て回っているうちに大学生になった気分になり、ここからは教えてもらう立場として不安ばかりでなくたくさん吸収して帰ろう、楽しんで勉強しようという気持ちになりました。

開講式のあとすぐに講義が始まり「生命科学における才能教育」の話を聞き、私は今教員をやっていて生徒の才能に気づけているだろうか、これから発見できるだろうかと思いました。もしこれから才能をもった生徒が現れたならばどのように接していくのだろうかと考えました。林先生の「遺伝子とタンパク質ータンパク質の多様性」の講義を聞いて、タンパク質のこんなにも幅広い研究がなされ、進歩していることに驚きました。中学校現場にいると教科書の内容を教えていくために広く浅く知識をつけているように感じます。タンパク質についてこれだけ深く研究内容を講義してくださり、実験することができ本当に貴重な体験でした。ポスターセッションで全国から集まった先生方の研究されている内容を聞きました。高校のハイレベルな内容を見て、中学校でどれだけの内容を取得させて高校へ生徒を送れば良いのかと考えました。今受けもっている生徒たちは理科が好き、実験が好きと答える生徒はたくさんいます。しかし実験の考察や記述式の問題には苦手意識をもっています。中学校と高校でのギャップを少しでもなくすことも考えていかなければならないと思いました。

いろいろと実験をさせてもらいましたが、途中でやっている内容がわからなくなる場面もありました。待っている間に結果の予想をしてみましょうと言われ自分が内容を理解していないので、予想すら立てられないでいました。実験も内容を理解していないと単なる作業になってしまうと気づきました。今では中学生に実験をさせる前に必ず予想を立てる場面を取り入れています。自分が体験して生徒の気持ちになってみてわかりました。実験をしていく中でタンパク質の合成を簡易版でさせてもらったときに中学生にもできそうだと考えました。また光るタンパク質を見られたらときの生徒の喜ぶ顔が浮かびました。

3泊4日の間、最先端の実験をさせていただき、講義を聞き見学もさせていただけて夢のような日々でした。これだけの準備をしてくださり大変感謝しています。また全国の先生方とかかわりを持つことができる貴重な時間でした。林先生、片山先生、研究室の学生の皆さん、愛媛大学の先生方、JSTの中井さんなど多くの方々の協力があったおかげです。心から感謝しています。ありがとうございました。

キャンプ後の取り組みに関する報告-1： アンケートへの回答

キャンプ後の取組状況を把握する目的で、以下の質問を受講者にメールで送付し、12 月 18 日金曜日締め切りで回答を求めた。

それ以外にも随時、実施の様子や使用した配布資料などをメールあるいは e-ラーニングのサイトに利用して報告するよう求めた。

～～～

A. 以下のような取り組みについて実施したものがあればチェックして下さい（複数回答可）

（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介した【 】、あるいは今後実施する予定である【 】。

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施した【 】、あるいは今後実施予定である【 】

具体的内容

【 】無細胞タンパク質合成実験（転写あるいは翻訳実験）

【 】DNA の抽出や分析、制限酵素処理、PCRなど

【 】タンパク質の分析など

【 】その他（具体的に：

（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介した【 】、あるいは今後紹介する予定である【 】。

（4）セントラルドグマの理解に有効な新しい教材を開発し、授業で実施したり学会や研究会で紹介した【 】、あるいは今後紹介する予定である【 】。

（5）特定のグループや個人に対して指導などを実施した【 】、あるいは今後実施する予定である【 】。

具体的内容

【 】課題研究の指導（内容や対象

【 】科学コンテスト、研究発表会などへの参加（内容や対象

【 】出展、発表などに対する受賞（内容や対象

【 】AO 入試や推薦入試の実績（内容や対象

【 】その他（内容や対象

B. 実施した取り組みあるいは今後実施予定の内容について以下の内容をご記入下さい。複数ある場合はすべて書く必要はありません。効果的だったものを可能な範囲でお答え下さい。

◆取り組み内容【上記の（1）～（5）の該当する番号または実施内容のタイトルなど】

____

◆日時、場所および対象（生徒、教員、その他、および人数）

____

◆実施の目的あるいは狙い（～を、～によって理解させる等々）

____

◆実施の様子（実施時間、実験結果や生徒・参加者の反応など）

____

◆実施の成果（～の理解が進んだ、等々、アンケートなどの結果があれば是非ご記入下さい。）

____

設問 A に関しては回答の集計を以下に示す。設問 B については主な記載内容を受講者別にまとめ、詳細な内容（実験テキスト、配布資料、アンケートの集計など）は次章の「キャンプ後の取り組みの報告」に記載する。

設問 A に対する回答（12 名）の集計

（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介　実施した【 8 】　実施予定 【 4 】

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業　実施した【 5 】　実施予定 【 7 】

具体的内容

【 7 】無細胞タンパク質合成実験（転写あるいは翻訳実験）

【 6 】DNA の抽出や分析、制限酵素処理、PCRなど

【 0 】タンパク質の分析など

【 1 】その他（具体的に：

（3）教育委員会や研究部会などでキャンプの実習内容などを紹介　実施した【 6 】　実施予定【 6 】

（4）新しい教材を開発し、授業で実施したり、学会や研究会で紹介　実施した【 0 】　実施予定【 3 】

（5）特定のグループや個人に対して指導などを実施した　実施した【 2 】　実施予定【 3 】

具体的内容

【 4】課題研究の指導（内容や対象

【 1 】科学コンテスト、研究発表会などへの参加（内容や対象

【 1 】出展、発表などに対する受賞（内容や対象

【 0 】AO 入試や推薦入試の実績（内容や対象

【 1 】その他（内容や対象

設問 B.「実施した取り組みあるいは今後実施予定の内容」に対する回答

( )の番号は設問 A の取組内容に対応している。

◆矢野 義文

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介した

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施する予定（DNA の抽出や分析、制限酵素処理、PCRなど）

（5）特定のグループや個人に対して指導などを実施する予定（課題研究の指導）

SSH での課題研究生徒、植物の抗菌作用など

【日時、場所、対象】（5）来年度

【目的】（5）生徒の興味のある内容の研究を指導し、レポートを作成、発表させる予定

◆牧野 里香

【内容】（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介する予定

岡山県総合教育センター、高等学校理科研修講座（生物）

セントラルドグマの視覚的理解　無細胞タンパク質合成系の紹介（仮題）

【日時、場所、対象】平成28年　5月または6月、岡山県総合教育センター

県内の高校理科教員対象　20 名程度（予定）

【目的】無細胞タンパク質合成系の原理を理解し、実験を行い、視覚的に理解してもらう。

各勤務校で、可能ならば生徒実験で授業に取り入れてもらう。（教育センターの指導主事と相談して決定）

◆高橋 寛岳

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介した

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施した（無細胞タンパク質合成実験）

【日時、場所、対象】（2）平成 27 年11月10日（火）、名古屋市立富田高校、

3年理系生徒（生物選択者）22名、教員（本校・他校の初・5・10年研修者、本校理科教員など）15名

【目的】（2）チューブ内でGFP、RFPを合成することで、セントラルドグマに関する知識を深め、さらに生物の生命活動が化学反応の連続で起こることを理解させる。

【状況】（2）46分7限授業の6限目（13：50～14：36）に実験を行い、7限終了（15：31）後に観察を行った。翌日の授業で再度観察と、まとめを行った。

【成果】（2）セントラルドグマ（今回は特に翻訳）についての理解が進んだ。また、大腸菌へのGFPの導入やGFPの医療への応用についての関心が高まった。

【状況】、【成果】の詳細は 111 ページに掲載

◆宮﨑 智憲

【内容】（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介した。

平成 27 年度高知県高等学校教育研究会理科部会第 11 回理科教育研究大会

キャンプの実習内容の報告・発表

【日時、場所、対象】 平成 27 年 11 月 29 日（土）12：30から

高知小津高等学校

高校の教員・指導主事等 50 名程度

【目的】 SLC の目的や事業内容等を広く知ってもらうため

【状況】この報告のほか 4 科目の先生方の実践発表もあって、高知市の学校を中心に多くの先生方が参加のもとで発表することができた。

【成果】 多くの先生たちに SLC の取り組みについて知っていただくことができたと思う。

発表の詳細は 113～117 ページに掲載

◆久冨 伸一郎

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介する予定。

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施実施する予定 （無細胞タンパク質合成実験）※

（5）特定のグループや個人に対して指導などを実施した

勤務校の生物教員3名に対し無細胞タンパク質合成実験を実施した

【日時、場所、対象】（5）平成 27 年 11 月、本校生物教室 教員（生物）3名

【目的】（5）無細胞タンパク質合成実験の内容の理解及び授業に取り入れていく方法の検討。

【状況】（5）操作，理解ともに滞りなく進んだ。

【成果】（5）無細胞タンパク質合成実験について理解ができた。授業への導入方法については検討中である。

※授業実施の詳細は 123、124 ページに掲載

◆奥村 仁一

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介した

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施した（無細胞タンパク質合成実験）、（DNA の抽出や分析、制限酵素処理、PCRなど）

（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介する予定

【日時、場所、対象】（2）平成 27 年 11 月 5 日(金)「生物基礎」授業で、生徒 40 名＋見学教師4名＋校長

【目的】既に学習済みの「セントラルドグマ」を体験的に学習させるため

【状況】真剣かつ楽しそうに実施していました。光ったときは盛り上がっていました(ビデオで報告の通りです)。

【成果】別添のアンケートをご参照下さい。

【状況】、【成果】の詳細は 108～110 ページに掲載

◆矢澤 有希子

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介した

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施した （無細胞タンパク質合成実験）

（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介する予定

（4）セントラルドグマの理解に有効な新しい教材を開発し、授業で実施したり学会や研究会で紹介した

【日時、場所、対象】（2）平成 27 年 12 月 15 日（火）・16 日（水） 生徒数 8 名 教員 2 名 参加

【目的】（2）遺伝情報からタンパク質をつくるシステム（セントラルドグマの流れ）がどの生物でも同じであることを、実際に無細胞の条件でタンパク質をつくることによって理解を深める。また、GFP を導入した遺伝子をもちいることで、遺伝子組み換え技術を身近に感じてもらうとともに、理解を深める。

【状況】、【成果】の詳細は 121、122 ページに掲載

◆友松　央樹

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介した

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施する予定（DNA の抽出や分析、制限酵素処理、PCRなど）

（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介する予定

（4）セントラルドグマの理解に有効な新しい教材を開発し、授業で実施したり、学会や研究会で紹介した

（5）特定のグループや個人に対して指導などを実施する予定（課題研究の指導）

理科クラブでの実験の実施）

【日時、場所、対象】（4） ①平成27年10月　5日（月） 実施時間：1時間

場所　京都府立福知山高等学校、対象　3年生理系（化学）選択者31名

②平成27年10月26日（月） 実施時間：1時間

場所　京都府立福知山高等学校　対象　3年生理系（化学）選択者37名

【目的】（4） DNAの塩基配列をもとにタンパク質ができる仕組みを、図を用いたり実物を提示したりすることによって、化学選択の生徒に理解させる。

【状況】（4） 3年生の化学の授業で、DNAの構造を説明した後、DNAの塩基配列をもとにアミノ酸が結合してタンパク質ができる様子をパワーポイントの図を用いて説明し、生徒が知っている具体的なタンパク質の名称やその働きについて発問し発表させた。その中で、生命分野において活躍した代表的な科学者についても紹介し、サイエンスリーダーズキャンプで知った最先端の研究なども話した。キャンプで作成したGFPとGRPも見せた。ずつ生徒の反応　教科書や参考書の図や説明だけでなく、パワーポイントで動く図を見ながら学習したことにより、実施後のアンケートで「わかりやすかった」「生命の仕組みについて興味がわいた」などの声が聞かれた。また、キャンプで作製したGFPやGRPなどの実物を見せて生徒に LED ライトとともに手にとって観察させると、驚きの声があがり、非常に興味を持って観察していた。

【成果】（4） DNAやアミノ酸、タンパク質の構造をそれぞれに理解できただけでなく、タンパク質が合成される仕組みを知ったことで、それらのつながりを理解することができた。

◆廣田　理史

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介した

PCR や電気泳動法についての画像を授業の中で見せた。 v

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施する予定（無細胞タンパク質合成実験）、（DNA の抽出や分析、制限酵素処理、PCRなど）

2 年理系生物選択者の授業の中で無細胞タンパク質合成についての実験を実施する予定。

1年生生物基礎の授業の中で DNA の抽出実験を行う予定。

（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介した

島根県高等学校生物部会の中でキャンプの内容を紹介した。

（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介する予定

今後予定されている　研修会においてキットを用いた無細胞タンパク質合成実験を行う予定

【日時、場所、対象】（2）H28年 1 月中旬から下旬で予定している。対象者は津和野高校2年生理系4名

（3）10 月に1度内容を紹介している。3月にも同様に島根県の生物教員で研修を行う予定。

【目的】（2）無細胞タンパク質合成実験を通して、セントラルドグマを理解させる。

（3）無細胞タンパク質合成実験を実際に行い、島根県内の生物教員が実験可能にする。また、普及させる。

【状況】、【成果】の詳細は 126～128 ページに掲載

◆松尾 花枝

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介した

主に，PCR や電気泳動の原理や電気泳動のバンドを見て考察をする部分を授業で扱った。

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施した（無細胞タンパク質合成実験）、（DNA の抽出や分析、制限酵素処理、PCRなど）

セントラルドグマの可視化の実験を 2 年次生対象に行った。今後，土曜講習において 1 年次生を対象に簡易版を使用する予定。また，2 年次生の土曜講習では PCR と電気泳動を行う予定。

（5）特定のグループや個人に対して指導などを実施した（課題研究の指導）、（科学コンテスト、研究発表会などへの参加）、（出展、発表などに対する受賞）

麹菌の分泌するアミラーゼの分析（SDS-PAGE），rRNA を用いた酵母菌の種の同定，イカの発光バクテリアの発光周期の解析

上記の研究を継続しながら JSEC（朝日新聞主催）に参加し，今後もジュニア農芸化学会（日本農芸化学会主催），サイエンス・キャッスル（リバネス主催）などに参加予定である。

油脂酵母の油分解能についての研究は JSEC の予備審査を通過した。

課題研究の指導については現在も継続している。考察する際にはキャンプでの講義や実習の内容を参考にしている。

【日時、場所、対象】（1）9 月 8 日の授業において 2 年の生物選択者（22 人）の生物の授業において。同じ内容を別の教員が他クラスの授業でも行った。

（2）10月 29 日の授業において 2 年の生物選択者（2 クラス，計 49 人）の授業において実験を行った。あらかじめ 2 年生の授業を担当しているもう一人の教員にも内容を説明し，2 人で準備を行った。土曜講習は 1 年生に対しては 1 月 23 日，2 年生に対しては 12 月 19 日と 26 日を予定している。

（5）課題研究の授業時間や日々の昼休みや放課後に 2 年の生徒を指導している。（担当分野の生徒数は 12 名でそれぞれ個人研究を行っている。）

【目的】（1）PCR の原理や電気泳動の結果の考察を実際の写真を見せることによって理解させる。

（2）セントラルドグマの流れを可視化することによって理解させる。

（5）自分の手で実験を行い、研究を進めていくことで理解を深めさせる。

【状況】（1）授業時間は 50 分。電気泳動の結果の写真を見せてディスカッションをすることで，バンドができる位置を考察することができた。

（2）授業時間は 95 分。GFP が合成されているかどうかは放課後も観察を続けた。生徒の感想には実験の内容と実験の手法についての理解が深まったという意見が多数みられた。

（5）生徒は毎日継続して実験を行っている。

【成果】（1）PCR，電気泳動の理解が進み，実際に生徒自身の課題研究に取り入れてみようとする生徒が出てきた。

（2）「タンパク質は一気にできないことがわかった」，「時間がたつとたくさんできることに驚いた」などの意見がみられた。

（5）SDS-PAGE はなかなかうまくバンドが出ず，試料の調製に苦戦している。酵母の種の同定に関してはいくつかグループ分けができそうである。

【状況】、【成果】の詳細は 106、107 ページに掲載

◆高田 亜紀

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介する予定

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施する予定（無細胞タンパク質合成実験）

（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介した

【日時、場所、対象】（2）平成28年2月～3月の授業

【目的】（2）転写・翻訳の仕組みを視覚的に理解させる

◆内藤 知佳

【内容】（1）勤務校の授業でキャンプの実習内容を写真やビデオ等で紹介する予定

（2）生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施した、実施する予定（DNA の抽出、大腸菌の形質転換）

（3）教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介した

県理科担当者会議（生物部会）、①「研究発表」キャンプの内容を報告、「実験紹介」翻訳実験（簡易版）を実施

【日時、場所、対象】（3）平成 27 年 11 月 12 日（木） ①10:30～11:10 ②12:15～12:25、

岐阜県博物館、①ハイビジョンシアター ②講堂

岐阜県内の高等学校生物教員__59 名

【目的】（3） ①10:30～セントラルドグマを可視化する実験とキャンプの実習内容をプレゼンテーション（パワーポイント）で紹介

②12:15～試験管内でタンパク質が合成できることを、翻訳実験（簡易版）を実施することで理解させる。

【状況】（3）翻訳実験は 10 分程度で実施し、3時間後に結果を観察したところ、緑と赤の両方の蛍光が観察できた。

【成果】 参加者の感想： ・簡単で結果がわかりやすい実験である。

【状況】、【成果】の詳細は 106、107 ページに掲載

キャンプ後の取り組みに関する報告-2：アンケートの詳細、メール、ムードル他

タンパク質合成実験、授業での実施　27 年 9 月 10 日　水谷 伸匡（ムードルの記事から転載）

2015-平成27年度サイエンスリーダーズキャンプ【正課外】

あなたは HAYASHI Hidenori としてログインしています (ログアウト)

Home ▶ マイコース ▶ 【過年度閲覧許可】 ▶ その他 ▶ 2015-scienceleaderscamp ▶ トピック1　キャンプ後の取り組み ▶ キャンプ後の取り組み（授業実施、事例紹介など）(2015) ▶ タンパク合成実験と発表を行ないました

キャンプ後の取り組み（授業実施、事例紹介など）(2015)

フォーラムを検索する

返信をネスト表示する

このディスカッションを移動する ...　移動

ナビゲーション

管理

タンパク合成実験と発表を行ないました

2016年 02月 29日(月曜日) 14:53 - MIZUTANI Nobumasa の投稿

実験レポート用紙.docx
パフォーマンス課題.docx

愛知県立海翔高等学校の水谷です。

平成27年9月に本校2年生を対象に、無細胞系タンパク質合成の実験をおこないました。

また、3種類のDNAの塩基配列から、GFPのアミノ酸配列をもとにして、GFPの塩基配列を当てるという活動を行ないました。

その際に、SLCでいただいたGFP、BFP、RFPの塩基配列のデータを利用させていただきました。

また今回の実験について、10月に愛知県総合教育センターにて発表を行ないました。

ご報告が遅くなり、申し訳ありません。

いろいろとお世話になり、ありがとうございました。

*

セントラルドグマを可視化して確認しよう

1　目的

遺伝情報の発現は、DNA の塩基配列をもとに mRNA が転写され、アミノ酸が指定されてタンパク質が翻訳されるという流れがある。この流れをセントラルドグマといい遺伝情報の大原則である。本実験の目的は、DNA から RNA が転写され、その RNA からタンパク質が合成されることをコムギ胚芽無細胞タンパク質合成系を用いて確かめることである。

2　実験手順

実験Ⅰ　転写を行わせる

（1）方法

1．マイクロチューブを 4 本（A、B、C、D を油性ペンで記入）用意し、下表のように溶液を混合する

溶液	A	B	C	D
① 蒸留水	8 μL	8 μL	10 μL	10 μL
② 転写反応用緩衝液	4 μL	4 μL	4 μL	4 μL
③ リボヌクレオチド溶液	2 μL	2 μL	2 μL	0 μL
④ RNA 分解酵素	0 μL	2 μL	0 μL	0 μL
⑤ RNA 分解酵素阻害剤	2 μL	0 μL	2 μL	2 μL
⑥ RNA 合成酵素	2 μL	2 μL	2 μL	2 μL
⑦ DNA 溶液	2 μL	2 μL	0 μL	2 μL
計	20 μL	20 μL	20 μL	20 μL

2．37℃で 3 時間（4 限目の開始まで）、インキュベーターで反応させる

（2）予想

1．転写が起こるものは A～D のうちどれか予想しなさい。また、転写が起こらないと予想したものは、なぜ転写が起こらないと予想したか説明しなさい。

2．転写に必要なものは何か、列挙しなさい

実験Ⅱ　転写の確認：RNA の可視化（RiboGreen を用いる方法）

（1）方法

1．実験Ⅰの A～D のマイクロチューブをよく観察し、それぞれのチューブで違いがないかよく観察する。

2．③ RNA 蛍光試薬 198 μL が入ったマイクロチューブ 4 本（A'、B'、C'、D'を油性ペンで記入）に、実験Ⅰの A～D の反応液をそれぞれ 2 μL ずつ加え、よく混合する。

3．A'、B'、C'、D'のマイクロチューブに青色 LED を当て、オレンジフィルターを掛け観察する。

参考　RiboGreen は、RNA に特異的に結合して、青色の光で黄色に蛍光する色素である。

（2）結果

1．実験Ⅰの A～D のマイクロチューブをよく観察し、チューブごとに変化が見られたか。

2．A'、B'、C'、D'のマイクロチューブに青色 LED を当て、オレンジフィルターを掛け観察したときの様子はどのようであったか。

（3）考察

1．青色 LED を照射したとき、オレンジフィルターを掛けるのはなぜか。

2．実験Ⅱの結果から、A～D のうちどれが転写によって RNA を合成したか。

＿＿年＿＿組＿＿番　氏名＿＿＿＿＿＿＿＿

実験Ⅲ　翻訳

（1）方法

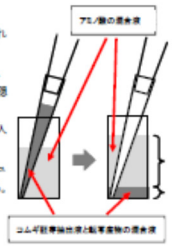
1．マイクロチューブ 2 本（A"、C"を油性ペンで記入）それぞれに③コムギ胚芽抽出液 10 μL をとる。

2．コムギ胚芽抽出液の入った A"、C"のチューブそれぞれに、転写反応の終了したチューブ A、C の溶液 10μL を加え、穏やかにかくはんする。

3．2 本のキャップ付き透明平底のチューブに A、C と記入し、それぞれに⑧アミノ酸溶液 200 μL をとる。

4．2．の溶液 A"と溶液 C"それぞれ 20μL を 3．の平底チューブの下部からゆっくり加え、混ぜないように二層にする。

5．常温で数時間～数日反応させる。



（2）予想

1．翻訳に必要なものは何か。列挙しなさい

2．アミノ酸溶液にはどんなアミノ酸が入っているか

3．A、C のうち、翻訳（タンパク質合成）が起こるものはどちらと予想できるか

実験Ⅳ　タンパク質の検出

（1）方法

1．反応開始直後、直後、および次の日、翌々日、平底チューブのアミノ酸溶液と、反応液の境界線付近を自然光、ブラックライトで照射して、違いがあるかどうか観察する。

参考　GFP はブラックライトの光で緑色に蛍光する

（2）結果

	自然光		ブラックライト	
	チューブ A	チューブ C	チューブ A	チューブ C
反応直後				
直後				
翌日				
翌々日				

（3）考察

ブラックライトを照射して緑色の蛍光が見られたときにチューブ内でどのようなことが起こったといえるか。実験Ⅰから実験Ⅳまでの反応過程を説明せよ。

3　感想・反省

光るタンパク質の遺伝子をみつけよ！

２年　　組　　番　氏名

ミッション

セントラルドグマを可視化する実験ではチューブ A が緑色に蛍光しました。つまり GFP(緑色蛍光タンパク）が合成されたことになります。

ここに GFP のアミノ酸配列を示した図があります。しかし遺伝子 X～Z のどれが GFP 遺伝子なのかがわかりません。そこで、これまで学習した内容と配布した資料を利用して、遺伝子 X～Z のどれが GFP 遺伝子なのかを答えよ。

※復習

タンパク質合成のあらすじ

① ２本鎖 DNA の一部がほどけ、２本鎖のうちの一方の鎖が鋳型になって、これに相補的な塩基をもった RNA の(1　　)が結合し、遺伝情報を写し取った RNA が合成される。この RNA を（2　　）という。このとき、鋳型になった方の鎖を**鋳型鎖**、鋳型にならなかった方の鎖を**相補鎖**という。

② この過程を（3　　）といい、RNA 合成酵素という酵素が関与する。また、このときの DNA の塩基と mRNA の塩基の対応関係は次の通りになる。

DNA		mRNA
A	→	(4　)
T	→	A
G	→	C
C	→	(5　)

鋳型鎖の塩基配列をもとに合成された mRNA の塩基配列は、相補鎖の塩基配列の T を U に置き換えたものになる。

③ 真核生物では、生じた mRNA は核膜孔を通って核内から細胞質に出る。細胞質中には 20 種類の（6　　）がある。

④ mRNA の隣り合う３つの塩基が遺伝暗号となり、１つのアミノ酸に対応する。このような３つで１組の塩基をトリプレットといい、特に mRNA のトリプレットを(7　　)という。

⑤ AUG はメチオニンを指定するコドンであると同時に、翻訳開始を意味する(8　　)コドンでもある。したがって、mRNA のなかで最初に登場する AUG の部分から（9　　）が始まる。

⑥ アミノ酸どうしは、順次結合してペプチド鎖となる。mRNA に（10　　）コドンがあると、その部分はアミノ酸に対応せず、翻訳はその手前で終了する。

⑦ ペプチド鎖はそれぞれ特有の立体構造を取るようになり、タンパク質として働く。

GFP（緑色蛍光タンパク質）のアミノ酸配列

M	A	S	K	G	E	E	L	F	T	G	V	V	P	I	L	V	E	L	D	20
G	D	V	N	G	H	K	F	S	V	S	G	E	G	E	G	D	A	T	Y	40
G	K	L	T	L	K	F	I	C	T	T	G	K	L	P	V	P	W	P	T	60
L	V	T	T	L	C	Y	G	V	Q	C	F	S	R	Y	P	D	H	M	K	80
R	H	D	F	F	K	S	A	M	P	E	G	Y	V	Q	E	R	T	I	F	100
F	K	D	D	G	N	Y	K	T	R	A	E	V	K	F	E	G	D	T	L	120
V	N	R	I	E	L	K	G	I	D	F	K	E	D	G	N	I	L	G	H	140
K	L	E	Y	N	Y	N	S	H	N	V	Y	I	M	A	D	K	Q	K	N	160
G	I	K	V	N	F	K	T	R	H	N	I	E	D	G	S	V	Q	L	A	180
D	H	Y	Q	Q	N	T	P	I	G	D	G	P	V	L	L	P	D	N	H	200
Y	L	S	T	Q	S	A	L	S	K	D	P	N	E	K	R	D	H	M	V	220
L	L	E	F	V	T	A	A	G	I	T	H	G	M	D	E	L	Y	N	*	239

グループで検討した手順を書くこと

GFPの遺伝子は［　　］である

★参考　アミノ酸の名称と略号

1 文字	3 文字	英語名	日本語名
A	Ala	Alanine	アラニン
C	Cys	Cysteine	システイン
D	Asp	Aspartic Acid	アスパラギン酸
E	Glu	Glutamic Acid	グルタミン酸
F	Phe	Phenylalanine	フェニルアラニン
G	Gly	Glycine	グリシン
H	His	Histidine	ヒスチジン
I	Ile	Isoleucine	イソロイシン
K	Lys	Lysine	リジン
L	Leu	Leucine	ロイシン
M	Met	Methionine	メチオニン
N	Asn	Asparagine	アスパラギン
P	Pro	Proline	プロリン
Q	Gln	Glutamine	グルタミン
R	Arg	Arginine	アルギニン
S	Ser	Serine	セリン
T	Thr	Threonine	スレオニン
V	Val	Valine	バリン
W	Trp	Tryptophan	トリプトファン
Y	Tyr	Tyrosine	チロシン

★参考：　遺伝暗号表（RNA の塩基配列とアミノ酸の対応）

		第２文字							
		U		C		A		G	
第１文字	U	UUU	Phe／F	UCU	Ser／S	UAU	Tyr／Y	UGU	Cys／C
		UUC	Phe／F	UCC	Ser／S	UAC	Tyr／Y	UGC	Cys／C
		UUA	Leu／L	UCA	Ser／S	UAA	終了	UGA	終了
		UUG	Leu／L	UCG	Ser／S	UAG	終了	UGG	Trp／W
	C	CUU	Leu／L	CCU	Pro／P	CAU	His／H	CGU	Arg／R
		CUC	Leu／L	CCC	Pro／P	CAC	His／H	CGC	Arg／R
		CUA	Leu／L	CCA	Pro／P	CAA	Gln／Q	CGA	Arg／R
		CUG	Leu／L	CCG	Pro／P	CAG	Gln／Q	CGG	Arg／R
	A	AUU	Ile／I	ACU	Thr／T	AAU	Asn／N	AGU	Ser／S
		AUC	Ile／I	ACC	Thr／T	AAC	Asn／N	AGC	Ser／S
		AUA	Ile／I	ACA	Thr／T	AAA	Lys／K	AGA	Arg／R
		AUG	Met／M	ACG	Thr／T	AAG	Lys／K	AGG	Arg／R
	G	GUU	Val／V	GCU	Ala／A	GAU	Asp／D	GGU	Gly／G
		GUC	Val／V	GCC	Ala／A	GAC	Asp／D	GGC	Gly／G
		GUA	Val／V	GCA	Ala／A	GAA	Glu／E	GGA	Gly／G
		GUG	Val／V	GCG	Ala／A	GAG	Glu／E	GGG	Gly／G

遺伝子 X

相補鎖→1　TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGTCTGTTAAAGATAAGCATTTTTGCTGGAGG
鋳型鎖→1　AAGCTGGTTGTTATGGCAATGACCATAAACAGACAATTTCTATTCGTAAAAACGACCTCC

61　AAAACCATATGGCTAGCTCCGAGGACGTCATCAAGGAGTTCATGCGCTTCAAGGTCCGCA
61　TTTTGGTATACCGATCGTGGCTCCTGCAGTAGTTCCTCAAGTACGCGAAGTTCCAGGCGT

121　TGGAGGGCTCCGTCAACGGCCACGAGTTCGAGATCGAAGGCGAAGGCGAGGGCCGACCGT
121　ACCTCCCGAGGCAGTTGCCGGTGCTCAAGCTCTAGCTTCCGCTTCCGCTCCGGCTCCCA

181　ACGAAGGCACCCAGACCGCCAAGTTGAAGGTCACCAAGGGCGGCCCCCTTGCCCTTCGCCT
181　TGCTTCCGTGGGTCTGGCGGTTCAACTTCCAGTGGTTCCCGCCGGGTAACGGGAAGCGGA

241　GGGACATCTTGTCCCCACAGTTCCAGTACGGCTCCAAGGCCTACGTCAAGCACCCGGCCG
241　CCCTGTAGAACAGGGGTGTCAAGGTCATGCCGAGGTTCCGGATGCAGTTCGTGGGCCGGC

301　ACATCCCCGACTACTTGAAGTTGTCCTTCCCAGAAGGCTTCAAGTGGGAGCGCGTCATGA
301　TGTAGGGGCTGATGAACTTCAACAGGAAGGGTCTTCCGAAGTTCACCCTCGCGCAGTACT

361　ACTTCGAGGACGGCGGCGTCGTCACCGTCACCCAGGACTCCTCATTGCAGGACGGCGAGT
361　TGAAGCTCCTGCCGCCGCAGCAGTGGCAGTGGGTCCTGAGCAGTAACGTCCTGCCGCTCA

421　TCATCTACAAGGTCAAGTTCGCGGGCACCAACTTCCCGCCCGACGGCCCCGTCATGCAGA
421　AGTAGATGTTCCAGTTCAACGCGCCGTGGTTGAAGGGGACGCTGCCGGGCCAGTACGTCT

481　AGAAGACCATGGGCTGGGAGGCCTCCACCGAGCGCCTGTACCCCCGAGGACGGCGCCTTGA
481　TCTTCTGGTACCCGACCCTCCGGAGGTGGCTCGCGTACATGGGGCTCCTGCCGCCGGAACT

541　AGGGCGAGATCAAGCAGCGCCTTAAGCTTAAGGACGGCGGCCACTACGACGCCGAGGTCA
541　TCCCGCTCTAGTTCGTCGCGGAATTCGAATTCCTGCCGCCGGTGATGCTGCGGCTCCAGT

601　AGACCACCTACAAGGCCAAGAAGCCCGTCCAGTTGCCCGGCGCCTACAACGTCAACATCA
601　TCTGGTGGATGTTCCGGTTCTTCGGGCAGGTCAACGGGCCGCGGATGTTCTGGCTGTAGT

661　AGTTGGACATCACCTCCCACAACGAGGACTACACCATCGTCGAGCAGTACGAACGCGCCGA
661　TCAACCTGTAGTGGAGGGTGTTGCTCCTGATGTGGTAGCAGCTCGTCATGCTCGCGCGGCT

721　AGGGCCGCCACTCCACCGGCGCCTAAGGATCC
721　TCCCGGCGGTGAGGTGGCCGCGGATTCCTAGG

タンパク質合成実験、教員研修会での実施　10月17日　中谷　幸希（ムードルの記事から転載）

管理

2015-平成27年度サイエンスリーダーズキャンプ【正課外】

あなたは HAYASHI Hidenori としてログインしています (ログアウト)

Home ▶ マイコース ▶ 【過年度閲覧許可】 ▶ その他 ▶ 2015-scienceleaderscamp ▶ トピック1　キャンプ後の取り組み ▶ キャンプ後の取り組み（授業実施、事例紹介など）(2015) ▶ 簡易版タンパク質合成　教員学生向け研修会

キャンプ後の取り組み（授業実施、事例紹介など）(2015)

フォーラムを検索する

返信をネスト表示する

このディスカッションを移動する ...　移動

簡易版タンパク質合成　教員学生向け研修会

2016年 02月 21日(日曜日) 01:15 - NAKATANI Saki の投稿

蛍光タンパク質のかがく1017アンケート結果.docx

簡易版タンパク質合成を教員学生向けに研修会を行いました。

倉敷市立東陽中学校　　中谷幸希

日時：2015年10月17日（土）13時50分～15時20分

場所：ファラデーラボ（加古川市）

参加者：教員13名　大学生4名

感想：報告するのが大変遅くなり申し訳ありません。簡易版タンパク質合成を行い、全員が成功しました。

小学校・中学校・高校の先生方、大学生に参加してもらい、それぞれの視点から意見をいただきました。

生徒向けの実験に向けての案もいただきました。今後、生徒もタンパク質の合成を体験できれば、科学技術について興味を持つきっかけになるのではないかと考えています。今後ともよろしくお願いします。

林秀則先生、片山豪先生お世話になりました。ありがとうございます。

編集 | 削除 | 返信

このページのMoodle Docs

あなたは HAYASHI Hidenori としてログインしています (ログアウト)

解説用資料、（中谷　幸希）

蛍光タンパク質のかがく

中谷　幸希
倉敷市立東陽中学校
神戸理科サークル

流　れ

- 自己紹介
- サイエンスリーダーズキャンプ
- 背景
- 主な実験内容
- DNAは遺伝子の本体
- 遺伝子とタンパク質
- タンパク質合成（翻訳反応）
- 実験　タンパク質の合成
- 今後の可能性・検討

自己紹介

中谷　幸希（なかたに　さき）

岡山県倉敷市立東陽中学校
1年7クラス　2年7クラス
3年8クラス
特別支援学級3クラス
全校生徒…732人

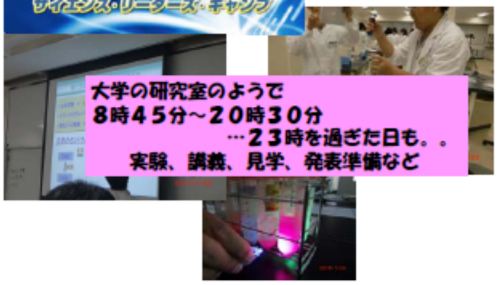
サイエンス・リーダーズ・キャンプ

主催：JST科学技術振興機構

旭川医科大学・東北大学・東京理科大学
愛媛大学・山口大学

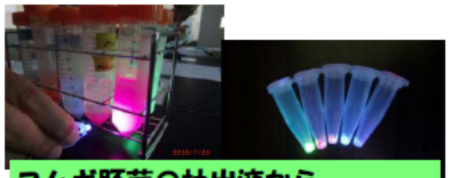
平成27年7月28日～31日
愛媛大学
「タンパク質研究の先端技術を活用した
実践型次世代生命科学教育」

サイエンス・リーダーズ・キャンプ



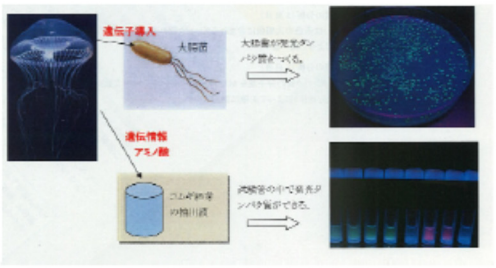
大学の研究室のようで
8時45分～20時30分
…23時を過ぎた日も。。
実験、講義、見学、発表準備など

サイエンス・リーダーズ・キャンプ

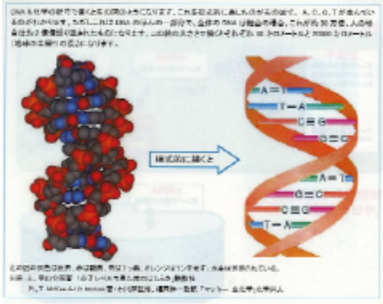


コムギ胚芽の抽出液から
蛍光タンパク質ができる

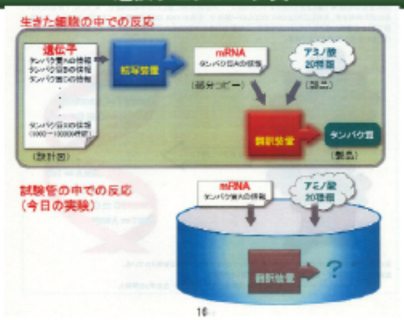
主な実験内容



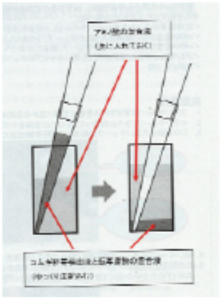
DNAは遺伝子の本体



遺伝子とタンパク質



タンパク質の合成（翻訳反応）



実験　タンパク質の合成

簡易版：凍結乾燥させたコムギ胚芽抽出液を使用

みなさんも一緒に作りましょう！

今後の可能性・検討

・生徒向け実験

3年生　生命「生命の連続性」
　　2章　生物のふえ方と遺伝
　　・遺伝子本体
　　・遺伝子の変化
　　・DNAや遺伝子に関する科学技術

（検討していただきたいこと）
Q　発展な内容で難しい？興味をもてる？
Q　わかりやすく伝えるためには？
Q　プリントの作成？

アンケート集計 （中谷 幸希）

「蛍光タンパク質のかがく」に参加してのアンケート結果

日時 2015 年 10 月 17 日(土)13 時 30 分～17 時 10 分
＜第1部＞13 時 50 分～15 時 20 分 蛍光タンパク質のかがく
場所 k

参加者 教員13名 大学生4名

1. 楽しく研修を受けることができた
2. 自分から進んで学習に参加できた
3. 実験・観察がよくできた
4. 自分で考える活動ができた

	大変そう思う	少しそう思う	どちらとも いえない	あまりそう 思わない	全くそう 思わない
1	14	3			
2	12	5			
3	5	12			
4	5	10	2		

5. 今日の授業単元において、通常の授業方法に比べ、効果的だと感じた点はありますか。
（あてはまるものに○、複数可）
① 理解の促進…2名
② 興味・関心を高める…16名
③ 言語活動の充実…0名
④ 思考力の向上…3名
⑤ 判断力の向上…0名
⑥ 表現力の向上…3名
⑦ その他…0名
（上記の内容を選んだ理由があれば書いてください。）
・中学校ではかなり工夫（興味づけやイメージ化）が必要だと思います。
・生命の連続性という面においてmRNA発信の教材が正しいかどうかが疑問であったし、この教材を中学校でやる必要性があるかは疑問。これらを使うときに実際に配られたプロトコールを一緒に配布して欲しかった。そうすれば分かりやすかったと思う。あとどうして胚芽であったかという理由が知りたかった。
・プリントは（中学生にとって）あまりにも難解であり理解できないと思う。もう少しかみくだいて簡易な説明をしたほうがよい。
6. 感想
・高校化学ではタンパク質は必修の課題です。蛍光タンパクはその中でおもしろい課題ですね。分子構造やアミノ酸からタンパク質への合成方法はまさに化学の課題ですが、生物の課題として教えると遺伝と進化、生命とは何かといった深い課題とのつながりとも考えていかなくてはいけないと思います。（男性 教員 化学・生物担当）
・難しいなと感じました。中学生よりも高校生の方がよりおもしろさを感じられるだろうと思いました。（女性 小学校教員）
・GFPという今をときめく蛍光タンパク質について学習、実験できた点でとても有意義な時間を過ごさせてもらいました。（男性 学生）
・食物の栄養分のところでアミノ酸が集まってタンパク質をつくっているあたりに使用したいと思いました。あと下村教授の活躍を知ることで日本人の誇りなど科学に興味が持てるように思いました。（女性 教員 理科担当）
・おもしろいとは思うが、中学生に必要かといえば必要ないと思う。ただし時間が余っているならば、興味関心を高める上で使用するのはとてもいいと思う。蛍光タンパクとノーベル賞受賞とも話がつなげることができるし話題はことかかない。（男性 教員 理科担当）
・蛍光タンパク質の合成の授業、中学生にするのは内容をわかりやすく、簡単にして興味づけに使う程度がいいと思います。内容的には高校の実験として実施するのがよい。（男性 教員 理科担当）

タンパク質合成実験、 授業での実施　　27 年 10 月 29 日、および 28 年 1 月　　松尾 花枝

日時、場所、対象

10月 29 日の授業において 2 年の生物選択者(2 クラス，計 49 人)の授業において実験を行った。あらかじめ 2 年生の授業を担当しているもう一人の教員にも内容を説明し，2 人で準備を行った。

土曜講習は 1 年生に対しては 1 月 23 日，2 年生に対しては 12 月 19 日と 26 日を予定している。

(2)授業時間は 95 分。GFP が合成されているかどうかは放課後も観察を続けた。生徒の感想には実験の内容と実験の手法についての理解が深まったという意見が多数みられた。

(2)「タンパク質は一気にできないことがわかった」，「時間がたつとたくさんできることに驚いた」などの意見がみられた。

実施の様子など

カリキュラム(理科を中心に)

- 1年生:
  3科目(物・化・生)をそれぞれ週2時間(50分×2)
- 2年生:
  物・化・生・地から2科目選択し，週3時間(50分，95分)
  課題研究を週2時間(95分)
- 3年生:
  自由選択科目の中から選択。基本的には2年生で選択した科目をそのまま選択する。

※ 講習:
教員が開講する講座を，とりたい生徒が自由に選択。
土曜講習，夏期講習など。

3

土曜日の活動について

- サタデーサイエンス(SSH事業の一環)など，特別なイベントがない日に設定。
- 1年で3期に分かれており，それぞれの期(Ⅰ期・Ⅱ期・Ⅲ期)において教員に対して開設講座の募集を行い，生徒に知らせる。(内容は自由度が高い)
- 1期あたり4回の講習が基本。
- 1回の講習の時間は90分。

4

SLC終了後に学校で行ったこと

- 2年生の授業にてセントラルドグマの可視化実験
- 1年生の土曜講習にて簡易版の実験
- 課題研究の指導

※ 行う予定ができなかったこと・・・
オープンスクールで小中学生に向けての簡易版実験

5

2年対象セントラルドグマの可視化 (1)教員間の情報共有

- 2年生を教えている先生と授業で触れる内容を確認。
- PCRの動画を見せたり，電気泳動(アガロースゲル，SDS-PAGE)の原理などの説明には時間を割いた。
- PCRとDNAの電気泳動については土曜講習で実施した。(実験にはBio-Radのキットを使用した。)
- セントラルドグマの可視化の実験をするかどうかを打合せ，実験日程を調整し，注文。
- 予期せぬアクシデント(松尾がアキレス腱断裂)のため実験延期。(ディープフリーザーに助けられた。)
- 2年の実験は無事終了

6

2年対象セントラルドグマの可視化 (2)実験の様子

- 事前準備:
  分注，道具を班ごとにそろえる，実験手順印刷
- 実験を行う前に時間をとってマイクロピペットの使い方を練習した
- 実験はおおむね順調に進んだ

7

2年対象セントラルドグマの可視化 (3)実験後

- 白紙A3用紙を配布し，レポートを提出してもらった。

8

1年対象簡易版の実験
(1)教員間での情報共有

- 1年生を教えている先生と土曜講習の内容を打合せ。
- 2年生で生物を選択する生徒を対象に発展的な内容を扱うことになった。
- セントラルドグマを扱う日に合わせて簡易版の実験を行うよう調整。(その日までディープフリーザーで保存)
- 講習の流れを確認しながら事前実験を行った。

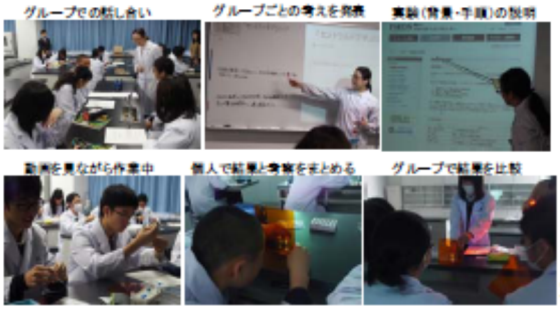
9

1年対象簡易版の実験
(2)実験の様子

- 事前準備:
  道具をそろえる，資料の印刷，いくつか反応開始
- 実験を行う前に「セントラルドグマとは？」をテーマに，2年で扱う内容をグループディスカッションを行いながら説明した。
- 単元の内容(セントラルドグマ，遺伝子操作，遺伝子組換え食品など)は，この実験を行うにあたって愛媛大学のプロテオサイエンスセンターのことも織り交ぜながら説明した。
- 実験はおおむね順調に進んだ

10

1年対象簡易版の実験
(2)実験の様子



11

1年対象簡易版の実験
(3)実験後

- 講習終了後，フィードバックレポートを提出してもらった。

※ 別資料参照

12

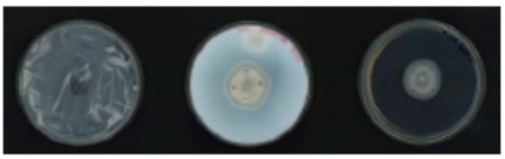
課題研究の指導
(3)SLCに参加して変わったこと

- 実際に自分の手を動かして流れに沿って実験を行うことで，一連の研究手法を垣間見ることができた。
- 自分たちで考察を行うことで考え方も学ぶことができた。
- その結果，生徒の研究指導をこれまでよりも積極的にできるようになった。

15

課題研究の指導
(4)課題研究で行った実験

- 寒天培地に植菌(酵母，麹，発光細菌など)
- PCR，DNA電気泳動により酵母であるかどうかの推定
- タンパク質電気泳動によりアミラーゼ検出実験

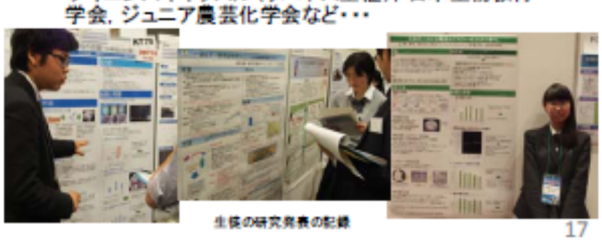


3種類の培地に酵菌を植菌したもの

16

課題研究の指導
(5)生徒の成果について

- 校内の発表会だけでなく校外の発表会にも参加した。
- サイエンスキャッスル(リバネス主催)，日本生物教育学会，ジュニア農芸化学会など・・・



生徒の研究発表の記録

17

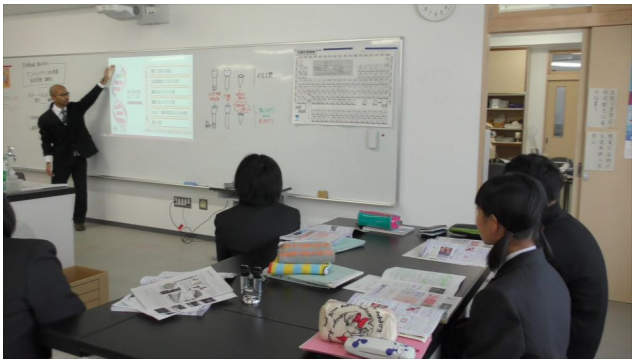
まとめと今後

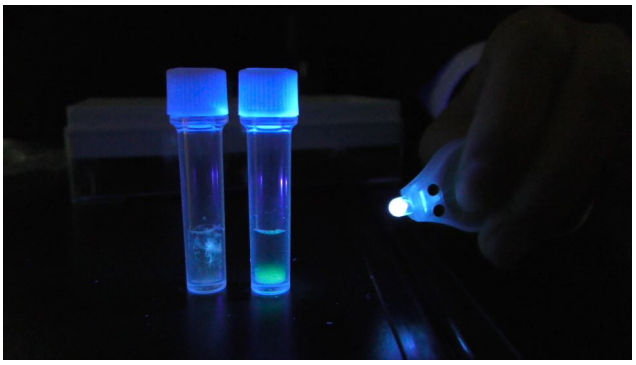
- 教員間のコミュニケーションがうまくとれた。
- 授業で扱う内容に深みが出た。
- 授業などで実験を行うことで生徒の理解も深まった。
- 課題研究の指導が少しできるようになった(気がする)。
- 生徒の研究を外に出すことで生徒のやる気も高まった。
- 現在，生徒と一緒に自分でも経験を積むために実験を行っている。
- 今後，授業について知識をさらにつけたい(生物に限らず化学分野も)。そして，研究指導については生徒のやりたい研究が少しでもできるように経験を積みたい。

18

タンパク質合成実験、授業での実施　27 年 11 月 5 日　奥村 仁一

授業実施の様子（ムードルにアップされた動画の抜粋）





タンパク質合成実験、アンケートの集計 （奥村 仁一）

アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
1	今回の実験はおもしろかったですか。		
		そう思う	31
		どちらかといえばそう思う	9
		どちらかといえばそう思わない	0
		そう思わない	0
アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
2	実験の「内容」はわかりましたか。		
		そう思う	35
		どちらかといえばそう思う	5
		どちらかといえばそう思わない	0
		そう思わない	0
アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
3	今回の実験を受けて「知りたいこと」を自分で調べてみようと思うようになりましたか。		
		そう思う	13
		どちらかといえばそう思う	22
		どちらかといえばそう思わない	5
		そう思わない	0
アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
4	今回の実験を受けて「科学技術」や「理科数学」に興味関心を持ちましたか。		
		そう思う	22
		どちらかといえばそう思う	15
		どちらかといえばそう思わない	2
		そう思わない	1
アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
5	実験の中で「新たな課題」を発見することが出来ましたか。		
		そう思う	6
		どちらかといえばそう思う	21
		どちらかといえばそう思わない	13
		そう思わない	0
アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
6	実験の中で課題を解決するために「情報を集める」（わからないことを友達にきく）ことができま		
		そう思う	4
		どちらかといえばそう思う	19
		どちらかといえばそう思わない	13
		そう思わない	4
アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
7	実験の中で「考える」ことができましたか。		
		そう思う	26
		どちらかといえばそう思う	12
		どちらかといえばそう思わない	1
		そう思わない	1
アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
8	実験の中で他の人と積極的に「話し合う」ことができましたか。		
		そう思う	23
		どちらかといえばそう思う	12
		どちらかといえばそう思わない	3
		そう思わない	2
アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
9	実験の中でグループの人と「協力」して実験を進めることができましたか。		
		そう思う	23
		どちらかといえばそう思う	12
		どちらかといえばそう思わない	3
		そう思わない	2
アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
10	実験の中で実験観察の結果を使って「レポート作成」ができましたか。		
		そう思う	9
		どちらかといえばそう思う	22
		どちらかといえばそう思わない	6
		そう思わない	3

アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
11	今回のような実験があったら「もっとやってみたい」と思いますか。		
		そう思う	32
		どちらかといえばそう思う	6
		どちらかといえばそう思わない	0
		そう思わない	2

アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
12	今回の実験をやって（受けて）みて「理科数学」や「科学技術」を勉強することは、将来自分によって必要となりそうなので重要だと思うようになりましたか。		
		受ける前も思っており、受けた後はもっと思うようになった。	16
		受ける前も思っていたが、受けた後もあまりかわらない。	9
		受ける前はあまり思っていなかったが、受けた後はもっと思うようになった。	10
		受ける前は思っておらず、受けた後もあまりかわらない。	5
		受ける前より思わなくなった。	0

アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
13	今回の実験をやってみて「科学技術」に関連する仕事につきたいと思うようになりましたか。		
		受ける前も思っており、受けた後はもっと思うようになった。	6
		受ける前も思っていたが、受けた後もあまりかわらない。	8
		受ける前はあまり思っていなかったが、受けた後はもっと思うようになった。	13
		受ける前は思っておらず、受けた後もあまりかわらない。	13
		受ける前より思わなくなった。	0

アンケート番号	タイトル	選択肢	回答数
14	今回の実験を受けて科学は自分の身の回りのことを理解するのに役立つと思いましたか。		
		受ける前も思っており、受けた後はもっと思うようになった。	11
		受ける前も思っていたが、受けた後もあまりかわらない。	9
		受ける前はあまり思っていなかったが、受けた後はもっと思うようになった。	19
		受ける前は思っておらず、受けた後もあまりかわらない。	1
		受ける前より思わなくなった。	0

アンケート番号	タイトル	自由記述
15	自由記載アンケート（今回の実験について何でも自由に書いてください）	
		変化がわかると、実験は面白いなと身をもって感じます。もっとやってみたいです。
		安全性が確かめられた上で、GFPという貴重なたんぱく質を生成することができたのが嬉しか
		とても分かりやすい実験をすることができました。またやりたいです。
		赤く光ったときが一番達成感があった。
		とても楽しくできました。
		とても簡単でわかりやすい実験でした。
		対照実験で、とてもわかりやすく比較することができました。今回作ることがで
		きたたんぱく質の働きを調べたり、形を見てみたいなと思いました。
		貴重な体験ができて本当によかったです。この分野の関心が高まりました。
		実験をすることで理解が深まったのでよかったです。
		またこのような実験をしたい。
		実験が成功したので楽しかったです。
		わかりやすく簡単な実験だったので、文系の私でも失敗せずにできてよかったです。
		今回の実験は、滅多にできない実験をすることができたのでよかったです。

タンパク質合成実験、授業での実施　27 年 11 月 10 日　高橋 寛岳（アンケートの回答から転載）

日時、場所　平成 27 年11月10日（火）、名古屋市立富田高校

対象　3年理系生徒（生物選択者）22名、教員（本校・他校の初・5・10年研修者、本校理科教員など）15名

状況　46分7限授業の6限目（13：50～14：36）に実験を行い、7限終了（15：31）後に観察を行った。翌日の授業で再度観察と、まとめを行った。うまく2層に液体を分けることができなかったグループもあったが、すべてのグループでGFPやRFPの蛍光が観察できた。ただし、7限終了後すぐは蛍光が弱く、それから　30分後経ったところではしっかり観察できるまでになった。最終的にはっきりとした蛍光が観察されるまで、約2時間必要であった。

生徒・教員ともに、光ったときに感動したという感想があり、翻訳という現象に興味をもたせることに、かなり有効であったと思います。

成果　セントラルドグマ（今回は特に翻訳）についての理解が進んだ。また、大腸菌へのGFPの導入やGFPの医療への応用についての関心が高まった。

授業後に取ったアンケートの結果

（生徒への質問）　①実験操作は理解できましたか？

②実験前と比べて、セントラルドグマについて理解できましたか？

③実験前と比べて、セントラルドグマについて興味を持てましたか？

④実験操作および学習内容はこれからの勉強の参考になりますか？

※5段階のうち、5が◎、4が○、3が△（普通）。

	5	4	3	2	1
①	17（81%）	4（19.0%）	0	0	0
②	6（28.6%）	11（52.4%）	4（19.0%）	0	0
③	6（28.6%）	8（38.1%）	7（33.3%）	0	0
④	8（38.1%）	13（61.9%）	0	0	0

・操作も簡単で、実験結果もわかりやすくて楽しかった。

・赤や緑色以外の色もあると、キレイだと思った。

・暗い所で見たら、きれいで感動した。

・実験の手順が簡単で、実験の内容を理解しやすかった。

・光ることはなんとなく分かっていたが、実際に自分たちでやってみて、かすかに光ったので実験てすごいなと思いました。

・GFPやRFPで血管とかが見えると思うと、いろいろとできるようになるなと思った。良い進歩だと思った。

・普通に授業で学ぶより良かった。

・珍しい実験ができ、良い経験になった。

（教員への質問）

①翻訳実験は、セントラルドグマについて興味をもたせることに有効か？

・有　効　：生徒にとって実験自体興味持てるものであり、GFP等を扱うことができたため。

・やや有効：生命活動が化学反応の連続であるという話に持っていきやすい。

・有　効　：実際に自分の手で作業し、結果を得ることができるから。

・有　効　：GFP、RFPを翻訳するので、生徒に視覚的に訴えることができる。

②翻訳実験は、セントラルドグマを理解させることに有効か？

・やや有効：キットの実験だと、ブラックボックスのようになってしまう可能性がある。

・やや有効：興味をもつことで、理解しようという意欲をもつから。

・やや有効：液体を混ぜることと、セントラルドグマが結びつくかどうかは分かりません。r

無細胞タンパク質合成実験、理科担当者会議（生物部会）で実施　27 年 11 月 12 日　内藤 知佳（アンケートの回答から転載）

【日時、場所、対象】平成 27 年 11 月 12 日（木） ①10:30～11:10 ②12:15～12:25、
岐阜県博物館、①ハイビジョンシアター ②講堂
岐阜県内の高等学校生物教員__59 名

【目的】 ①セントラルドグマを可視化する実験とキャンプの実習内容をプレゼンテーション（パワーポイント）で紹介。
②試験管内でタンパク質が合成できることを、翻訳実験（簡易版）を実施することで理解させる。

【状況】 翻訳実験は 10 分程度で実施し、3時間後に結果を観察したところ、緑と赤の両方の蛍光が観察できた。赤の蛍光が弱かったため、わかりづらかったものもあったようだが参加者全員が蛍光を確認できた。参加者の反応はたいへん良かったという印象である。

【成果】 参加者の感想
・簡単で結果がわかりやすい実験である。
・簡単にタンパク質合成が行われる様子がわかり、良かったです。
・簡易版だったが、タンパク質が翻訳できておもしろい実験だと思った。
・貴重な体験ができた。
・こんなに簡単にセントラルドグマを確認できるなんて、信じられません。
・いよいよ高校の実験でこのような試験管内反応が出てくるのかと思いました。実施は難しいかとは思いましたが、やってみたいと思いました。
・混ぜるだけで手順は簡単だったが、生徒がやる場合にはしっかり説明しておかないと「何か混ぜたら光った」と曖昧になりそうだと思いました。
・意味をきちんと理解させることが大切だと思いました。
・結果はわかりやすいが、どこに何が入っていて蛍光タンパク質ができるのかわかりにくい。
・緑と赤で発光具合が同じに見えるといい。
・授業で実施するには、保存方法や値段の検討が必要。

SLC の紹介、教員研修会での報告　27 年 11 月 20 日　宮﨑 智憲 （ムードルへの報告）

平成27年度 高知県高等学校教育研究会理科部会
第11回理科教育研究大会開催要項

Ⅰ 目的 県内の高等学校理科教職員が一同に会し、実践発表、研究協議等を通して理科教育が抱える課題を明らかにしながら、今後の理科教育のあり方を探る。また、教職員の力量の向上に資する。

Ⅱ 期日 平成27年11月28日（土）

Ⅲ 会場 高知小津高等学校 視聴覚教室
〒780-0916 高知市城北町1-14 TEL(088)822-5270 FAX(088)823-6387

Ⅳ 主催 高知県高等学校教育研究会理科部会
後援 高知県教育委員会、高知化学会、日本物理学会四国支部、土佐生物学会、高知地学研究会、土佐教育研究会

Ⅴ 日程及び内容

12:00	12:30	12:40	13:40	13:50	15:30	15:40	16:40
	開 会 式	教育実践研究発表（2人）	休憩	教育実践研究発表（3人）	休憩	教育実践研究発表（2人）	閉会式

Ⅵ 教育実践・研究発表（発表25分質疑応答5分）

・物理「1年次における物理基礎の履修について」
山田高等学校　教諭　下村 修平

・化学「サイエンス・リーダーズ・キャンプ報告」
室戸高等学校　教諭　宮﨑 智憲

・生物「遠隔授業について（仮）」
高知追手前高等学校　教諭　寺尾 佳倫

・地学「生徒の主体的な学びについての取り組み」
高知南高等学校　教諭　池川 潤也

・第65回高知県高等学校生徒理科研究発表会 優秀賞受賞校
土佐高等学校　教諭　利岡 幸信

・「私のこれまでの理科教育実践」
城山高等学校　校長　江渕 倫將

・「これからの理科教育に期待すること」
安芸桜ヶ丘高等学校　校長　前田 信幸

説明用スライド（宮﨑　智憲）

平成27年度 サイエンス・リーダーズキャンプの報告

～ タンパク質研究の先端技術を活用した
実践型次世代生命科学教育について ～

（愛媛大学　プロテオサイエンスセンター）
2015年7月28日（火）　～　7月31日（金）の3泊4日

受講者
高知県立室戸高等学校　宮﨑智憲

発表内容

0. はじめに
1. キャンプのねらい
2. キャンプの内容
3. 成果物の報告
4. まとめ・感想

生命のセントラルドグマ　（フランシス・クリック）

DNA →（転写）mRNA →（翻訳）タンパク質
DNA →（複製）DNA

生命科学 ＝ **化学反応の組み合わせ**
体内でいろいろなタンパク質が働く → **複雑な生命現象**
遺伝子の情報 → アミノ酸の配列 → **タンパク質の性質**

参加について

（1）受講者数　21名（中学校教諭1名含む）

（2）事前課題
生命を理解するための教材または探究活動について
「生物」または「生物基礎」の実験・探究活動のプリントを作成する
→ （1日目）ポスターセッションのため

---

1. キャンプのねらい

・20世紀になり生命科学が分子レベルで解析
・医薬、農業、環境、エネルギーなど多方面へ応用
・近年は、遺伝子組み換えや先端医療が注目
↓
文理問わずに習得してもらいたい知識

---

1. キャンプのねらい
【本旨】

（1）生命を分子レベルで理解する教育プログラムの習得

（2）教育現場の実践あるいは新たな教材の開発

（3）次生代の生命科学教育の推進

---

1. キャンプのねらい

先端研究を行う大学・研究機関が分子生命学や先端技術や応用を、中高生や教員を通じて紹介することで・・・

（1）生徒たちが、生命科学のセントラルドグマを知る
（2）生命を論理的に捉えることで科学的思考能力を向上
（3）高校生の興味関心を高め、バイオ系科学希望者を増加

さらに・・・

★社会人として円全で健康な生活に役立てる
★世界をリードする優秀なバイオ系人材の輩出

---

2. キャンプの内容

合宿研修の内容（詳細なスケジュール）

1日目　7月28日（火）
12:00～ 受付/（ポスター貼り付け）
14:00～ 開講式/概要説明
14:30～ 講義「生命科学における才能教育」
15:30～ 講義「遺伝子とタンパク質ータンパク質の多様性」
16:30～ 実習「組換えタンパク質の大量発現」他
18:00～ 夕食/ポスターセッション

2. キャンプの内容

2日目　7月29日（水）
8:45～ 実習「タンパク質の試験管内合成-1：転写」
10:00～ 講義「遺伝子とタンパク質－遺伝情報の解読」
11:00～ 実習「PCRによるDNAの増幅」
13:00～ 講義「生体分子って何？」
14:00～ 実習「電気泳動によるDNAの分析」
15:00～ 実習「タンパク質の試験管内合成-2：翻訳」
16:30～ 講義「タンパク質はマラリアを無くす切り札」
17:00～ 研究センターの見学（城北キャンパス）
18:30～ 講師等との交流会（懇親会費：2000円）

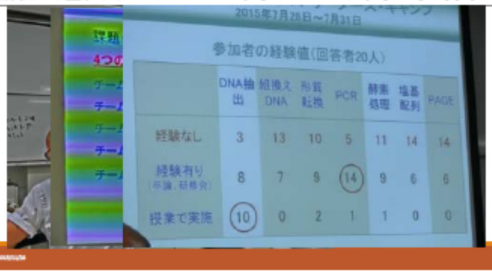
2. キャンプの内容

3日目　7月30日（木）
8:45～研究センターの見学（重信キャンパス）
13:00～ 実習「電気泳動によるタンパク質の分析」
14:00～ 講義「ヒトのタンパク質は何種類？」
15:00～ 実習「質量分析によるタンパク質の分析」
16:30～ 講義「無細胞タンパク質合成を利用した教材」

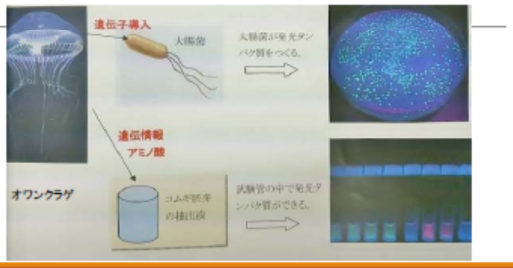
4日目　7月31日（金）
8:45～ 講義「生命って？私って？」
12:30～ 結果の考察と発表/閉講式（14:00終了）

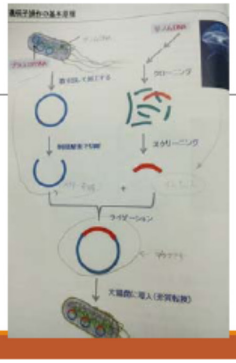
2. キャンプの内容（1日目）

講義：遺伝子とタンパク質-タンパク質の多様性



2. キャンプの内容・実験について





2. キャンプの内容（1日目）

実習：大腸菌による組換えタンパク質の大量発現

2. キャンプの内容（1日目）

ポスターセッション：生命を理解するための教材と探究活動

2. キャンプの内容（2日目）午前

実習：大腸菌による組換えタンパク質（結果観察）

2. キャンプの内容(2日目)午前

講義:遺伝子とタンパク質 - 遺伝情報の解読

2. キャンプの内容(2日目)午後

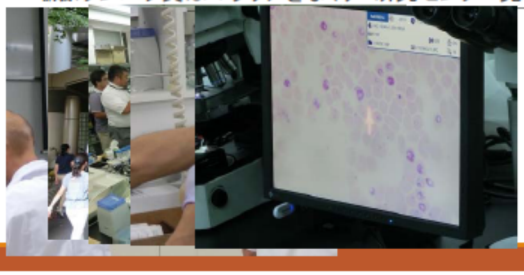
講義:PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)によるDNAの増幅

2. キャンプの内容(2日目)午後

講義:無細胞合成系によるタンパク質の合成

2. キャンプの内容(2日目)午後

講義:タンパク質はマラリアをなくす・研究センター見学

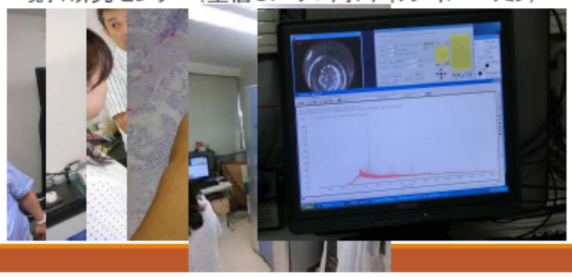


2. キャンプの内容(2日目)・おまけ

講義:無生物系タンパク質合成の結果

2. キャンプの内容(3日目)午前

見学:研究センター(重信CP・ﾌﾟﾛﾃｵﾒﾃﾞｨｼﾝ・ｲﾉﾍﾞｰｼｮﾝ)

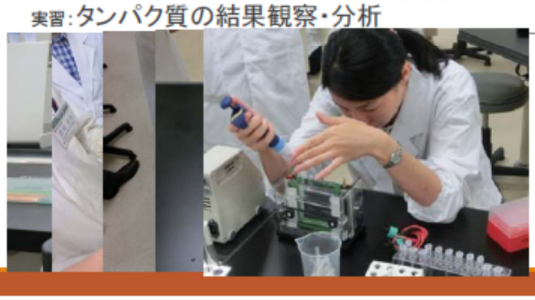


2. キャンプの内容(3日目)午前

見学:研究センター(重信CP・ﾌﾟﾛﾃｵﾒﾃﾞｨｼﾝ・ｲﾉﾍﾞｰｼｮﾝ)

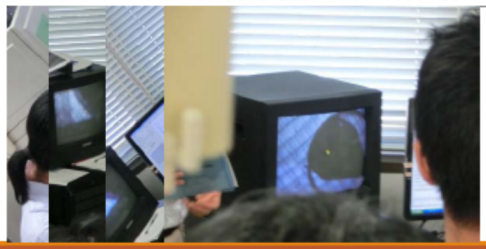
2. キャンプの内容(3日目)午前

実習:タンパク質の結果観察・分析



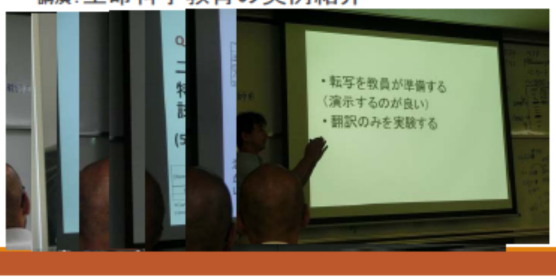
2. キャンプの内容(3日目)午後

実習:タンパク質の分析(質量分析・飛行時間型)



2. キャンプの内容(3日目)午後

講演:生命科学教育の実例紹介



2. キャンプの内容(4日目)午前

講義:生命科学から見えてくること

2. キャンプの内容(4日目)午前

発表:実験結果の解析とグループ発表

4. キャンプの内容(4日目)午後

閉講式

3. 成果物の報告 (別紙)

DNAの塩基配列と
タンパク質の特徴

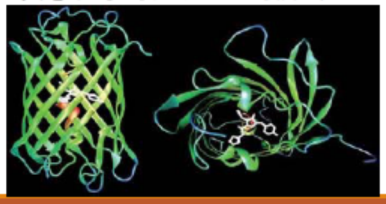
チームW

汲田憲彦(東京成徳大学中学・高校)
友松央樹(京都府立福知山高校)
宮崎智憲(高知県立室戸高校)
高田亜紀(茨城県立伊奈高校)

GFPの立体構造

・11のβシート単位が螺旋状に組織化し、発色団(白色部分)を包む形で円筒構造が組まれている。

・この筒状構造は**外部要因から発色団を守って発光効率と寿命を向上させる**、バリアー的な役割も果たしている。



4. まとめ

今回、SLCに参加して...

(1)「生命のセントラルドグマ」の捉え方

(2)「専門知識」と「本質の理解や実験の経験」

(3)「理科を学んで将来どうなるのか」に対する私なりの答え

タンパク質合成実験、授業および教員研修会での実施　27 年 11 月 24 日 （メールによる報告）

「サイエンス･リーダーズ･キャンプ　キャンプ後の取り組み」

東京成徳大学中学･高等学校　汲田憲彦

サイエンス･リーダーズ･キャンプで実習した簡易版キットによる「タンパク質の合成」の実験を①高校3年生及び②教員有志の研究会にて実施しました。

① 対象：高校3年/化学選択者

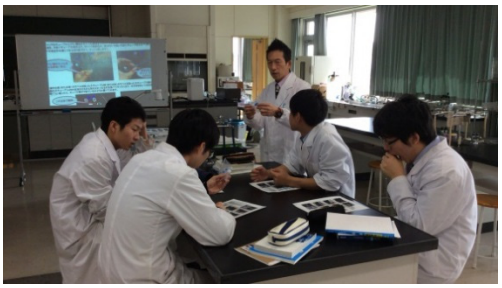
（高校1年次に「生物基礎」、高校2年次に「化学基礎」＋「化学」、一部の生徒は「生物」、他の生徒は「物理」、高校3年次に「化学」を履修）

対象生徒の履修状況		
高校1年次	高校2年次	高校3年次
生物基礎(全員履修)	化学基礎＋化学(全員履修)	化学(全員履修)
物理基礎(全員履修)	生物 物理　のうちいずれか1科目選択履修	

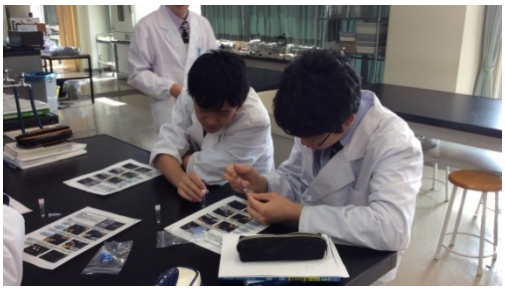
使用教材：サイエンス･リーダーズ･キャンプで使用したテキストの一部(2ページ分)を活用した。
教科書「生物基礎(東京書籍)」「生物(東京書籍)」「化学(東京書籍)」も使用した。

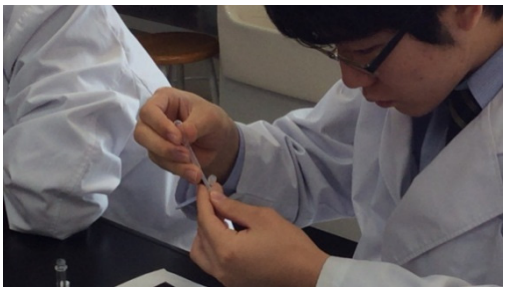
授業展開：

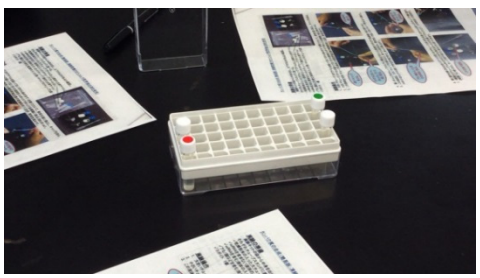
(1)最初に、SLC のプリントと教科書を活用し講義を行った。
簡単に既習内容の復習と実験の目的･方法について
質疑応答を交えながら展開した。



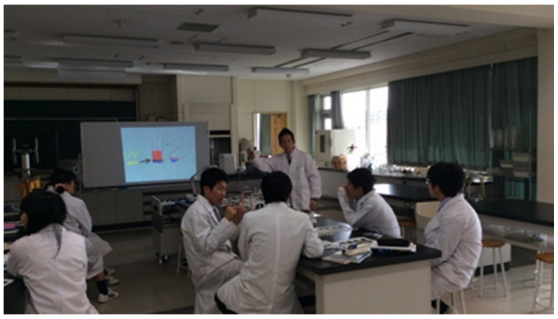
(2)その後、簡易版キットによる「タンパク質の合成」の実験を行った。



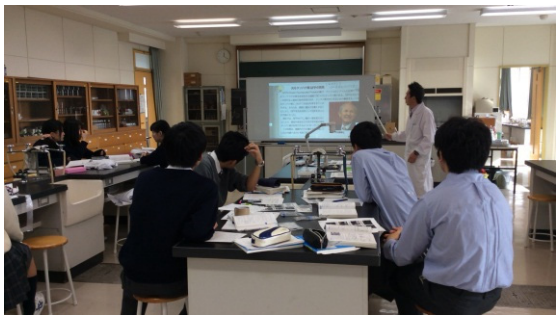




(3)実験終了後、予想される結果をグループごと話し合い、次にグループ間で意見の交換を行った。



(4)観察される結果や GFP などについて生物･化学の教科書も使用して既習事項と照らし合わせ解説した。



(5)UV を当てて観察した。
（約2時間後(左側の図 1)、２日後(右側の図 2)）

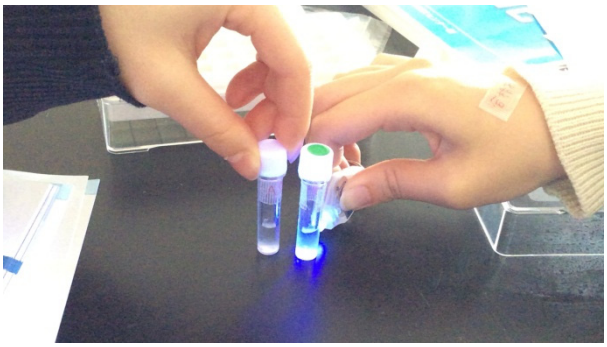


図 1　右：GFP　左：対象　（約2時間後）

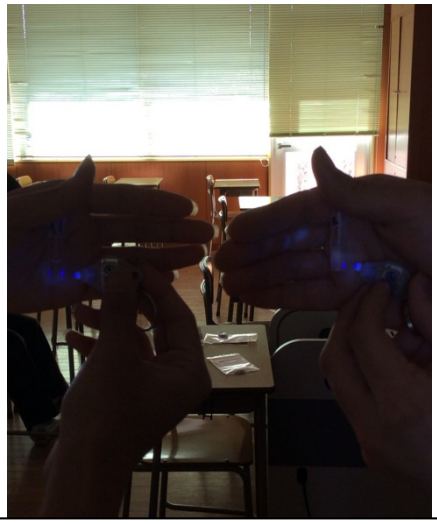


図 2　右：GFP　左：対象　（2日後）

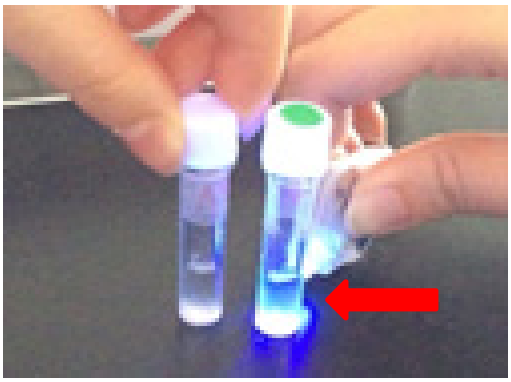


図 1’　右：GFP　左：対象　（約2時間後）

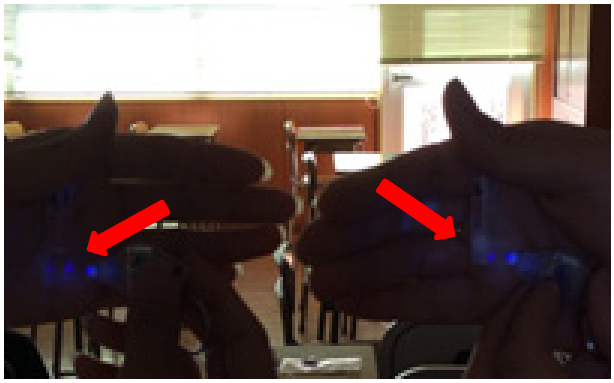


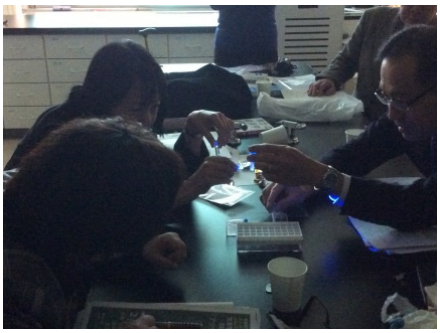
図 2’　右：GFP　左：対象　（2日後）

② 教員有志の研究会(東京創造理科同人)での実施

対象:※東京創造理科同人
(※都内の理科教員による有志の団体…月に1回集まり、各自の取り組みを紹介する)

使用教材:サイエンス・リーダーズ・キャンプで使用したテキストの一部(2ページ分)を活用した。
校内で生徒対象に行った写真も含めて簡単なパワーポイントも作成し使用した。

内容:東京創造理科同人に加入されている方々に、簡易版キットによる「タンパク質の合成」の実験を体験していただきました。

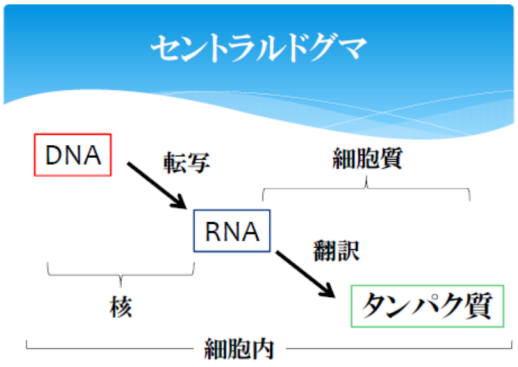


感想

普段、理論でしか説明しなかったような内容を実験することができ、しかも操作も簡単であり、概ね、好評でした。ただ、若干、見辛いなどの感想もみられました。

観察においては、長時間経過した方がはっきりと見やすくなるので、翌日にも観察をすることが良いと思われました。

解説用資料(汲田 憲彦)



無細胞タンパク質合成実験（翻訳のみの簡易版）、授業および教員研修での実施
27 年 12 月 15 日　矢澤 有希子（アンケートの回答から転載）

鳥取県立鳥取緑風高等学校　矢澤有希子

◆日時・場所：　平成 27 年 12 月 15 日（火）・16 日（水）　生徒数 8 名　教員 2 名　参加

◆実施の目的

遺伝情報からタンパク質をつくるシステム（セントラルドグマの流れ）がどの生物でも同じであることを、実際に無細胞の条件でタンパク質をつくることによって理解を深める。また、GFP を導入した遺伝子をもちいることで、遺伝子組み換え技術を身近に感じてもらうとともに、理解を深める。

◆実施の様子

実施日前日

午前中に実験キットが到着。すぐに中身を確認し、試薬類は発泡スチロール（ドライアイス入り）のままふつうの冷凍庫で保管した。

実施一日目（授業時間 14:40～15:25）

14:25 に試薬類を冷凍庫から出して解凍開始した。

参加者は、「生物」選択者 5 名（3，4年生）、「化学」選択者 3 名（3．4年生）、理科教員 1 名、非常勤講師として勤務中の大学院生（農学）1 名の計 10 名。生物選択者は、DNA の構造やタンパク質合成のしくみ、バイオテクノロジーの範囲を学習済みであるが、化学選択者はその積み上げがないので、ワークシートを配布し、まず、「タンパク質と何か？」という問いかけからスタートした。生物選択者が、「遺伝情報によってつくられるもの」と発言したのに対し、化学選択者は「アミノ酸が多数つながったもの」と答え、その対比がおもしろかった。その後、生物の細胞でタンパク質はどうやってつくられるのか、という具体的な説明を行い、今回行う無細胞でのタンパク質合成についても説明をした。その後、実験 DVD を通して一度視聴した（アミノ酸溶液を重層するところまで）。その後、実験キットを配布し、ステップごとに確認しながら実験を進めた。アミノ酸溶液の重層は、思っていた以上に生徒はスムーズに行えていた。全員が操作を完了してちょうど授業終了となった。

一時間半後に確認すると、ぼんやりと蛍光が確認できた。理科準備室で常温保管した。

実施二日目（授業時間 14:40～15:25）

前日のキットを個人へ返し、蛍光を発するか確認をした。普段おとなしい生徒たちも、「あっ光った！」「赤いのも見せて」と自然と交流しながら結果を見比べていた。

その後、片方のチューブで蛍光が確認できなかった理由として考えられることを挙げてもらった。もう一度実験 DVD を視聴しながら用いた薬品の確認をして、遺伝子組み換え技術についても触れた。

細胞内で行われているタンパク質合成が自分たちの操作によって簡単に行われたこと、大腸菌・オワンクラゲ・コムギでは遺伝情報からタンパク質がつくられるシステムが共通していることをもう一度確認し、GFP や、遺伝子組み換え技術の利便性や問題点についてプリントと DVD 視聴によって理解を深めた。

大学等への進学者がいない講座での授業であり、なるべく簡潔に、わかりやすく行うことを心がけた。実験操作の説明動画は、とてもわかりやすく、生徒にも好評である。文字を追うことが苦手な生徒でも、手順を間違えず、完璧に操作できた。

◆実施の成果

アンケート結果（生徒 8 名）

試験管内でのタンパク質合成実験について

実験操作は理解できましたか？

□よくわかった（6）　□少しわかった（2）　□あまりわからなかった（0）　□全くわからなかった（0）

コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：

分かりやすい実験だった／簡単にできた／とてもよくわかった／シンプルな手順でビデオ再生があったのでわかりやすかった／操作は意外と簡単だった／タンパク質の話は詳しく授業でならったが、実際にタンパク質というものが見れてよかった

実験で観察した生命現象は理解できましたか？

□よくわかった（2）　□少しわかった（6）　□あまりわからなかった（0）　□全くわからなかった（0）

コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：

蛍光タンパク質を入れると光るということ／タンパク質というものがなんなのかわかった

実験操作および学習内容に興味がありますか？

□とてもある（3）　□少しある（4）　□あまりない（1）　□全くない

コメント（特に興味を持った内容など）：

サンゴにも蛍光タンパク質があるということ／色がついたこと

実験操作および学習内容はこれからの勉強や研究の参考になりますか？

□とても役に立つ（1）　□少し役に立つ（5）　□あまり役に立たない（2）　□全く役に立たない

コメント（特に役に立ちそうな内容など）:

遺伝情報の伝達システムが同じということ／生命の一部分が分かった／遺伝子というものに興味がわいた

教員研修用アンケート（2 名）

①勤務　高等学校（大学院生）　担当科目　生物

授業に関して

1. 講義の進行、難易度・・・丁度よい
2. 以下の内容に興味がありますか？

生命現象全般	□とてもある
タンパク質の働き	□とてもある
DAN（遺伝子）の働き	□とてもある
遺伝子組み換え技術	□とてもある
無細胞タンパク質合成系	□少しある

3. セントラルドグマの内容は教えられますか？・・・確実にできる
4. 講義内容の利用の可能性（将来授業で扱ってみたいと思いますか）・・・是非扱ってみたい

理由：簡単な操作方法で生徒も扱いやすいと感じたから

実験について

1. 実験操作は理解できましたか？・・・よくわかった

コメント（よかった、あるいはわかりにくかった操作など）：動画で解説を見ることができたから

2. 実験で観察した生命現象は理解できましたか？・・・よくわかった
3. 実験の内容に興味がありますか？・・とてもある
4. 今回のような実験を将来授業で行ってみたいと思いますか？・・・是非行ってみたい

その他、全体的な感想、意見、提案など

簡単な操作方法で生徒も扱いやすく、また蛍光発色が容易に確認できたため、生徒も興味関心を持って取り組むことができたと思う。キットの価格と内容が充実していれば、授業に導入することも可能（しやすくなる）になるのではと思う。常温で実験ができるというのが一番の利点であったと思う。

②勤務　高等学校　担当科目　化学

授業に関して

1. 講義の進行、難易度・・・丁度よい、少しやさしい
2. 以下の内容に興味がありますか？

生命現象全般	□少しある
タンパク質の働き	□あまりない
DAN（遺伝子）の働き	□少しある
遺伝子組み換え技術	□とてもある
無細胞タンパク質合成系	□少しある

3. セントラルドグマの内容は教えられますか？・・・たぶんできる
4. 講義内容の利用の可能性（将来授業で扱ってみたいと思いますか）・・・できれば扱ってみたい

理由：使用できる値段設定であれば使いたいが少し高価

実験について

1. 実験操作は理解できましたか？・・・よくわかった
2. 実験で観察した生命現象は理解できましたか？・・・少しわかった
3. 実験の内容に興味がありますか？・・少しある

コメント（特に興味を持った内容など）：タンパク質が合成できたかの確認が必要？
ルシフェリンの発光との差がわからない。

4. 今回のような実験を将来授業で行ってみたいと思いますか？・・・できれば行ってみたい

無細胞タンパク質合成実験、授業の実施　28 年 1 月 26 日　久冨　伸一郎（メールでの報告）

SSI 生物 学習指導案

1)　日時

平成 28 年 1 月 26 日(火曜日) 2 限目

2)　対象

理数科 1 年 SSI 生物選択者（生徒数 13 名）

3) 本時展開

(1)題材

遺伝子の発現

(2)指導目標

実験・考察を通して遺伝子の発現の仕組みを理解する。

試料が小さく、また反応の途中経過も不可視であるため、実験内容の考察及び結果の予想を通して、反応について具体的に思考し理解する。

無細胞合成系を用いることで安全に実験を行うことができることを知る。

(3)教材

転写・翻訳実験キット＆消耗品セット

「遺伝情報～タンパク質を合成」（株式会社セルフリーサイエンス）

(4)学習の展開

時間	指導項目	学習内容及び活動	指導上の留意点
導入 10 分	遺伝子の発現の流れについて確認する。	・ワークシートを用いて転写・翻訳・セントラルドグマについて確認をする。	・各用語の意味及び順序についてきちんと確認をさせる。
展開 35 分	実験	・GFP の遺伝子を用いて実験を行うこと及び GFP のはたらきについて知る。 ・実験①～④の手順の確認及び結果の予想をする。 実験①…転写(DNA と RNA 合成酵素) 実験②…RNA の確認(RNA 蛍光試薬) 実験③…翻訳(小麦胚芽抽出液とアミノ酸溶液) 実験④…GFP の確認(ブラックライト) ・実験①を行う。	・用いる試薬から各実験で起こる反応を予測させる。 ・試薬が非常に微量であるため丁寧に操作するよう指導する。
まとめ 5 分	本時の内容及び今後の予定の確認	・本時の学習内容の確認をする。 ・無細胞タンパク質合成系について確認する。 ・実験②～④の予定について確認する。	・大腸菌などの細胞を用いた場合との違いを説明する。 ・実験②～④を行う時間帯及び操作について確認する。

生徒用ワークシートおよび実験の様子 （久冨　伸一郎）

遺伝子の発現

○遺伝子発現の流れ

遺伝子の本体は（ア　　）の（イ　　）である。遺伝子が発現する際にはまず（ア）の（イ）に（ウ　　）な（エ　　）を作る。この過程を（オ　　）という。また、（エ）の（イ）を（カ　　）という。次に、（カ）に応じて（キ　　）を結合させて（ク　　）を作る。この過程を（ケ　　）という。遺伝子は（ア）から、（オ）、（ケ）によって（ク）を作ることで発現する。この一連の流れを（コ　　）という。

○GFP　＝　緑色蛍光タンパク質（Green Fluorescent Protein）

下村脩によって発見されたオワンクラゲがもつ蛍光タンパク質。

紫外線を当てると緑色の蛍光を発する。

実験①

1）マイクロチューブを3本（A,B,C）用意し，下表のように溶液を混合する。各マイクロチューブに1A①（班名、チューブ名、実験番号）のように記入する。

溶液	A	B	C
1　蒸留水	8　μL	8　μL	10　μL
2　反応用緩衝液	4　μL	4　μL	4　μL
3　リボヌクレオチド溶液	2　μL	2　μL	2　μL
4　RNA分解酵素	0　μL	2　μL	0　μL
5　RNA分解酵素阻害剤	2　μL	0　μL	2　μL
6　RNA合成酵素	2　μL	2　μL	2　μL
7　プラスミドDNA	2　μL	2　μL	0　μL
計	20　μL	20　μL	20　μL

2）37℃で4時間，インキュベーターで反応させる。

予想　実験①では（　　）＝（　　）が行われる。

	DNA	RNA合成酵素	RNA分解酵素	RNA分解酵素阻害剤	（　　）
A					
B					
C					

理由　A　（　　）

B　（　　）

C　（　　）

実験②

1）「8 RNA 蛍光試薬」198 μL が入ったマイクロチューブ3本（番号を記入する）に，実験①の A ～ C の反応液をそれぞれ 2 μL ずつ加え，よく混合する。

2）暗所で各マイクロチューブに青色 LED の光を当て，オレンジフィルターを透して観察する。RNA が合成されていれば強く蛍光する。

実験③

1）マイクロチューブ2本（番号記入）に「9コムギ胚芽抽出液」10 μL を分注し，実験①の反応液 A，C 10 μL をそれぞれに加えて，穏やかに混合する。

2）「10アミノ酸溶液」200 μL が入ったバイアル瓶2本の蓋と容器上部それぞれに番号(A，C）を油性ペンで記入する。

3）1）の溶液 A と溶液 C をそれぞれ 2）のバイアル瓶下部からゆっくり加え，混ぜないように二層にする。蓋を閉め，常温で1～3時間反応させる。

実験④

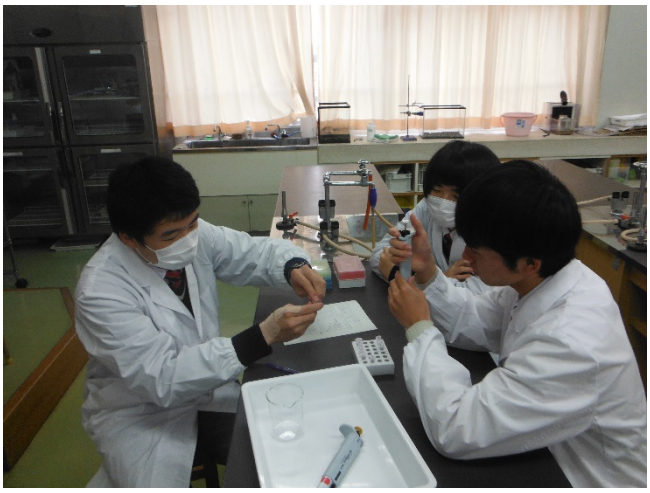
1）実験③のバイアル瓶にブラックライトを横から当て観察する。タンパク質（GFP）が合成されていれば緑色に蛍光する。

予想

	実験②　蛍光		実験③（　　）		実験④　蛍光	
	予想	結果	予想	結果	予想	結果
A						
B						
C						

まとめ・感想

年　　組　　号　氏名



無細胞タンパク質合成実験、授業での実施　28 年 1 月 28 日　廣田　理史 （ムードルへの報告）

理科（生物）学習指導案　　島根県立津和野高等学校　教諭　廣田　理史

1. 日時:　平成28年1月28日（木）2限、7限
2. 教科:　生物
3. 対象:　島根県立津和野高等学校　2年　普通科　理系　（男子1名　女子3名）
4. 場所:　島根県立津和野高等学校　生物実験室
5. 使用教材:　教科書　数研出版　生物　図説　数研出版　生物図録　ipad（各自でまとめる際に使用する）
6. 単元:　遺伝情報の発現　バイオテクノロジー
7. 学習の基盤

（1）生徒観

意欲的に授業に取り組むことができる生徒が多い。人数も少ないということで、一人一人に対して細かい指導ができ、生徒の状況を常に把握しながら授業することができる。

（2）教材観

合成させるGFPは下村　脩氏がオワンクラゲから発見した蛍光タンパク質である。同氏はこの功績で2008年にノーベル化学賞を受賞している。現在は、このタンパク質の遺伝情報も解析されており、がん細胞の発見や調べたい遺伝子の確認時に使用されている。

この実験の特徴である蛍光タンパク質を遺伝情報から合成させ、セントラルドグマを視覚化することができる点、コムギ胚芽を使用してGFPを無細胞で合成させる点、以上の2点を使ってセントラルドグマの理解度を高めたい。

（3）指導観

本来、視覚化することのできないセントラルドグマを、GFPを用いて視覚化し理解度を高めると共に興味関心を深めたい。また、なぜコムギ胚芽を加えることで、無細胞でタンパク質合成ができるかを考えさせセントラルドグマの一連の流れを理解させたい。

8. 本時の学習指導

（1）目標

① 実験操作を正確にし、無細胞タンパク質合成を成功させる。
② GFPに触れることを通して、遺伝情報の発現について興味関心を高める。
③ セントラルドグマを実験を通して理解する。
④ ロイロノートを使って学んだ内容をまとめる。

（2）本時の評価基準

① 正確な実験操作を行い、GFPを合成できたか。
② GFPに触れることで、遺伝情報の発現について興味関心を高めることができたか。
③ セントラルドグマの一連の流れおよびその中で関わっている酵素、細胞小器官等について理解できたか。
④ ロイロノートを使って学んだ内容をまとめることで、学びの理解を深めることができたか。

（3）展開

学習活動	具体的な活動内容	評価基準・評価方法
【2限目】 導入（20分） ◆ 本時の目標の理解	・セントラルドグマの復習　簡単な問題を使って行う。 ・ロイロノートの使用方法を説明する。	・答え合わせを行い、理解度を確認する。
展開①（25分） ◆ 実験に用いる薬品の説明 ◆ 実験の実施	・それぞれの容器に入っている物質について説明し、何のために用いるか確認する。 ・実験方法の説明を映像で見せる。 ◆ 薬品の中に入っている物質をセントラルドグマと関連させて理解させる。 ・実験手順に従って薬品を混ぜ合わせる。	・手順、方法等が正確に行われているか１人１人確認する。
【7限目】 展開②（25分）	・実験方法の説明を映像で見せる。 ・セントラルドグマの確認　ブラックライトを試験管に当て発光の状況を確認する。 ・GFPの活用方法について確認する。	・GFPが合成されているか確認する。
まとめ（20分）	・iPad のロイロノートを使ってまとめさせる。	

実験用ワークシートと実験の様子 （廣田　理史）

1. 実験材料

① コムギ胚芽抽出液の乾燥粉末　→ 大きいチューブ
② mRNA（ラベルなしmRNA含まない　ラベルありmRNA含む）　→ 小さいチューブ
③ アミノ酸　→ 青いキャップのチューブ

2. 実験方法

1. 大きいチューブ（ラベルの貼っていない方から始める）を軽くたたいて、粉末を落とし、キャップを取る。
2. 小さいチューブ（ラベルの貼っていない方）の液体をスポイトでゆっくり全部吸い取る。
3. この液体を大きいチューブの粉末（コムギ胚芽抽出液の乾燥粉末）に注ぎ、粉末を溶かす。
4. 青いキャップのチューブからアミノ酸の入った溶液をスポイトで全部吸い取る。
5. この溶液を、大きいチューブの液の上に、ゆっくり注ぎ込み、混ぜないでおいておく。
   ◆ 1～5の手順をラベルのついたもので行う。
6. 2種類の大きいチューブをラックに立てて2時間ぐらいおいておく。その後光を当てタンパク質の合成状況を確認します。

3. 結果

	コムギ胚芽粉末	mRNA	アミノ酸	発光の有無（GFPの合成の有無）
ラベルあり				
ラベルなし				

◆ 加えたものについては表中に〇をつけ、発光の有無について記入しなさい。

4. 考察

1. コムギ胚芽抽出液の粉末、mRNA、アミノ酸等は低温保存する必要がある。なぜ、低温保存する必要があるのか書きなさい。

_____

_____

2. セントラルドグマに必要な①細胞小器官、②核酸、③酵素、④物質名をそれぞれ答えなさい。また、それぞれがどの試験管に入っていたか答えなさい。

① 細胞小器官 → _____ 試験管 _____
② 核酸 → _____ 試験管 _____
③ 酵素 → _____ 試験管 _____
④ 物質名→ _____ 試験管 _____

3. ラベルあり、なしの試験管の発光が結果のようになった理由を答えなさい。

_____

_____

_____

_____

4. GFPの活用方法を書きなさい。

_____

_____

_____

_____

5. 感想

_____

_____

_____

_____

_____

_____

DNA 抽出実験、授業での実施　28 年 1 月　廣田　理史（ムードルへの報告）

生徒用資料および実施の様子

1 年生生物基礎の授業の中でDNAの抽出および確認実験を行いました。このDNAの確認方法は、島根県の教員研修の中で高崎健康福祉大学の片山先生から教えていただいたものです。このたびの生徒実験は片山先生の実験方法を参考にさせていただき、ブロッコリーとバナナを用いてDNAを抽出し、抽出されたものがDNAか確認しました。確認方法は、ONE　dsDNA　Dyeを用いての蛍光の有無で行いました。ブロッコリーは蛍光の様子が見られましたが、バナナでは見られず、バナナから抽出されたものの中にはDNAが多く含まれていないことが分かりました。蛍光の様子は明確で、生徒にも大きなインパクトを与えることができたように思います。

DNAの抽出実験

実験方法Ⅰ

① 台所用洗剤5ml、食塩3gに水を加え100mlにする。
② ブロッコリー花芽およびバナナ5g程度をはさみで切り落とす。
③ すり鉢ですりつぶす。
④ DNA抽出用液20mlを加え、ゆっくり混ぜる。
⑤ 茶こしをビーカーの上において、ろ過する。
⑥ エタノール20mlをゆっくり注ぐ。

実験方法Ⅱ

① ピンセットでDNAを少量つまみ、DNA蛍光試薬の入ったマイクロチューブに入れる。
② 青色LEDの光を当て、オレンジフィルターを透して観察する。DNAがあれば強く蛍光する。

考察

① 台所用洗剤を加えた理由を書きなさい。

② 食塩を加える理由を書きなさい。

③ エタノールを加える理由を答えなさい。

④ DNAは細胞内のどこに存在しているか答えなさい。

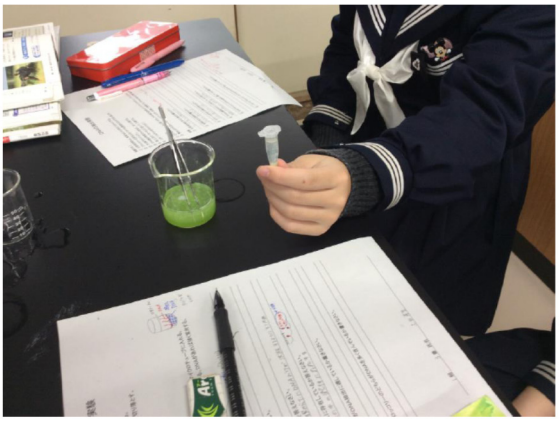
⑤ なぜブロッコリーがDNA抽出に適しているか書きなさい。

⑥ バナナとブロッコリーのどちらがDNAを多く含んでいるか書きなさい。

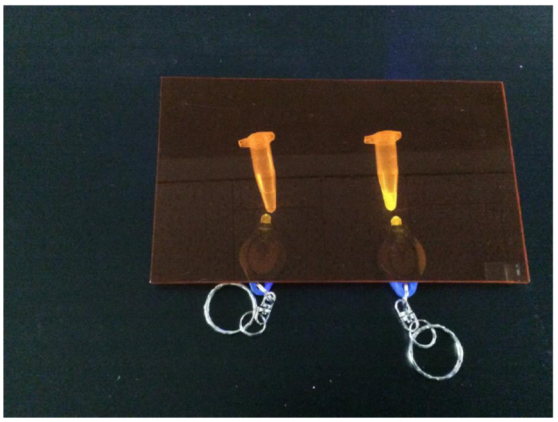
組　　番　氏名

DNA抽出の様子１

DNA抽出の様子２



DNAの蛍光の様子



◆ 右がブロッコリー左がバナナ

26 年度受講者による取り組み、タンパク質合成実験、授業での実施　12 月 28 日　柳沢　温郷

2015-平成27年度サイエンスリーダーズキャンプ【正課外】

あなたは HAYASHI Hidenori としてログインしています (ログアウト)

Home ▶ マイコース ▶ 【過年度閲覧許可】 ▶ その他 ▶ 2015-scienceleaderscamp ▶ トピック1　キャンプ後の取り組み ▶ キャンプ後の取り組み(授業実施、事例紹介など)(2015) ▶ GFP合成実験

キャンプ後の取り組み(授業実施、事例紹介など)(2015)

フォーラムを検索する

返信をネスト表示する

このディスカッションを移動する ...　移動

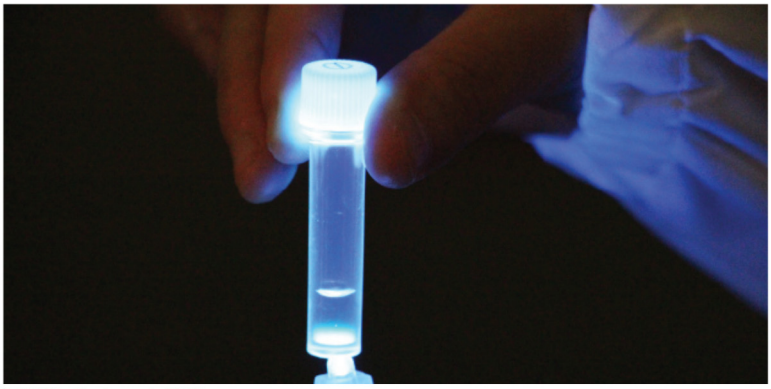
GFP合成実験

2015年 12月 28日(月曜日) 17:15 - YANAGISAWA Harukuni の投稿

アンケート集計.pdf

広島県安田女子中学高等学校の柳沢です。

12月26日(土)に本校生徒(11名)と広島国泰寺高校の生徒(4名)合計15名を対象に、GFPタンパク質の合成実験を行いました。今回は本校と国泰寺の卒業生2名の愛媛大学の学生をTAとして招聘しました。昨年度に引き続き2回目の実施ですが、今年は昨年度よりもセントラルドグマについての理解度が高く、実験の効果は高いように感じました。また昨年よりも実験管理を厳密にしたおかげで、すべての班(8班)が時間内にGFPを確認することができました。



生命科学アンケート集計

日　時　12月26日（土）　9：00～16：30
午前：マイクロピペットの操作練習
転写反応　　講義
午後：翻訳反応　　実験のまとめ

指導者：柳沢温郷　　新宮　興（安田女子）
参加者：安田女子高校：11名（高校1年生）　広島国泰寺高校：4名（高校1年生）
合計：15名
TA：愛媛大学：2名（安田女子高校と広島国泰寺高校の卒業生）

（1）GFPタンパク質合成実験では、生命科学について興味がもてた。
（2）セントラルドグマについて、理解が深まった。
（3）光の実験では、理科について興味がもてた。
（4）電子顕微鏡の観察では、理科について興味がもてた。
（5）実験全体を通じて、有意義だった。

①よくあてはまる　②あてはまる　③あまりあてはまらない　④まったくあてはまらない

	①	②	③	④
（1）	12	3		
（2）	11	4		
（3）	12	3		
（4）	13	2		
（5）	15			

自由記述から
- 来年もしてほしい。知識も深まって有意義でした。　（安田）
- マイクロピペットは初めてだったのでピペッティングもよくわからなかったけど、今回で使い方もわかって、これからは堂々と使えるようになりました。　（国泰寺）
- 理解があいまいだったセントラルドグマの仕組みがより一層理解できた。　（国泰寺）
- 試薬を入れた時は何を入れたかわからなかったが、説明を受けて、成り行きがわかってよかった。（安田）
- 国泰寺には電子顕微鏡がないので、電子顕微鏡で花粉や昆虫を見るという貴重な体験ができた。（国泰寺）
- 事前学習をしてこなかったので、勉強してくれば良かったと思いました。この冬休みにDNAについて調べてみようと思います。今何をしているのかがわかって、実験が楽しかったです。　（安田）
- セントラルドグマなどは一度習ったことのあるものだ。だけれどもう一度授業を受けて、実際にやってみることにより理解することができたと思います。　（安田）

ウ. アンケート

キャンプ実施に関するアンケート、JST実施分　　⇒本報告書 131～138ページ

JSTが実施したアンケートの設問は大きく分けてキャンプの日程、会場など実施形態に関するものと実施プログラムの内容および達成状況に関する全般的な質問である。後者の結果については「エ. 業務の目的及びプログラムの目標の達成状況（本報告書 157～170ページ）」において述べる。

会場、施設、機器等に関しては、問11.(2)～(5)に対しては、いずれも強い肯定が70%以上であり、ほぼ問題なかったと考える。キャンプの運営面については、問12.(1)、(2)、(5)、(6)は肯定がほぼ70%以上であり、スタッフからの連絡や、スタッフのサポート体制には問題がなかったと考える。一方問12.(3)「会期中のプログラム運営や進行は円滑だったか」、(4)「プログラムの時間設定は無理なく適切だった」に関しては強い肯定はそれぞれ53、26%であり、5機関全体の平均より低かった。1日目の実験、ポスター発表の進行、3日目の事例紹介などが予定通り進まず、食事の時間などを変更したことが一因と思われる。ただ否定の割合はそれぞれ10%と0%と非常に低く、昨年度よりも大幅に減少していた。受講者自身も内容の多さからして多少の進行の遅れは致し方ないと感じたのかもしれない。

自由記述などには

- **実施するプログラムが多く、学んだことを消化しにくかった。時間的余裕が欲しい。**
- **発表についてまとめる時間がもう少しほしい。**
- **ちょっと慌しかったので、もう少しゆとりのあるスケジュールを！！**

のように時間的ゆとりが足りなかったとする意見もあった一方で、

- **時間的にこれぐらい忙しいほうが良いと思います。充実しますので。**
- **内容が多くすぐに消化しきれないものもあったが、たいへん充実した4日間であった。**
- **4日間、実験のことをずっと考えられて幸せでした。**
- **予定通り進まなかった所もありますが、大変有意義な企画であると思います。**

といった感想もみられ、限られた時間の中での、忙しいながらも充実した内容であったと感じた受講者も多かったように思う。

今年度はムードルへのアクセスを事前にトレーニングしたこと、および重信キャンパスの見学を宿舎から直接行ったことによって、多少時間的ゆとりを作れたとは思っていたが、熱心な討論や実験中の質問などで結果的には予想外に時間のかかったプログラムもあった。

来年度は

- **実験操作については、事前にプロトコール（配布テキスト）をいただければ、時間をかけて予習することができるので、 より深い理解ができると思う。**

といった意見などを参考として、内容を減らすことなく、さらに効率的な進行を検討したい。

キャンプ実施に関するアンケート、愛媛大学実施分　⇒本報告書 139～156ページ

本学が実施したアンケートの設問（質問事項は 139～142ページに掲載）はプログラム中の個々の実験及び講義に対するものであり、結果については「エ. 業務の目的及びプログラムの目標の達成状況（本報告書 157～170ページ）」において述べる。

H27サイエンス・リーダーズ・キャンプ　受講者アンケート集計表（愛媛大学　選択式）

※：特に値が高いものには◎、他機関よりかなり高いものに↑、かなり低いものに↓を付した。

	愛媛大学		全機関	
	計（人）	割合	割合	
問1.あなたが今回のキャンプに申し込んだ理由は何ですか。あてはまるものすべてに○をつけてください。（複数選択有）				
1　教育委員会から参加を勧められた	8	30.8%	25.2%	
2 上司（校長、教頭など）に参加を勧められた	11	42.3%	35.3%	
3 同僚に参加を勧められた	0	0.0%	3.6%	
4 上記1～3以外の教育関係者等に受講を勧められたから	0	0.0%	1.4%	
5 指導技能や知識を高めるため自ら受講を希望した	7	26.9%	32.4%	
6 その他	0	0.0%	2.2%	
問1-2. ＜問1で5を選択した人のみお答えください＞ 今回のキャンプの受講者募集を知ったのは次のどれですか。あてはまるものすべてに○をつけてください。（複数選択有）				
1 JSTのホームページ	2	16.7%	14.8%	
2 理科ねっとわーくメルマガ	1	8.3%	8.2%	
3 教育委員会からの案内	4	33.3%	44.3%	
4 学校内での案内	3	25.0%	23.0%	
5 教育関連団体からの案内	2	16.7%	6.6%	
6 その他	0	0.0%	3.3%	
問3　今回のキャンプには以下の4つの大きな目的があります。キャンプを受講するに際して、あなたは、それぞれの目的についてどの程度期待をしていましたか。各項目について1～4の中からあてはまる1つに○をつけてください。				
（1）最先端の科学技術を体感し、理数系教員としての素養を高める				
とても期待していた	16	100.0%	87.9%	◎
ある程度期待していた	0	0.0%	12.1%	
あまり期待していなかった	0	0.0%	0.0%	
まったく期待していなかった	0	0.0%	0.0%	
（2）理数系に興味関心をもつ生徒に対する指導力を高める。				
とても期待していた	13	68.4%	64.0%	
ある程度期待していた	6	31.6%	34.0%	
あまり期待していなかった	0	0.0%	2.0%	
まったく期待していなかった	0	0.0%	0.0%	
（3）地域における理数教育を担うリーダーとしての意識を高める。				
とても期待していた	6	31.6%	25.2%	
ある程度期待していた	12	63.2%	47.7%	
あまり期待していなかった	1	5.3%	23.4%	
まったく期待していなかった	0	0.0%	3.7%	
（4）他の教員等との交流・ネットワーク作り				
とても期待していた	11	57.9%	54.0%	
ある程度期待していた	7	36.8%	40.0%	
あまり期待していなかった	1	5.3%	6.0%	
まったく期待していなかった	0	0.0%	0.0%	
問4　今回あなたが受講されたキャンプのプログラムのそれぞれについて、難易度をどのように感じられましたか。各内容についてあてはまるもの一つに○をつけてください。				
（1）最先端の科学技術に関する内容				
難しい	1	5.3%	8.0%	
やや難しい	13	68.4%	41.0%	
ちょうど良い	5	26.3%	49.0%	
やや易しい	0	0.0%	2.0%	
易しい	0	0.0%	0.0%	
（2）効果的な指導法に関する内容				
難しい	1	5.3%	3.0%	
やや難しい	6	31.6%	21.0%	
ちょうど良い	12	63.2%	72.0%	
やや易しい	0	0.0%	4.0%	
易しい	0	0.0%	0.0%	
（3）実験方法・実験技術・機器の使用法等				
難しい	1	5.3%	2.8%	
やや難しい	7	36.8%	27.4%	
ちょうど良い	11	57.9%	66.0%	
やや易しい	0	0.0%	3.8%	
易しい	0	0.0%	0.0%	
（4）ディスカッション・グループワーク・発表等				
難しい	1	5.3%	0.9%	
やや難しい	5	26.3%	16.8%	
ちょうど良い	13	68.4%	78.5%	
やや易しい	0	0.0%	3.7%	
易しい	0	0.0%	0.0%	

H27サイエンス・リーダーズ・キャンプ　受講者アンケート集計表（愛媛大学　選択式）

※：特に値が高いものには◎、他機関よりかなり高いものに↑、かなり低いものに↓を付した。　※

	愛媛大学		全機関	
	計（人）	割合	割合	
（5）プログラム全体について				
難しい	2	10.5%	1.9%	
やや難しい	7	36.8%	21.7%	
ちょうど良い	10	52.6%	76.4%	
やや易しい	0	0.0%	0.0%	
易しい	0	0.0%	0.0%	

問5　今回のキャンプで最も良かったプログラム内容を教えて下さい（自由記述より・複数選択有）

【愛媛大学】

【1日目】～【4日目】実験・実習全般	1	5.3%		
【1日目】 講義「生命科学における才能教育」	0	0.0%		
【1日目】 講義「遺伝子とタンパク質ータンパク質の多様性」	1	5.3%		
【1日目】 実習「大腸菌による組換えタンパク質の大量発現」	0	0.0%		
【2日目】 実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成ー1：転写」	11	57.9%		◎
【2日目】 講義「遺伝子とタンパク質ー遺伝情報の解読」	0	0.0%		
【2日目】 実習「PCRによるDNAの増幅」	0	0.0%		
【2日目】 講義「生体分子って何？」	0	0.0%		
【2日目】 実習「電子泳動によるDNAの分析」	0	0.0%		
【2日目】 実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成ー2：翻訳」	10	52.6%		◎
【2日目】 講義「タンパク質はマラリアを無くす切り札」及び研究センターの見学	0	0.0%		
【3日目】 研究センター（重信キャンパス、プロテオディシン領域、プロテオイノベーション領域）の見学	4	21.1%		
【3日目】 実習「電気泳動によるタンパク質の分析」	0	0.0%		
【3日目】 講義「ヒトのタンパク質は何種類？」	0	0.0%		
【3日目】 講義「無細胞タンパク質合成実験の高等学校「生物」への導入」および生命科学教育の事	0	0.0%		
【4日目】 講義「生命って？私って？」	0	0.0%		
【4日目】 結果の考察と発表	1	5.3%		

問6　あなたは今回のキャンプを受講して、次のような点はどの程度あてはまりますか。各項目につい

（1）最先端の科学技術を体感し、理数系教員としての素養を高めることができた。

あてはまる	15	78.9%	72.0%	◎
どちらかとあてはまる	2	10.5%	26.0%	
どちらかといえばあてはまらない	2	10.5%	2.0%	
あてはまらない	0	0.0%	0.0%	

（2）才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導法を習得することができた。

あてはまる	6	31.6%	29.0%
どちらかとあてはまる	10	52.6%	60.0%
どちらかといえばあてはまらない	3	15.8%	10.0%
あてはまらない	0	0.0%	1.0%

（3）地域における理数教育を担うリーダーとしての意識を高めることができた。

あてはまる	4	21.1%	28.7%
どちらかとあてはまる	12	63.2%	58.4%
どちらかといえばあてはまらない	3	15.8%	11.9%
あてはまらない	0	0.0%	1.0%

（4）他の教員等との交流・ネットワークをつくることができた。

あてはまる	12	63.2%	73.0%
どちらかとあてはまる	7	36.8%	27.0%
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	0.0%
あてはまらない	0	0.0%	0.0%

（5）日々の教育活動の中で活かすことができる成果を得ることができた。

あてはまる	11	57.9%	61.0%
どちらかとあてはまる	7	36.8%	35.0%
どちらかといえばあてはまらない	1	5.3%	4.0%
あてはまらない	0	0.0%	0.0%

（6）キャンプ受講の目的を達成することができた。

あてはまる	10	52.6%	69.7%
どちらかとあてはまる	6	31.6%	26.3%
どちらかといえばあてはまらない	2	10.5%	3.0%
あてはまらない	1	5.3%	1.0%

H27サイエンス・リーダーズ・キャンプ　受講者アンケート集計表（愛媛大学　選択式）

※：特に値が高いものには◎、他機関よりかなり高いものに↑、かなり低いものに↓を付した。

	愛媛大学		全機関	
	計（人）	割合	割合	
問／　あなたは今回のキャンプを受講して、次のような点はどの程度有意義だったと感じますか。各項目についてあてはまるもの1つに○をつけてください。				※
（1）最先端の科学技術を体感し実生活との係わりを知ることができたこと				
有意義だった	15	78.9%	75.0%	◎
ある程度有意義だった	3	15.8%	23.0%	
あまり有意義でなかった	1	5.3%	2.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
（2）高度な機器や設備を扱い研究現場の実際を知ることができたこと				
有意義だった	16	84.2%	84.0%	◎
ある程度有意義だった	2	10.5%	14.0%	
あまり有意義でなかった	1	5.3%	2.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
（3）科学に関する新しい知識を得ることができたこと				
有意義だった	15	78.9%	81.0%	◎
ある程度有意義だった	3	15.8%	17.0%	
あまり有意義でなかった	1	5.3%	2.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
（4）最先端の科学における学際的、領域複合的な視点や科学の倫理的な側面の理解ができたこと				
有意義だった	15	78.9%	75.0%	◎
ある程度有意義だった	3	15.8%	23.0%	
あまり有意義でなかった	1	5.3%	2.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
（5）次代を担う人材として中学や高校時代に育成すべき資質・能力について学べたこと				
有意義だった	8	42.1%	40.4%	
ある程度有意義だった	10	52.6%	52.5%	
あまり有意義でなかった	1	5.3%	6.1%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	1.0%	
（6）才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導法を学ぶことができたこと				
有意義だった	7	36.8%	30.0%	
ある程度有意義だった	10	52.6%	55.0%	
あまり有意義でなかった	2	10.5%	13.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	2.0%	
（7）学校現場ですぐに活用できる事例を学べたこと				
有意義だった	9	47.4%	44.0%	
ある程度有意義だった	8	42.1%	41.0%	
あまり有意義でなかった	2	10.5%	14.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	1.0%	
（8）次代の人材を育成することの大切さを理解できたこと				
有意義だった	12	63.2%	61.6%	
ある程度有意義だった	6	31.6%	28.3%	
あまり有意義でなかった	1	5.3%	8.1%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	1.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	1.0%	
（9）講義、実験、演習等を通じて教科（科目）に関する知識や技能の専門性を高められたこと				
有意義だった	15	78.9%	81.0%	◎
ある程度有意義だった	4	21.1%	18.0%	
あまり有意義でなかった	0	0.0%	1.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	

H27サイエンス・リーダーズ・キャンプ　受講者アンケート集計表（愛媛大学　選択式）

※：特に値が高いものには◎、他機関よりかなり高いものに↑、かなり低いものに↓を付した。

	愛媛大学		全機関	
	計（人）	割合	割合	
（10）理数教育への取り組み意欲が向上したこと				
有意義だった	14	73.7%	84.0%	↓
ある程度有意義だった	5	26.3%	15.0%	
あまり有意義でなかった	0	0.0%	1.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
（11）地域における理数教育を担うリーダーとしての資質・能力について意識が高まったこと				
有意義だった	7	36.8%	36.0%	
ある程度有意義だった	11	57.9%	50.0%	
あまり有意義でなかった	1	5.3%	12.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	2.0%	
	0	0.0%	0.0%	
（12）理数系教育のリーダーとして活用できる具体的なスキルやノウハウを学べたこと	0	0.0%	0.0%	
有意義だった	8	42.1%	34.0%	
ある程度有意義だった	10	52.6%	55.0%	
あまり有意義でなかった	1	5.3%	8.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	1.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	2.0%	
（13）同じ志を持った他地域の仲間と交流指導法等の情報交換や議論ができたこと				
有意義だった	13	68.4%	78.5%	↓
ある程度有意義だった	6	31.6%	17.8%	
あまり有意義でなかった	0	0.0%	3.7%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
（14）他の受講者との交流を通じて、日頃接する機会の少ない研究者と交流できたこと				
有意義だった	14	73.7%	84.0%	↓
ある程度有意義だった	5	26.3%	16.0%	
あまり有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
（15）自身の弱点や課題を見つめ直すことができたこと				
有意義だった	12	63.2%	63.0%	
ある程度有意義だった	7	36.8%	34.0%	
あまり有意義でなかった	0	0.0%	3.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
（16）教育現場での課題等を共有できたこと				
有意義だった	9	47.4%	68.0%	↓
ある程度有意義だった	8	42.1%	24.0%	
あまり有意義でなかった	2	10.5%	7.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	1.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
（17）異なる視点を持つ受講者との交流で新たな視点を得られたこと				
有意義だった	14	73.7%	77.8%	
ある程度有意義だった	5	26.3%	21.2%	
あまり有意義でなかった	0	0.0%	1.0%	
まったく有意義でなかった	0	0.0%	0.0%	
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%	
問9.（1）今回のキャンプの開催時期は適切だったと思いますか。あてはまるもの一つに○をつけてください。				
適切だった	8	42.1%	54.0%	
どちらかといえば適切だった	9	47.4%	36.0%	
どちらかといえば適切ではなかった	2	10.5%	9.0%	
適切ではなかった	0	0.0%	1.0%	
問10.（1）今回のキャンプの開催日程（長さ）は適切だったと思いますか。あてはまるもの一つに○をつけてください。				
適切だった	7	36.8%	61.0%	↓
どちらかといえば適切だった	7	36.8%	30.0%	
どちらかといえば適切ではなかった	5	26.3%	9.0%	
適切ではなかった	0	0.0%	0.0%	

H27サイエンス・リーダーズ・キャンプ　受講者アンケート集計表（愛媛大学　選択式）

※：特に値が高いものには◎、他機関よりかなり高いものに↑、かなり低いものに↓を付した。　※

	愛媛大学		全機関	
	計（人）	割合	割合	

問11．今回のキャンプで使用した会場や施設、設備等についての感想をお聞かせください。

（1）会場への交通アクセスは良好だった。

あてはまる	10	52.6%	63.0%	
どちらかといえばあてはまる	7	36.8%	28.0%	
どちらかといえばあてはまらない	2	10.5%	9.0%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

（2）会場の規模は適切だった。

あてはまる	14	73.7%	86.0%	
どちらかといえばあてはまる	5	26.3%	14.0%	
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	0.0%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

（3）会場や施設の使い勝手はよかった。

あてはまる	14	73.7%	89.0%	
どちらかといえばあてはまる	5	26.3%	10.0%	
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	1.0%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

（4）設備や機器等に不備や不調な点はなかった。

あてはまる	17	89.5%	91.0%	◎
どちらかといえばあてはまる	2	10.5%	8.0%	
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	1.0%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

（5）設備や機器等は不足なくそろっていた。

あてはまる	15	78.9%	89.0%	◎
どちらかといえばあてはまる	4	21.1%	11.0%	
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	0.0%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

問12．今回のキャンプにおける運営面（連絡・指示・進行・宿泊等）についての感想をお聞かせください。

（1）実施機関からの事前の連絡や指示は適切だった。

あてはまる	16	84.2%	87.0%	◎
どちらかといえばあてはまる	3	15.8%	11.0%	
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	2.0%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

（2）会期中のスタッフからの連絡や指示は適切だった。

あてはまる	13	68.4%	89.9%	↓
どちらかといえばあてはまる	6	31.6%	10.1%	
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	0.0%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

（3）会期中のプログラム運営や進行は円滑だった。

あてはまる	10	52.6%	86.9%	↓
どちらかといえばあてはまる	9	47.4%	12.1%	
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	1.0%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

（4）プログラムの時間設定は無理なく適切だった。

あてはまる	5	26.3%	52.5%	↓
どちらかといえばあてはまる	12	63.2%	37.4%	
どちらかといえばあてはまらない	2	10.5%	10.1%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

（5）会期中のスタッフのサポート体制は適切だった。

あてはまる	15	78.9%	93.9%	◎
どちらかといえばあてはまる	4	21.1%	6.1%	
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	0.0%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

（6）宿泊や食事に関して特に不満はなかった。

あてはまる	15	88.2%	81.4%	◎
どちらかといえばあてはまる	2	11.8%	13.4%	
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%	5.2%	
あてはらない	0	0.0%	0.0%	

H27受講者アンケート自由記述一覧（愛媛大学）

問1-2. 今回のキャンプの受講を知ったのはどれですか。6）その他
※記述式コメント無し。

問3. あなたがキャンプを受講するに際して、特に期待していたものがあればお聞かせください。
特に無し
理数系に興味関心が低い生徒に対する指導力向上（そのような生徒に対する動機づけ）
具体的な授業実践の方法について　・他の教員の実践例　・最先端の内容をどのように教えていくか
自分が現在大学で研究中の米国STEM教育を日本の理科教育の文脈で実践するというテーマについての授業実践上の問題点の解決の糸口を見つけ出すこと。
今回のDNAに関する内容について、学生時代に経験したことがなく、生徒に内容を伝える上で非常に困っているため
授業に実践できることはないか
自分の足で愛媛大学を歩くことで、愛媛大学の雰囲気を感じたいと思っていました。
特にありません。
愛媛大の無細胞タンパク質合成系についての実験を行いたいと考えていた。
特に1）を期待していました。＊1）：最先端の科学技術を体感し、理数系教員としての素養を高める。
遺伝子診断やDNA解析については、PCR－電気泳動法やPCR－RFLP法などを用いて課題研究などを実践してきた。 しかし、形質発現の下流（mRNAおよびタンパク質）を用いた解析手法は全く知らなかったので、その原理とスキルを習得したかった。

問4. 今回あなたが受講されたキャンプのプログラムで、とても難しかったと思う内容があればお聞かせください。
実験結果の解析
時間がなかった
特にありませんが、やはり発表の考察は楽しかったですが、難しかったです。
限られた時間の中で行う（時間が足りない）事の難しさはあったと思います。

問5. 今回のキャンプで最も良かったプログラム内容と、その理由を教えてください。	プログラム名	何日目
とても簡単に転写と翻訳ができることに驚きました。その後の時間経過と発光の強さの観察も興味深かったです。	実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写、-2：翻訳」	2日目
初めての実験が多く、新しく学ぶことができた。現場ではこのような機会が少ないためとても貴重でした。	実験・実習　全般	ー
医学部の普段見ることができない研究室を見ることができて詳しく知れたことがたくさんあったのと、生徒に話してやれることも増えたから。	医学部見学	3日目
これまでは授業で実施することはとても難しいと思っていましたが、無細胞合成系であれば、是非学校で実施したいと思いました。	実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写、-2：翻訳」	2日目
実際に研究している現場を見学し、直接説明を聞くことができる貴重な機会であった。	重信キャンパス見学	3日目
すべての実習及び講義において、魅力的な内容で一つを選ぶのは難しいですが、強いて選ぶとすると、中・高問わず、文理選択にも関係なく、誰にでも興味が持てそうな実験・実習内容で活用する対象が広いと感じた。	実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写、-2：翻訳」	2日目
無細胞合成系での転写翻訳は始めての経験であり、この実験を楽しみにしていた。mRNAやタンパク質の合成が、蛍光によって認識できるため結果の確認が簡単に行えることに感動しました。	実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写、-2：翻訳」	2日目
機材もほとんど無い学校（勤務校）で、バイオハザードも気にせず生徒に直接体験させられそうだと思ったから。	実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写、-2：翻訳」	2日目
どのプログラムも本当に面白くて順番をつけるのは難しいですが、あえていうなら医学部の中をのぞけるチャンスはそうないのでこれが一番です。	重信キャンパス見学	3日目
授業の中に取り入れることが最も可能であると感じた点。　・生徒に大きなインパクトを与えることができるように感じた点。	実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写、-2：翻訳」	2日目
発光タンパク質はぜひ生徒に見せたいと思ったから	実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写、-2：翻訳」	2日目
医学部のイメージが変わったから。医学部の6年間は国家試験に向けて日々机上に向かって勉強しているものだと思っていましたが、こんなに充実した研究ができるのかと驚きました。色々な学部の教員がいますが、医学部卒の先生は周りにいないので、色々な話を聞くことができ、未知の領域だった研究施設を見ることができて、自分の知識だけでなく、今後の進路指導にもすごく参考になりました。	重信キャンパス見学	3日目
こんなにも簡単な手順で、タンパク質を合成できることを知れたこと。また、蛍光タンパク質がすごくきれいであったことから。	実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写、-2：翻訳」	2日目
林先生の人柄と想いの強さ（教育・研究）、今回のプログラムが大変考えられている、すばらしい企画でしたので選びました。実験・仮説の大切さを再認識しました。	講義「遺伝子とタンパク質-タンパク質の多様性」	1日目
実際に体験する事ができた事、教育現場で行おうと考えた際にクリアすべき点やフォローアップ、さらに改善すべき所といった情報を多くいただけた事	実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1：転写、-2：翻訳」	2日目
研修を受けた先生方と協力し作り上げることができたことが何より達成感がありました。	発表	4日目
1）最も良かったプログラム内容：（ 2・3 ）日目 プログラム名：（ 無細胞合成系によるタンパク質の合成 1・2 ） 2）理由：in vitroでセントラルドグマを再現することが、今回最も関心をもった内容だったため。	無細胞合成系によるタンパク質の合成1・2	2日目 3日目
楽しい技術でした。もう少し考えたら「してみたいこと」がどんどんわいてくるかもしれません。	無細胞合成系によるタンパク質の合成	2日目

H27受講者アンケート自由記述一覧（愛媛大学）

問7. あなたは今回のキャンプを受講して、どの程度有意義だったと感じますか。18)その他
※記述式コメント無し。

問8. 今回のキャンプでの成果を踏まえ、あなたが今後、日々の教育活動の中で活かしたい（実践したい）と思うことがあればお聞かせください。
セントラルドグマの考え方を生徒に広め、できるだけ観察・実験を取り入れたいと思います。
課題研究への応用・指導　・授業への応用　・生物の視点から見た化学授業実践
授業時間内はもちろん、時間外にも興味のある生徒を集めて実験する時間をもちたいと思った。特にポスター発表で聞いたウズラの発生など、準備ハードルが高い実験にも取り組みたいと思った。
授業で活用したい、教員の研究会等で紹介していきたい。
通常の授業は勿論＋αとして合科目的な授業や有志によるより発展的な（課題）研究に活用させていきたいと考えております。
もっと生徒の力を引き出すために生徒に考えさせる授業を行っていきたい。また、生命を分子レベルで理解させるために今回のキャンプで行った実験を実践したり、講義の内容を授業の中に取り入れていきたい。
先端技術をとり入れた授業による生徒の体験的学習をやりたい。地域の講習会等でも先生方に紹介していきたい。（その際、JSTには資金面でのサポートをお願いしたい）
聞かせてもらった講義内容をわかりやすくアレンジして生徒に伝えたいです。盛りだくさんなので一度整理したいです。無細胞タンパク質合成もキットを購入してチャレンジしたいです。
話をさせていただいた方のほとんどが日々様々な苦労をされている中で努力されている実験等を実施されていることから考えると、まだまだ自分自身の工夫が不足している点を考え、今回学んだ内容を少しでも生徒に伝えていくこと
仮説をたてること
実験の際の予想する時間、考察をする時間を大切にしていきたいです。
実際にやってみないとわからないことは多い。観察・実験の機会を増やせるといいと感じた。
授業（公的）←広く、中（小学生）←science for all、クラブ活動・大学の授業←Science for excellence と広くやっていきたいです。生徒と話しあってプログラムも作成したいです。
授業や教員どうしの研修（勉強会）、部活動等で無細胞タンパク質合成系の実験をぜひ取り入れたいと考えている。
最先端の研究内容を授業の中で生徒たちに説明（写真などでプレゼンテーション）する。自分の専門（化学）だけでなく、他科目の内容をふまえた指導が不可欠だと実感しました。今回のキャンプの内容に上乗せできるよう、私自身も勉強して指導に生かしたいと思います。
生徒に、物事を深く考えることを通して、つなぎ合わせることの大切さや楽しさを体験させるため、課題研究活動を取り込んだ活動を実践したい。
生徒自身が学ぶことを身につけるために、「考える」ことに重点をおいて、課題に取り組みたい。
岡山県高教研　理科部会で研修企画の委員をしています（脱退したいのですが・・・）教員対象の無cell系のタンパク合成研修会ができたらと思っています。

問9. 今回のキャンプの開催時期は適切だったと思いますか。また、いつ頃の開催が望ましいですか。（自由記述）	望ましい開催時期
もう少し遅い時期（8月下旬）とかの方が参加しやすい、今の時期は、進学講習、三者面談、野球応援（甲子園の予選）などで忙しい。	―
ちょうど全国高等学校総合文化祭（自然科学部門）の日程と重なっていた。このような研修に推薦・応募する先生は、学校で課題研究の指導に関わっている方も少なくないと思う。	全国総文祭とSSH生徒研究発表会を外した8月10日以降
クラブ合宿や補講のある時期なので	8月のお盆前

問10. 今回のキャンプの開催日程（長さ）は適切だったと思いますか。どのくらいの長さが適切だと思いますか。
2泊3日
本当はもっと1～2日長いほうがじっくりできてよかったが、長いと参加が難しいのでこれくらいが適当だ。
2泊3日
4泊5日
2泊3日
2泊3日

問11. 今回のキャンプで使用した会場や施設・設備等について　特に気になるものについて具体的にお聞かせください。
※記述式コメント無し。

H27受講者アンケート自由記述一覧（愛媛大学）

問12. 今回のキャンプにおける運営面についての感想　特に気になるものについて具体的にお聞かせください。
3日目夜はきつかったです、勉強ですけど。
初日はきつかった。

今後、より良いキャンプにしていくために、改善すべき点や新しい企画内容など、ご意見やご感想を自由にお書きください。
久しぶりに、学生時代を思い出して熱中しました。研究にいろいろな知識が必要なように、教員をするうえでもたくさんの知識･教養が必要だと思っています。今回の経験で、また一つ引き出しを増やすことができました。今後も精進します。ありがとうございました。
実施するプログラムが多く、学んだことを消化しにくかった。時間的余裕が欲しい。教育の今後の動向（文科省、学習指導要領等）も知りたかった。
長期間化学だけ教えていたので、ついていけるか不安でしたが、教科や科目をまたいだ視点で教えることが大切だと感じることができて参加して本当によかったと思っています。準備も含めて4日間ありがとうございました。
予定通り進まなかった所もありますが、大変有意義な企画であると思います。来年で終了になるのは残念です。
今回のキャンプにおいて、自分の専門分野でないところをテーマとしており、この機会に多くのことを学ばせていただき素晴らしい体験となりました。ありがとうございました。ただ、今年度においてどの大学においても「生命科学」がテーマとなっていたかと思います。来年度は他の分野においても行っていただけると参加者の層が増えるのではと思います。
内容が多くすぐに消化しきれないものもあったが、たいへん充実した4日間であった。4日間は長いと思っていたが、実際はあっという間だった。このようなキャンプにもっと多くの先生が参加して欲しいと思う。
プログラムがギッシリで、短時間にこなし切れずもう少し余裕があるとよかった。でも日数を長くすると公務（学校の仕事）にも支障がでるのでこのくらいが適切であったと思う。とにかく濃密で充実した内容でした。とても勉強になりました。今後現場に戻って、この研修で学んだことをどう生かすかが大切だと思っています。頑張ります。ありがとうございました。
ありがたい時間でした。理系の魂がふるえるような内容でした。来年で終了とうかがいましたが、理科教員が研修できる貴重なチャンスだっただけに残念です。（費用がかからないという点も素晴らしい）また何か考えていただきたいです。
ここまで学べる場所を作っていくれていることに感謝します。これ以上改善をお願いすることはありませんし、あとは、自分の指導力が改善できるように努力することが大切です。頑張ってみます。
愛媛大学の林先生、TAの方々、片山先生、中井さんには大変感謝しています。4日間、実験のことをずっと考えられて幸せでした。本当に参加できてよかったです。ますますやる気が出る機会になりました。
盛りだくさんの研修で、とても勉強になりました。知識･技術を自分のものにできるよう、精進したいと思います。ありがとうございました。
全般的に良く出来たプログラムで、時間的にこれぐらい忙しいほうが良いと思います。充実しますので。
発表についてまとめる時間がもう少しほしい。
化学分野の研修があればぜひ受講を･･･と思っていましたが、来年で最後になってしまうことが残念です。今回の研修では、色々とご配慮やご助言いただき、本当にありがとうございました。
実験操作については、事前にプロトコール（配布テキスト）をいただければ、時間をかけて予習することができるので、 より深い理解ができると思う。
短い期間でしたが参加できて良かったです。全日程参加したかったです。他校の教員にもすすめたいと思いました。
ちょっと慌しかったので、もう少しゆとりのあるスケジュールを！！

質問事項

～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～

サイエンスリーダーズキャンプ 2015年7月28日～7月31日（愛媛大学）

今後の改善の参考にします。授業や実験についてコメント、感想、提案等を自由に書いて下さい。

1. 講義およびポスターセッションについて

講義全体の内容に興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

講義全体の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

講義全体に対するコメント（特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など）：

講義：生命科学における才能教育（隅田）の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

講義：生命科学における才能教育（隅田）の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

講義：生命科学における才能教育（隅田）の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この講義に対するコメント（特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など）：

講義：タンパク質と遺伝子（林）の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

講義：タンパク質と遺伝子（林）の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

講義：タンパク質と遺伝子（林）の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この講義に対するコメント（特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など）：

講義：遺伝暗号を見てみよう（高井）の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

講義：遺伝暗号を見てみよう（高井）の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

講義：遺伝暗号を見てみよう（高井）の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この講義に対するコメント（特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など）：

講義：「新学習指導要領生物への導入」（片山）の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

講義：「新学習指導要領生物への導入」（片山）の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

講義：「新学習指導要領生物への導入」（片山）の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この講義に対するコメント（特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など）：

講義:「生体分子って何？」(古賀)の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

講義:「生体分子って何？」(古賀)の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

講義:「生体分子って何？」(古賀)の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この講義に対するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など):

_____

講義:「ヒトのタンパク質は」(真鍋)の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

講義:「ヒトのタンパク質は」(真鍋)の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

講義:「ヒトのタンパク質は」(真鍋)の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この講義に対するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など):

_____

講義:「マラリアを無くす切り札」(坪井)の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

講義:「マラリアを無くす切り札」(坪井)の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

講義:「マラリアを無くす切り札」(坪井)の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この講義に対するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など):

_____

講義:「生命って？私って？」(遠藤)の内容は理解できましたか？興味がもてましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

講義:「生命って？私って？」(遠藤)の内容は理解できましたか？興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

講義:「生命って？私って？」(遠藤)の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この講義に対するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など):

_____

ポスターセッションの内容は理解できましたか？興味がもてましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

ポスターセッションの内容は理解できましたか？興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

ポスターセッションの内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

ポスターセッション全体に関するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など):

_____

その他、講義、ポスターセッションに関する感想、要望など自由にお書き下さい

_____

2.実験について

実験操作は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全くわからなかった

実験で観察した生命現象は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全くわからなかった

実験操作および学習内容に興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

実験操作および学習内容はこれからの学習や研究の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

実験全体に対するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など)：

実験1-1「(組換え DNA の作製)」、「遺伝子導入」の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全くわからなかった

実験1-1「(組換え DNA の作製)」、「遺伝子導入」の内容は理解できましたか？興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

実験1-1「(組換え DNA の作製)」、「遺伝子導入」の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この実験に対するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など)：

実験1-2「DNA の分析」の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全くわからなかった

実験1-2「DNA の分析」の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

実験1-2「DNA の分析」の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この実験に対するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など)：

実験1-3「試験管内での転写と翻訳」の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全くわからなかった

実験1-3「試験管内での転写と翻訳」の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

実験1-3「試験管内での転写と翻訳」の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この実験に対するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など)：

実験2-1「PCR による DNA の増幅」の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全くわからなかった

実験2-1「PCR による DNA の増幅」の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

実験2-1「PCR による DNA の増幅」の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この実験に対するコメント(特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など)：

実験3-2「電気泳動によるタンパク質の分析」の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全くわからなかった

実験3-2「電気泳動によるタンパク質の分析」の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

実験3-2「電気泳動によるタンパク質の分析」の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この実験に対するコメント（特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など）：

実験3-3「MALDI-TOFMS」の内容は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全くわからなかった

実験3-3「MALDI-TOFMS」の内容は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

実験3-3「MALDI-TOFMS」の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

この実験に対するコメント（特に興味を持った内容、役に立ちそうな内容など）：

その他、実験に関する感想、要望など自由にお書き下さい

3.研究センターの見学について

「研究センターの見学（城北キャンパス）」での説明は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

「研究センターの見学（城北キャンパス）」での説明は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

「研究センターの見学（城北キャンパス）」での説明はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

研究センターの見学に対するコメント（特に役に立ちそうな内容など）：

「研究センターの見学（医学部キャンパス）」での説明は理解できましたか？

□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全く理解できなかった

「研究センターの見学（医学部キャンパス）」での説明は興味がもてましたか？

□とても興味がもてた　□少し興味がもてた　□あまり興味がもてなかった　□全く興味がもてなかった

「研究センターの見学（医学部キャンパス）」での説明はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない

研究センターの見学に対するコメント（特に役に立ちそうな内容など）：

その他、研究センターの見学に関する感想、要望など自由にお書き下さい

---

4 その他、全体的な感想、意見、提案などを自由にお書き下さい。

---

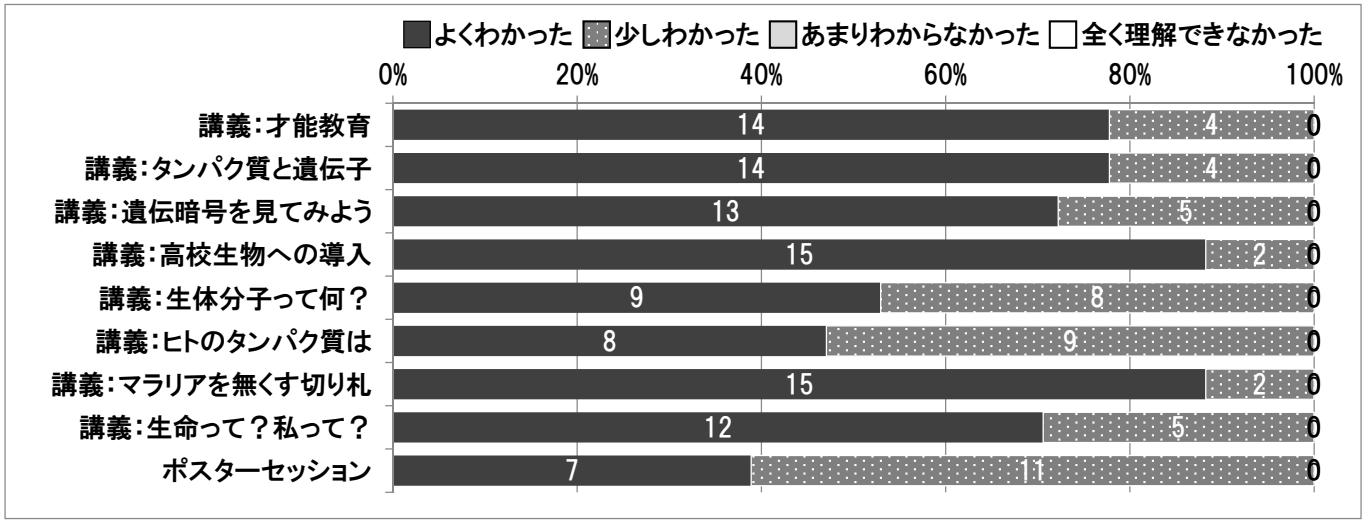
5 今後の取り組み（勤務校での授業実施、教材開発など）に関する予定や抱負などをお書き下さい。

時期：　　対象

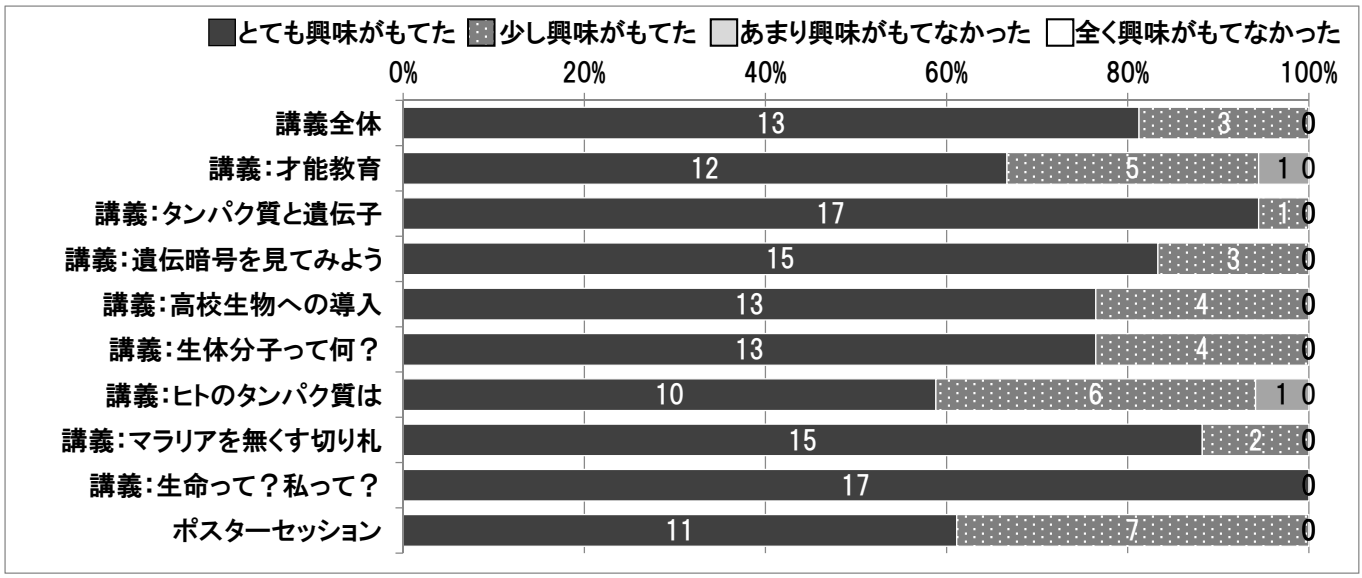
アンケート集計（選択式）

1. 講義およびポスターセッションについて

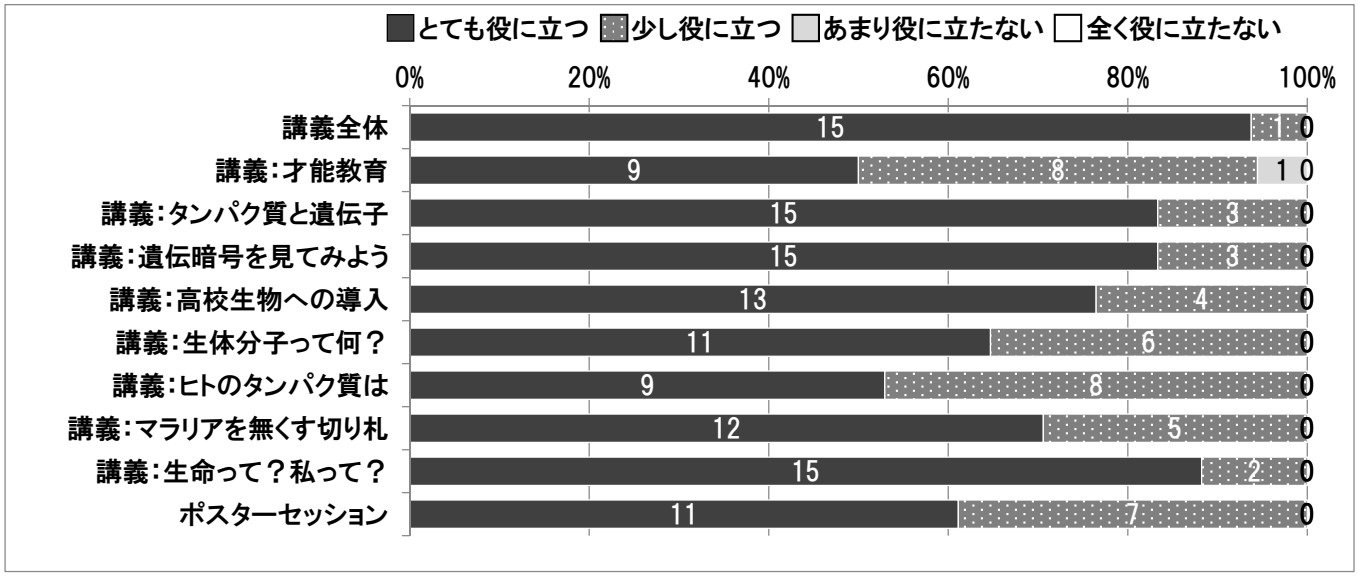
講義の内容は理解できましたか？



講義の内容に興味がもてましたか？

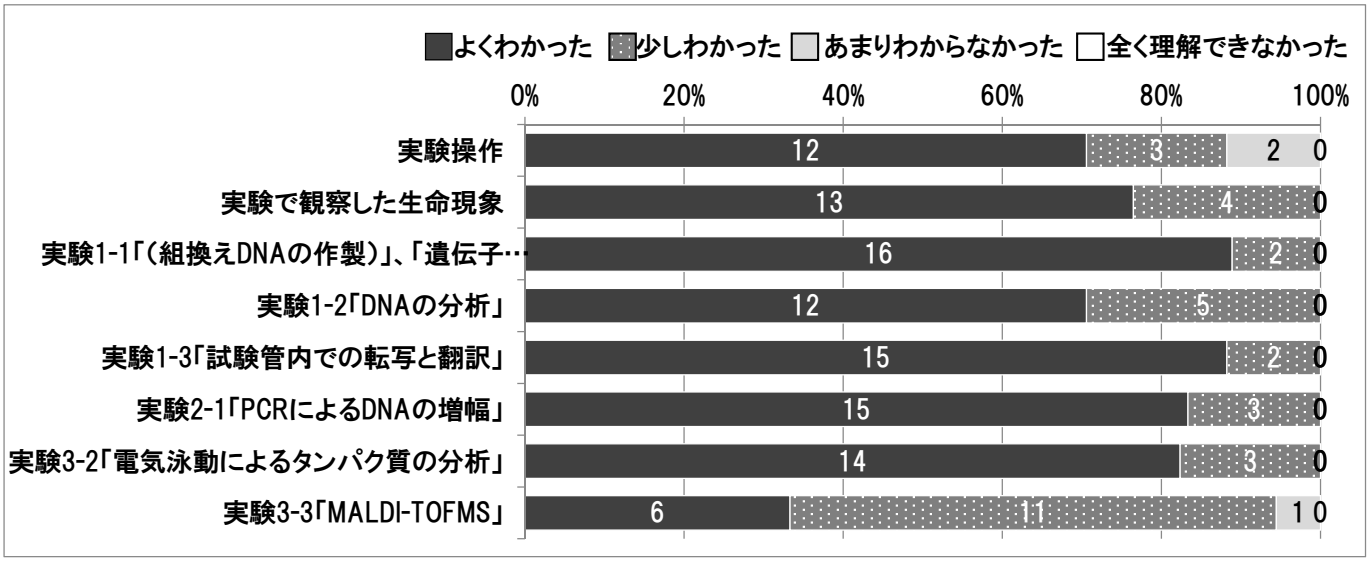


講義の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

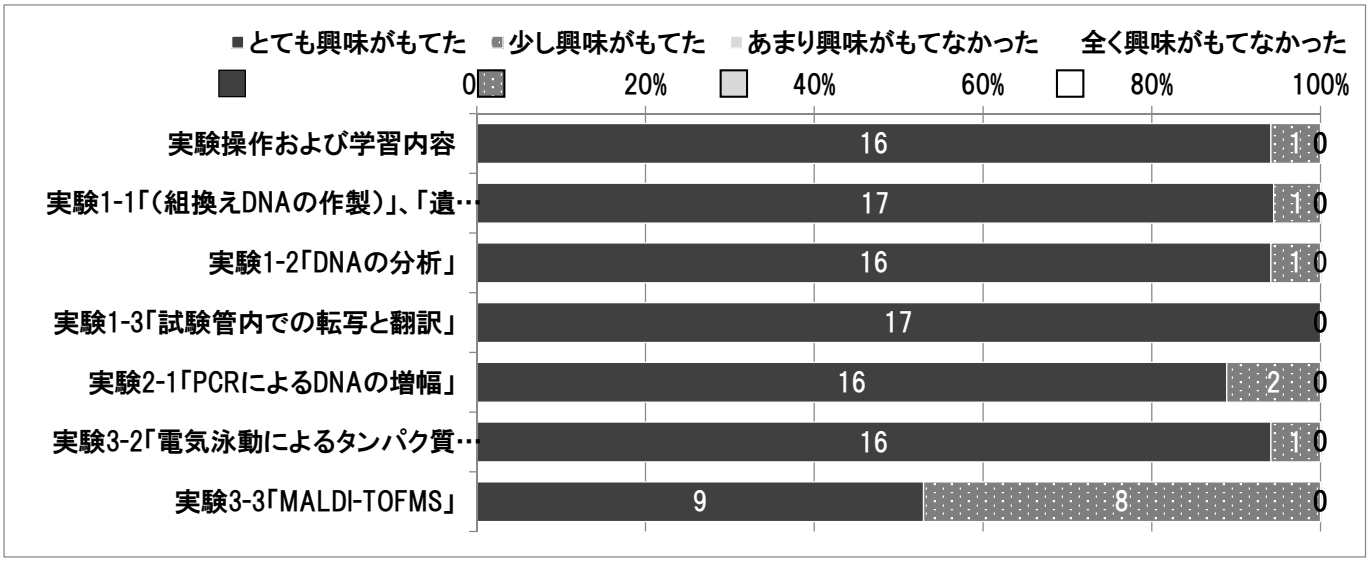


2. 実験について

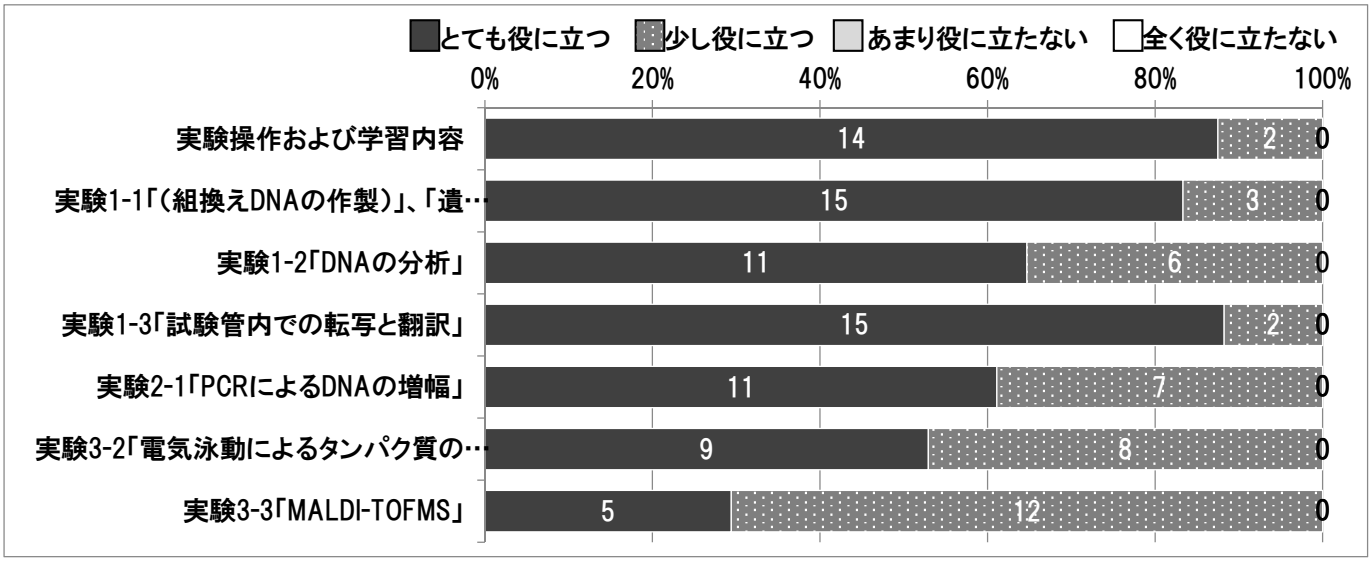
実験の内容は理解できましたか？



実験の内容は興味がもてましたか？

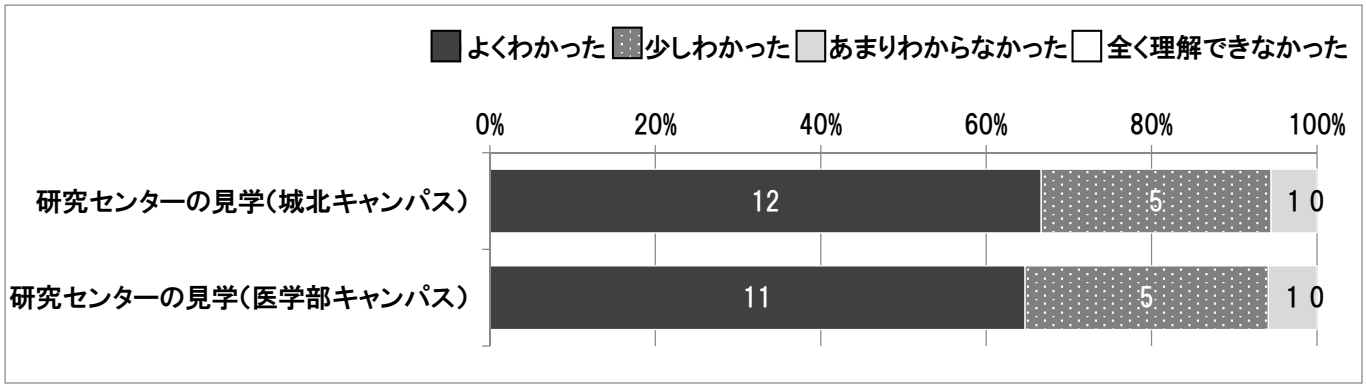


実験の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

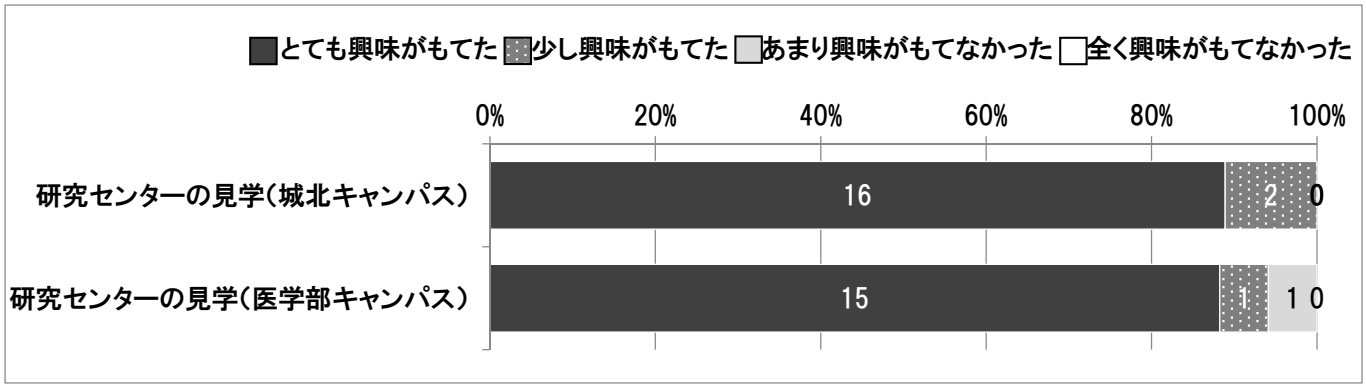


3. 研究施設の見学について

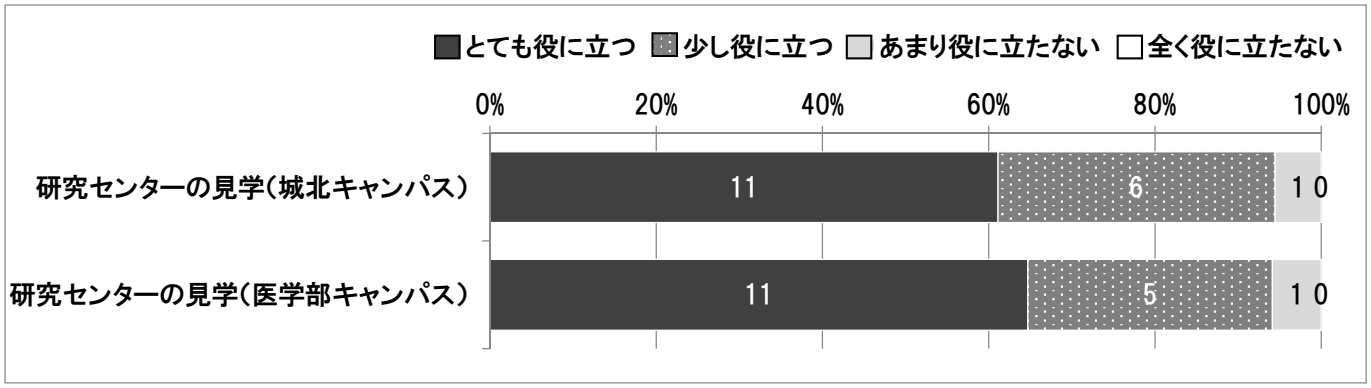
「研究センターの見学」での説明は理解できましたか？



「研究センターの見学」での説明は興味がもてましたか？



「研究センターの見学」での説明はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？



アンケート集計（自由記述）

1. 講義およびポスターセッションについて

講義全体に対するコメント

- とても分かりやすい説明で、授業でも話してみたくなる内容が多く、良かった。
- 専門的な知識がなくとも理解できるように、各先生方が工夫され、とても有意義な勉強をさせていただきました。
- 全体的に、内容の理解について「少しわかった」というところにチェックをしました。本当に理解するためには、もっともっと勉強しなければいけない、もっともっと深く学びたいと思いました。とてもおもしろく、勉強になりました。
- 最新の研究内容など聞けてよかったです。
- 最先端の科学技術に触れることができ、ぜひ学校で生徒たちに話をしたいと思います。
- 講義のテーマが一貫して「タンパク質」であり、最新の内容、難しい内容を比較的すんなり理解することができた。
- 無細胞合成系によるタンパク質合成
- やはり現場でやってみたいのは無細胞タンパク質生産です。実験でぜひやってみたいです。
- 関わってくださった方々の思いの強さ。真核細胞(コムギ胚芽)を使うことにより、大腸菌では作れなかったタンパク質が作れるようになったこと。
- 普段接する生徒の中で、周囲の者から秀でた存在のものに対して、いかに対応していくかを改めて考えていく切掛けとなりました。
- ポスターはただ見るだけでなく、直接話を聞いた方が理解できる。それぞれに工夫されていて、今後の授業に生かせる内容がたくさんあり、非常に参考になった。講義についても興味深い内容が多く、もっと勉強しなければならないと奮起させられた。

講義：生命科学における才能教育（隅田）に対するコメント

- 才能児の内容に興味を持ちました。
- 生徒をより多面的に見ていく必要性を感じました。
- 理解が困難な生徒に目が行きがちです、新しい視点を得ることができた。
- 才能児への教育をもっと充実させるべき、日本の教員はもっとNPOなどに参加して市民に貢献すべきなどの話をきいて、視野を広げてもらったような気がします。
- 才能教育をしていくにあたってそのような生徒がいるかどうか、見極められるか心配です。
- 今までの自分の授業を振り返って、反省する点が多くあることに気付かされた。才能のある生徒に対して、日本では、どのように指導しているか具体的な例をもっと知りたい。
- 「才能児」という単語は初めて聞きました。思いあたる生徒が何人かいるので、自由度を残した授業ができるように勉強したいです。
- 「才能豊かな生徒」も「特別支援の必要な生徒」は同じくらいの割合で前者にどのようなサポートができるか。考えるきっかけになった。
- 本校の場合、6%の才能ある生徒ではなく、特別な支援を要する6%の生徒が集まってくるような学校なので、このような場合、どのような理科教育の方法があるのか考えさせられました。
- 今後の日本にとって、とても大切なことであることは、十分分かりました。ただ実際の現場（学校）で上位への教育が出来ている学校が少ない点から少しにチェックを入れました。
- 日本では才能のある生徒の芽が摘まれていたり、そんな生徒が育っている場合でも摘まれないようにする手段が、教員等の個人プレーでどこでも救えるシステムの必要性を感じました。
- ありがとうございました。

講義：タンパク質と遺伝子（林）に対するコメント

- 「生徒におもしろいと思わせるためには、自分もおもしろいと思わないとだめだ」という部分は心に響きました。確かにそうだなぁ、と自分の授業を思い出しながら感じました。
- 生徒は楽しくないと勉強しない、ということについて改めて強く意識し直すことができました。
- このキャンプの内容の概要となるお話しで、この時よりキャンプを経過していくうちに徐々にですが理解できました。
- タンパク質についてこれから研修する内容をわかりやすく説明してくださりありがたかったです。
- 後に続く実験・実習をしていくうえでも、セントラルドグマをわかりやすく、また日常生活の話題、中学・高校の授業でも活用できそうな内容も盛り込まれ、非常に得るものの多い内容でした。
- 授業の中に取り入れるべき、DNA の転写、翻訳の実験に関する部分
- 生物の授業だけでなく化学でも話題として挙げたい。
- 内容もさることながら、先生の教育にかける思いの強さが素晴らしかった。生物を化学で説明する大切さを感じました。学校で、生物のみでなく、誰もが化学・物理・地学を学んでほしいと思いました。
- どの生徒に対しても、生命の基本原理を理解させる必要を感じた。生命を理解するためには、分子レベルで理解する必要があるため、化学についてももっと勉強しておきたい。正しい知識をどのように教えていくのか、自分なりに工夫していきたい。
- この分野の研究がどんどん進んでいく中で、教員側の勉強の必要性を講義を通して感じました。
- 時間が少なく、もっといろいろな話が聞ければと思いました。
- 無細胞タンパク合成に授業でチャレンジしたいので、継続指導をお願いします！ありがとうございました。

講義：遺伝暗号を見てみよう（高井）に対するコメント

- 全講義の中で一番興味を引いた内容で面白かったです。
- コドン表の偶然凍結説はとても興味深く、授業でも紹介してみたい。
- 円形のコドン表がとてもおもしろかったです。
- コード表の特徴から対称性を考えるところがすごくおもしろかったです。そして、遺伝コードが変わりうるという話で、ウイルスに強い、ウイルスフリーのバクテリアも作ることができるということまで広がった所が特におもしろかったです。tRNA とアミノ酸をつけるのが酵素だというところもとても勉強になりました。
- 転写と翻訳の詳しいメカニズムや、遺伝暗号表の対称性などの今まで知らなかった見方を知ることができました。
- コドンを人工的に変化させることのできる点等
- コドンの読み方、アミノ酸の種類を勉強する良いきっかけになりました。
- 遺伝コードについて歴史や研究のお話がとても興味深かったです。
- ニーレンバーグ等の実験が数十年前に行われ、その時代の試行錯誤、どう作られていたかが臨場感がありました。また「遺伝暗号」といった生物の共通性を強く認識することができました。
- 遺伝暗号は全生物で共通だとずっと思っていたが、例外もあることが今回初めてわかり、特に興味を持った。さらに調べてみたい。
- 遺伝コードが変わることがあるのを始めて知りました。また、コドン表の対称性などに興味を持ちました
- 遺伝暗号がほとんど全生物で共通であることから、様々な遺伝工学の研究が広がっていく。一方先祖が、この遺伝暗号を使った生物と考える見方にも興味が持てました。
- だんだんと遺伝子についてくわしくわかってきました。
- ありがとうございました。

講義：「新学習指導要領生物への導入」（片山）に対するコメント

- 高校生物の内容がかわったということがよくわかりました。
- 色々な体験談を先輩の先生方から聞くことができて勉強になりました。各学校、それぞれの生徒の実態を考えて、工夫していかなければいけないと思いました。

- ラボと教室のキョリを近づけることができると思いました。そのために自分自身精進していかなくてはと改めて思いました。
- 先生の試行錯誤の繰り返しによるブラッシュアップ、出来る限り多くのステップを体験させることによる、ブラックボックス(何をやっているのかわからない)を減らす思いを感じました。
- 実験も授業に組み入れるための工夫が必要だと実感した。
- 実験に対する工夫
- 無細胞たんぱく質合成実験の開発までのいきさつがよくわかった。学校で実際にキットを使用して実験を行うには、費用や設備の面での問題が多く、すぐに実施するのは難しい。しかし、できれば実施したいと考えている。
- 高校生を対象とした実践を示され、現場で活用していく上で大きなヒントとなりました。また、実験・実習の有効性を改めて感じました。
- この分野の実験を実際に高校現場で導入するにはハードルが高い(機材、時間等)が、転写、翻訳キットは生徒実験にぜひ取り入れたいと考えている。出来れば 1～2 時間の中でできるような工夫を考えてみたい。
- ありがとうございました。

講義:「生体分子って何？」(古賀)に対するコメント

- 生物を主に担当しているので、直接的な活用は多くないと思うが、視覚的に捉えやすくて、非常におもしろかった。
- コンピュータソフトでタンパク質を立体的にイメージでき、生徒の興味をひきそうな内容だと感じた。
- 実際に分子構造が見えているので、生徒に説明する時に役に立つと感じた。特に立体的な構造を示すのによいと思う。実際に自分で使ってみて、理解できてから授業で使いたい。
- 自動で結合角度を設定してくれるなど、ブラックボックスも多いが生徒にとっても使いやすいソフトだった。クラブ授業で使いたい。
- 分子の形を CG を用いて視覚的に捉えることができ、分子構造を理解するうえで役に立つと思いました。また、ムードルも活用していきたいです。
- もっと実際に使ってみる必要があると感じました。
- いただいた分子モデルデータとプログラムを有効に使いたいと思います。
- 古賀先生にとってもあの時間枠では充分な説明ができなかったのではないかと思いますが、Accelrys については活用したいと考えています。おもしろいなと思い、もっと PC で分子を描きたかったです。
- もう少し時間が欲しかったです。
- ありがとうございました。

講義:「ヒトのタンパク質は」(真鍋)に対するコメント

- 実際に体験された真鍋先生の“本物の話”を聞くことができて、貴重な時間となりました。
- アミノ酸分子のお話しや(生物の)タンパク質の測定方法など知らないことや興味深い内容がとても多かったです。
- タンパク質は何種類なのか、答えがあるものだと思っていたが、奥が深いなぁと思った。
- なるほどと思いました。本当に複雑だなと思いました。組み合わせはたくさん、必要に応じて研究になるのかなあと思いました。少し消極的ですが。
- 作られるタンパク質はヒトで 2 万程、しかし、寄せ集めだったり、協同で働く・・・
- タンパク質について私自身勉強不足なところがあり、他の講義に比べて難しく感じた。電気泳動の仕組みや、質量分析について新しい知識を得ることができた。
- タンパク質の分析について今まで知らない内容を教わりました。分析機器に関しては高校にはありませんが、外部との連携を図り実践していきたいです。
- 高度な内容だったので、理解するのに苦労しました。
- ありがとうございました。

講義:「マラリアを無くす切り札」(坪井)に対するコメント

- マラリアへの新しいワクチン開発にも、今回の無細胞系のタンパク質合成が関わっていたことに驚いた。
- 「なぜ愛媛大でマラリアを研究しているのか」という話が分かりやすく、聞きやすかった。
- コムギ胚芽無細胞タンパク合成法が、マラリアのワクチン研究に利用されていることに興味を持った。タンパク質の研究は応用範囲が広く、今後様々な研究成果が人類の役に立っていくと期待させられた。
- マラリアという病気を治すということの難しさを知りました。また、そのワクチンを作るにあたり、コムギ胚芽無細胞によるタンパク質合成が役に立つという点にも興味が湧きました。
- マラリアの培養や観察をする研究室にも入ることができ、研究の大切さや病気の怖さも改めて知ることができました。
- 先生の想いの強さ。早く見つかってほしい。真鍋先生の様にもし、組み合わせで働いているのかもしれないけれど、何かワクチンに繋がる発見があるといいなと思いました。
- マラリアのタンパク質が合成され、そこから、薬の合成につなげている点
- おもしろかったです！顕微鏡写真もはっきりとわかりました。
- 生活、医療に加えて、学問にも国境がなくなればいいなぁ、と思いました。
- 虫よけスプレーなどの研究をしていたので興味がもてました。
- ありがとうございました。

講義:「生命って？私って？」(遠藤)に対するコメント

- 今回の SLC の総まとめのような内容で大変興味深く勉強させていただきました。
- 幅広い話を聞くことができて勉強になりました。リボソーム RNA の話は初めて聞く話で、もっともっと自分も学んでいかなければならないと思いました。
- セントラルドグマを中心においた様々なお話しがとても興味深く、印象に残りました。
- DNA からタンパク質合成に至る生命活動を科学的に解明していくことを IT 技術と比較したり、さらには命を考えて哲学に及んでとらえることに興味を持ちました。
- これまでイメージしていた遺伝情報をもとに作られたタンパク質の可能性というものが、講義を聞くことでさらに広がったと感じた。これからの応用にさらに興味を持ちました。
- 生命科学を理解すると、さらに応用範囲が広がっていくと感じました。
- コムギを使っていた理由が分かって、納得いきました。
- コムギ胚芽をタンパク質合成に用いるようになった経緯について知りたいと思っていたので、それがよく分かる内容でした。
- 林先生同様思いの強さ、実際にコムギ胚芽でこの様な系を作り上げた実現やそんな先生にお会いできてうれしかったです。今後の私たちや子供たちがそれを活用していろんな問題に立ち向かっていかなければいけないと思いました。
- わかりやすく話していただいていたと思いますが、理解に苦しみました。もっと勉強したいです。
- 情熱あるお話をありがとうございました。

ポスターセッション全体に関するコメント

- 他校の先生方の工夫と努力、学ぶべきことが多くあった。
- 他の方々がされている授業についてよくわかりました。
- 生徒のことを考えた工夫あふれる内容で、とても刺激になりました。やはり、机上の学習だけでは理解しにくいことも、手を動かすことによって大きく理解度が上がるんだと思いました。
- 先生方の実践例は自分の授業を振り返るよい機会となった。それぞれに工夫されており、同じ実験でも生徒にどんな力をつけさせたいかによってやり方が変わってくることが分かった。すべての説明が聞けなかったのは残念だったが生徒用プリントと教師用資料がまとめられるそうなのでそれを楽しみにしている。
- 授業等での実践例は今後の取り組みに対してとても参考になりました。もっとじっくりと個々のものを見る時間がほしいとも感じました。

- やはり時間がもう少しあればよかったと思いました。いただいた先生方のレジメは今後に活用していきたいです。
- 時間配分の関係で発表をゆっくり聞くことができなかったのが少し残念でした。
- 時間が十分になく残念でした。やってみたい実験がいくつもありました。
- 我々の実験が遅くなってしまったせいではあるが、多くの先生方のお話をもう少しゆっくり聞きたかった。
- 時間が足りなかったが他校の先生方の取り組み、事例を学ぶことが出来ました。DNA の抽出を生徒にもさせてみたいです。
- 時間がない中、片山先生が、いろいろ試行錯誤され、よりよいディスカッションにすべく、発表の形を変化させてくださり、ありがとうございました。先生方の考え方を知る良い機会となりました。
- 残念ながら見て回る時間がなかったのが残念です。

その他、講義、ポスターセッションに関する感想、要望など

- 盛りだくさんであっという間の 4 日間でした、非常に勉強になりました。
- 講義を通して、生物の教員だからと言って生物だけを考えていては、生命を理解することができないことがよく分かりました。
- 最初にも述べたように専門的な知識がなくとも理解できるような工夫がされた講義ばかりで、大変楽しく興味が湧き、得るものがとても多かったです。
- どの講義も内容は難しかったが、わかりやすく説明していただき大変勉強になりました。自分の研究に対して、意欲的に楽しんで研究していることが伝わってきて、普段の授業でも教師が楽しいと思って授業することが大切だと思いました。
- 内容を考えると、とても濃く、難しいこともありましたが、多くの先生方がていねいに講義をしてくださり、自分の財産となる貴重な 4 日間となりました。
- 限られた時間の中で、大変貴重なお話をいただきました。厚くお礼申し上げます。学校にもちかえった知識や資料はこの先の教員人生で大いに活用していきたいです。
- このたび参加させてもらってとてもありがたかったです。事前にもっと勉強しておけば、もっと理解できただろうなと思いました。
- 講義はどの講義も興味深く役立つ内容であったと思う。出来ればパワーポイントで使ったスライドの資料が手元にあるとありがたいです。後でじっくり振り返ることが出来ると思います。
- 講義のパワーポイントの印刷物(プリント)がある講義も多く、講義の受け手として助かりました。
- 各先生の工夫が見られてとてもいい刺激になった。
- 他校の先生方からたくさんのご指摘をいただけたので、とても勉強になりました。
- やってみたいと思っていた実験について、さらに工夫する点などがよく分かりました。
- 時間が足りなかったのがやはり残念でした。開始時間をあと 1 時間でも早くできれば少しは違うのかなぁ、と感じました。私自身としては、色々な先生からコメントをいただくことができて、ありがたい時間でした。
- ポスターセッションに関しては、もう少し時間があれば良かったです。特に個々でディスカッションが出来ると良かったと思います。
- ポスターセッションの時間がもう少しあると良かったと思います。
- ポスターセッションは時間が足りないと感じた。もっとディスカッション出来る時間があるとよいと思った。実際にポスターの準備にかける時間が忙しくてあまりとれず、その割にポスターセッションが生かし切れていないように感じる。グループワークにして、先生方が普段実施している授業プリントを手元で見ながら、ディスカッションする形式にしてはどうか、と思います。
- ポスターセッションも今後の授業に役に立つものが多く、自分が授業、実験を行うならどうするかを考えることができました。
- 実験や見学の内容も入るので最後にまとめて書きます。

2. 実験について

実験全体に対するコメント

- 大変興味深い実験ばかりで、楽しく実験できたし、グループ内や TA の方と議論しながら進められた。
- 自分自身勉強不足なところが大きかったです。ただ、視覚的にも生徒の興味を大きくひきつける実験も多く、とても楽しく実験できました。
- 試験管内での転写と翻訳の再現についての実験は大変興味深かった。
- 講義の部分と同様に、実験の内容をきちんと理解して自分のものにするためには、もっとよく勉強し、経験を積むことが不可欠だと思います。机上の学びに加えて、このような実習形式で実際に手を動かすことができて、とても勉強になりました。
- 教科書等で見ているだけの内容が可視化できて大変良かった。
- 学生時代に経験したこともあり、全体的に理解はできたが、改めてこのような機会いただけた事に感謝します。
- ほとんど今回がはじめてやる実験だったので実際に行うことができたことが何より良かったです。
- 何度も繰り返すことを自分自身でやって行かなければ実際に授業につながらないことを改めて感じた。
- 実験は比較的スムーズにいったようでありましたが、先生方や大学生の指導の上のことであり、現場に戻って実践となるとそうはいかないと思われます。
- 現場に道具がそろっていないので、実践は難しい。
- TA の方も親切にしていただき、助かりました。
- TA の方がついて、丁寧に説明してくださりありがたかったです。

実験1-1 「(組換え DNA の作製)」、「遺伝子導入」に対するコメント

- 遺伝子組み換えの実際を体験でき、とても興奮いたしました。
- もともと学生時代やったことがあったが、この様に自分が所属していた研究室ではない、他の研究室の流儀でやることにより、少しずつ操作が異なり何のためにやっているのか考えることができ、良かった。
- いままであいまいだった部分が、少しわかったような気がします。
- 実験そのものは、それほど難しいものではなかったが、実験操作の意味をよく考えて理解しながら行わないと単純作業になってしまう。ベクターDNA やインサート DNA の作製方法を詳しく知りたい。
- 普段、中高生相手には行っていない実験なので 20 年以上ぶりに使うということで、実際に実験するときに、こまかい部分(例えば薬品はどこのものを使うか)が詰め切れていないので、今後も指導してもらえるとありがたく感じます。
- 中学理科では、DNA について少ししかやってなかったのでくわしくできてよかったです。
- 最初はマイクロピペットでも緊張していました。生徒にとっても実験するうえで``慣れ``も大事であると感じました。
- 作業の注意点などを TA の方がていねいに教えてくださり、生徒に指導するときの参考になりました。

実験1-2 「DNA の分析」に対するコメント

- 仮説とは異なる結果になり、その理由を考えるのが楽しかった。もしもっと時間があったら、その配列を決定していたりと、もっと深く調べたかった。
- ライゲースがあるとベクターどうしがつながってしまうことがあることがわかりました。実際にやってみることですべてが教科書通りにはならないことに気付かされます。
- 電気泳動による結果を実際に見ることで、視覚的に大きさを捉えることは効果的であると実感できました。
- 始めよくわからなかったが、実験してみて理解できました。
- DNA のバンドと構造の関係がよく分かりました。
- DNA の分析については授業に取り入れるには、やや厳しいように感じる。せめて、理数科のある学校で実施のできる県になって行けるよう努力したい。
- ゲルのポケットに注入するときは、すごく緊張しました。緊張のしすぎも良くないと思いますが、やはり、実験にはある程度の緊張感も必要だなぁ、と改めて感じました。

実験1-3 「試験管内での転写と翻訳」に対するコメント

- この愛媛大学のサイエンスリーダーズキャンプに参加できたからこそ経験することができた実験で、本当に貴重な体験でした。2 学期からの 2 年生の授業では是非とも紹介したいと思います。
- この実験に関しては、簡易実験も含め、通常講義形式で行ってしまう内容のものを実体験することで、とても興味がもて、現場での実施をしてみたいと感じました。
- 試験管内でできるということで、ぜひ生徒にさせたいと思いました。
- 新しいテクニックでした。とてもおもしろかった。
- 目で見える点とある程度、簡単な点
- リボグリーン溶液によって RNA が検出されることで、mRNA の合成が目で確認できることに興味を持った。
- 操作はわかるのだが、何がどの役割をしているのか、生徒にはわかりにくいと思った。1つ1つステップを踏まえて生徒に使ってみたい。事前に配ってくださった資料が使えます。
- 簡易版も面白く、どちらも生徒に実施できたらと思うほどでした。
- 簡易キットは、多くの学校で行いやすいキットで、非常に興味深い。
- ぜひやってみたいです！キットください!

実験2-1 「PCR による DNA の増幅」に対するコメント

- PCR から電気泳動までを合わせて、どのようなバンドが出るのか予想を立てるところがとても楽しかったです。PCR の機械は 1 回スタートボタンを押してしまうと勝手に反応が進み、生徒にとってはブラックボックスのようなものだと思います。そのため、扱う際には反応の原理を資料集などを用いてしっかり伝えなければいけないと感じました。
- PCR について少しだった知識が実験で来て興味がもてました。
- PCR の原理が理解でき、DNA 研究の貴重な体験になりました。
- 原理を思い描きつつ、実験操作を理解しながら進めていくことは、実感があり、興味がもてると思いました。
- 授業では机上での話となると思うが、実際に理論について学生さん(神森さん)に教えていただき、とてもよく理解できた。
- 授業で実際扱っている部分なので、実際に経験できて良かった。
- 原著論文を読んだことがあったので、特に新しい知見はなかったが、スライド(動画)などを使ってくださり、また実際実験をやることにより、充実した。学校でぜひ行いたい。
- PCR の原理をアニメーションで説明すると理解しやすいと思いながら、実際の授業では見せたことがなかったので今後利用してみたいと思った。プライマーの作製方法や、塩基配列の決定方法など知りたい。
- PCR(サーマルサイクラー)がないのが残念です。あれば使いたいのですが・・・。

実験3-2「電気泳動によるタンパク質の分析」に対するコメント

- 電気泳動の結果について予測も(少しですが)立てられ、解説と合わせて考えることができました。
- タンパク質などの分子量の大きいものを測定するので感度や分解能が近いことが、実験結果からでもよくわかりました。コムギ胚芽からもたくさんのタンパク質が検出されることに驚きました。
- いつも生徒がゲルの作成から苦労しているのを横で見ていたばかりでしたが、今回ゲル作りはせずとも(たふんここが 1 番つらいところだと思いますが)、生徒と同じ実験を体験することができて良かったです。各手順についても理解が深められました。
- 白のコロニーが実はちゃんと DNA を取り込んでいた。予測と異なる結果をもっと詳しく調べて(配列決定等)明らかにしたくなった。
- タンパク質分析の電気泳動の実験で視覚的に捉えることは魅力的であるが、濃度その他の条件をどのようにするかは非常に難しいと感じました。
- 電気泳動の方法もいろいろあっておもしろかったです。
- 大学時代にやったことがあり、なつかしく感じた。

◆泳動装置がないので残念です。これも生徒にやらせたいのですが･･･。

実験3-3「MALDI-TOFMS」に対するコメント

◆5000 万円の機械に触れることができて感激です。写真でしか見たことがなかったものを、今度からは自分の体験（自慢）もふまえて話せることが嬉しいです。
◆先端機器を身近にふれられてよかったです。
◆普段使えない機器を使えて、貴重な体験になりました。
◆先端技術を通した分析について、観察･見学することに興味を惹かれつつ、生徒を相手にする教員側の努力の必要性も強く感じました。
◆研究室見学での質量分析をされている研究室のお話と合わせて聞くことにより、より興味を持って実習する（実際には見せていただくだけだが）ことができた。
◆全く仕組みを知らなかった質量分析について少し理解できたと思います。
◆原理は知っているつもりだったが、実際見て、何がどうゆう風に調べられているのかよくわかった。生徒もつれていき見せたいと思いました。
◆分析結果がたいへん小さい単位まで測定できることに興味を持ちました。測定するタンパク質の性質や加えるﾏﾄﾘｯｸｽによって測定結果に誤差が生じるのではないかと思いました。

その他、実験に関する感想、要望など

◆実験することで、講義のみでの授業では得られない興味や関心を持てることや、理解が深まるということが体験できました。
◆どの実験もとても興味深く、新鮮なものばかりでした。理解が追いついていない部分も多くありましたが、これから学んでいこうと思います。
◆量としては盛りだくさんであるが、どれも大変興味深く、貴重な経験をすることができたと思います。
◆内容を理解したうえで実験を進められればもっと良かった。もっと勉強しなければ･･･。
◆実験はどの内容も興味深く勉強になった。要望としては実験操作や結果などについてももっとディスカッション出来る時間があるとありがたいなと思います。班についてくれた TA の院生のみなさんにはいろいろ質問に対応していただいて、大変お世話になりました。
◆特に、TA の方には、実験方法の説明から、質問にも対応していただいていただき大変感謝しております。実験については、大学のころやらなかった実験がどんどん高校で行われるようになっており、教員に対する実験講座が必要なのではないかと思います。
◆TA の方には本当に助けていただきました。質問（とても基礎的なことであっても）に対して親切丁寧に教えていただき、手順も留意点までしっかりと指導していただき、本当にありがとうございました。今後の自分の実験指導にも活かしていきたいと思います。
◆実験の準備や片づけなどをやっていただいた TA さんたちに感謝です。
◆仕事をしているとなかなか日々の授業準備に追われ、プラスαで実験、研究できてないので、実験できて幸せでした。
◆TA の学生さんに本当に助けてもらいました。優秀な後輩たちに出会えて嬉しかったです。
◆実験がスムーズに行えるように、準備片づけなど大変だったのではないかと思います。
◆次のところにまとめて書きます。

3. 研究センターの見学について

「研究センターの見学（城北ステーション）」に対するコメント

◆実際に研究をされている最前線の現場と先生方のお話しをきくことがきてうれしかったです。

- 各研究施設内容は魅力を感じました。その内容を授業等の中で紹介していきたいと思いました。
- 研究内容によっては難しくてよく理解できないものもあったが、非常に情熱をもって研究されていることが伝わってきた。コムギ胚芽無細胞タンパク質合成が幅広い分野で利用できることがよく分かった。
- 私は理論系出身だったので、実験系の研究室の友人を見ながら大変そうだなぁーと思っていましたが、城北キャンパスの見学を通して自分の手で結果をつかんでいく楽しさのようなものを感じることができた気がします。
- 無細胞タンパク合成の技術を基盤に、いろいろな分野の研究がされていることが実感できた。
- 医学部よりも、もっとコムギ胚芽との深い関わりの多い研究が多くあった。
- 愛媛大は本当に素晴らしい研究環境にあると思いました。
- 研究センターでの見学もできてありがたかったです。

「研究センターの見学（重信ステーション）」に対するコメント

- 医学部のイメージが変わりました。とても面白かったです。
- 医学部の研究室を見学したのは初めてだったので、生徒への進学指導にも活かせると感じた。
- 病理の部屋を実際に初めて見ることができて、1 番楽しかったです。愛媛大学病院で人間ドックをお願いしたくなりました。医学部のイメージが変わりました。
- 医学の研究領域のおもしろさ実感しました。生徒への進路指導の際に、具体的な話もできそうです。
- 医学の面で先端技術について数多く紹介していただき興味の持てる内容ばかりでした。特に映像は中高生にも目を惹くと思われます。
- コムギ胚芽の技術がどう使われたり、どう関わるのかの一部を知ることができた。膜タンパク質を合成できることも知り、素晴らしい技術だと再認識した。
- コムギ胚芽無細胞タンパク質合成の技術が、医学の分野でも利用され、独自の研究が行われていることがよく分かりました。また、実験装置や測定機器など、普段見ることができないようなものも見せていただき、興味が湧きました。
- マラリア原虫の行動について今まで知らなかったが、おもしろいと思いました。
- いろいろな研究室の説明をしていただき興味がもてました。

その他、研究センターの見学に関する感想、要望など

- 多くの施設を拝見することができました。ありがとうございました。
- 短期間で数多くの先端研究を見せていただき、極めて貴重な体験となりました。
- 見学は普段入れないので興味深かったです。
- ふだんは見られないところを見せていただきありがとうございました。またお忙しい中、お時間を作っていただき、先生方、ありがとうございました。
- 現在の大学では、どんな装置を使い、どのような測定が行われているのか知ることができ、学校に戻って生徒の進路選択の参考になると思った。

4 その他、全体的な感想、意見、提案など

- すごく楽しく、刺激的で、充実した 4 日間でした。いつも感じている「時間が足りない!」とは質の違う「時間が足りない！」という感覚に浸ることができて、幸せです。この気持ちは戻ってからも忘れずに、毎日を過ごしていきたいです。本当にありがとうございました。
- 林先生、片山先生、講義をしてくださった先生方、TA の方々には大変お世話になりました。お忙しい中これだけの準備をするのは大変だと思います。3 泊 4 日、行かせていただけてありがたい思いでいっぱいです。大学の研究室に戻って、実験やテーマについてずっと考える時間となりとても幸せでした。ありがとうございました。
- まず、先生方の教育に対する思いの強さが強かった。そんな環境で学べる学生、私たちは大変贅沢だと思いました。プログラムは大変忙しいものでしたが、だからこそ、充実して時間を大切にしながらできてよかったと思います。

もし可能なら、一度持ち帰って実践した後に、また一堂に会して今後を、検討したいと思いました。また、JST のみなさん今後も続けてくださいよ。

- 3 泊 4 日という限られた期間内で盛り沢山な内容を実習・講義・見学等をさせていただき、大変勉強になりました。ここで得たことをきっかけに中高の教育現場でより有意義な内容を指導できるよう努めていきたいです。いろいろとありがとうございました。
- 量、質ともに盛りだくさんで、ついていくのに必死であったが、どれも大変興味深く、自分が想像していた以上に自分自身が前向きになっていることを感じることができた。とても貴重な体験をさせていただいたと思います。
- 全体として実験・講義・見学が盛りだくさんだったので、慌ただしかったが、大変充実した時間を過ごすことができました。林先生、片山先生をはじめ、TA の方々、JST の中井さんには大変お世話になり、準備も大変だったと思います。様々なサポートのおかげで、4 日間のキャンプを無事に終えることができました。
- 学生だったときを思い出すことができた 4 日間でした。日程は厳しいものがありますが、無理にでも時間をつくることをしなければ、なかなかこのような経験もできなかったように感じます。
- 長時間にわたってお話しいただき、また、レポートや発表準備にお付き合いをいただき、本当にありがとうございました。次回が最終回ときき、さびしく思いますが貴重な体験ができた受講生としてこれからに活かしたいです。
- 内容の濃い 4 日間だった。ただ、自分たちのテーマ以外のところの理解がどのくらい深められたかは不安が残る。
- お忙しい中、我々に講習をしていただきありがとうございました。
- じっくりと学ぶ場を設けることができ、感謝しています。
- 先生方や TA の方に多くのサポートをしていただきました。
- 他の教員の方との交流もでき、他県の様子などを聞くことができて、大変参考になりました。実験を手伝ったいただいた TA の方には、質問などにも丁寧に答えていただき、とても感謝しています。
- 実験の合間に別の実験の準備をしたりしていましたが、その時間にもっとディスカッション出来ると良いなと思います。
- 全体的にあわただしい時間（スケジュール）だったように思います。
- もう少し、スケジュールに余裕が欲しかったです。
- ありがとうございました。
- 昨年度のキャンプに参加された先生方の話はとても参考になりましたが、あとのプログラムもあるのでもう少し時間を区切っていただければと感じました。TA の学生の方々は説明も上手でよく動いてフォローしていただき、夜も遅くまでお付き合いいただいて、とても頼りになりました。ありがとうございました。

5 今後の取り組み（勤務校での授業実施、教材開発など）に関する予定や抱負など

- 時期：来年度　　対象：学校、生徒の性質上、勤務校での実践は難しい。
- 教員対象の勉強会等を県の教育センターとコラボして実践することを検討したい。

- 時期：10 月、12 月　　対象：研究授業（2 年生）、オープンスクール（小中学生）
- 研究授業の内容は未定です。オープンスクールでは簡易版か、キットの方をできたら良いなぁ、と思います。

- 時期：　10 月～11 月　　対象　理科教員
- 今回のキャンプの報告を県の理科研究会で行う予定です。その後の計画につきましては、追って報告をいたします。

- 時期：　　対象
- ポスターで見せていただいた実験や、簡易キットを使った実験は実践していけると感じるものが多くあったので授業に組み込んでいきたい。

◆時期：　　対象
◆授業実施と、教員向けの研修で、プロテオサイエンスデンターの宣伝をしたいと思います。

◆時期：10 月　　対象　3 年生
◆3 年生の化学を教えているので、「タンパク質・核酸」の分野でDNA の抽出実験を取り入れてみたいと考えています。

◆時期：　　対象
◆無細胞合成系によるタンパク質合成については生徒実験を実施したいと考えてます。10 月に実施を考えていますのでまた改めて実験キットをお願いしたいと考えています。また、愛知県の教員研修にて、生徒実験の報告をする予定です。

◆時期：1 月～2月　　対象：2 年理系「生物」選択者
◆できればキットを使ったものを行い、自分自身が指導できる実験の1つとしたい。最終的には県全体に伝えることができるようにして行きたい。

◆時期：　　対象
◆無細胞タンパク質合成をぜひ学校でやってみたいです！これからもよろしくお願い致します。

◆時期：2～3 学期　　対象　2 学年生徒（1～2 クラス）
◆転写、翻訳実験キットを使用して、生徒にセントラルドグマを実感してもらう実験を行いたい。出来れば県内の他校の先生にも紹介できる機会を作りたいと考えている。

◆時期：　　対象
◆まず、9 月に高 3 の授業でセントラルドグマ、転写・翻訳を実践してみます。その後、クラブの生徒と、より良い教材開発を一緒にしてみたいです。いろいろもうすでに先生方が試行錯誤された後なのでなかなか難しいかもしれませんが、チャレンジしてみます。

◆時期：　　対象
◆県内の生物教員
◆キャンプの報告、簡易版タンパク質合成実験を実施したい（11 月中旬）
◆県内の小・中・高理科教員に対しての研究発表（1 月下旬）（未定）
◆授業で実施したい（時期未定）

◆時期：3 学期ごろ　　対象：化学、アミノ酸、タンパク質
◆今回得た知識をもとに、生徒に伝えていきたい。生物の内容を化学視点で伝えたい。
正確な時期は分かりませんが、できるだけ早い時期に今回の研修内容を活かして高校3年生の理系クラスで化学選択者と生物選択者と合同でセントラルドグマに関する実験を実施しようと考えています。

◆時期：　来年度　　対象　2 年生理系生

◆時期：　9～11 月　　対象　中学 3 年
◆DNA 抽出から mRNA への転写　・タンパク質の合成。中学生にもわかるようにして授業を行いたいです。

エ. 業務の目的及びプログラムの目標の達成状況

アドバイザーの所見

キャンプ実施に際して、愛媛大学教育学部、向平和准教授（専門：理科教育）にアドバイザーを依頼した。事前にはプログラムの内容、スケジュール、テキストなどに関してアドバイスをいただくとともに、キャンプ中は講義や実験に同席していただき、内容に対するアドバイスをいただいたり、受講者からの質問に答えていただいた。またキャンプ終了後は専門的立場から本プログラムに対する所見をいただいた。この所見の内容も、本プログラムの実施状況および目標の達成状況を判断する上で参考とする。

平成27年度　愛媛大学　サイエンス・リーダーズ・キャンプについて

愛媛大学教育学部　　向　平和

平成 24 年度より全面実施となっている教育課程において、理科の教科内容の現代化は顕著である。特に生物的領域に関する内容では、個体レベルの内容は前期中等教育段階までに学習し、後期中等教育段階では分子レベルの取り扱いが多くなっている。このような大幅な教育内容の変更は、現場の高等学校理科教員に対して大きな負担であると容易に想像できる。また次期学習指導要領の改訂では「アクティブ・ラーニング」が重視される。それらの対応のための教材開発、実験設備などの物的整備はもちろん、教員研修や教員養成といったソフト面での支援が不足している。

愛媛大学で実施された本プログラムは上記の課題に対して以下の 3 点からとても有効であると考えられる。

第 1 に実施したプログラムの教材である。本プログラムの教材は、分子生物学を中心とした観察・実験を取り扱っている現行の生物基礎や生物の教科書に対応している。そのため、参加した現職教員の講義や実験内容に対する理解度や興味関心が高くなっている。また、細菌を用いる遺伝子に関する実験は、様々な規制や安全対策を気にする必要がある。本プログラムで紹介しているコムギ胚芽の抽出液を用いた無細胞タンパク質合成技術は、規制等に抵触しないため高等学校の教育現場に導入が容易である。すぐに活用できる教材の紹介は何よりも現場の理科教員が求めている情報である。

第 2 に実施体制である。遠藤先生、林先生といった第一線の研究者と高等学校の教職経験がある片山先生、大学院生・学部学生の TA が協働で実施している。第一線の研究者からは、研究に取り組む姿勢、科学的探究心を伝えられていた。教職経験がある大学教員からは、理論と実践の往還も含めて、生物教育としての考え方が伝えられた。さらに、TA が一生懸命補助していることも効果的な実施に一役買っていたと感じた。また TA として参加した学生が教育に関する理解が高まっていることも副次的な効果としてあげることができる。

第 3 に多様な講義・実習内容である。セントラルドグマを中心として捉えた生物概念を構築するために、効果的な観察・実験教材を通して、科学的な素養を生徒に身につけて欲しいと考えられ、本プログラムが構成されている。また、才能教育に関する内容や教員の発表なども実施され，アクティブ・ラーニングなど新しい教育方法の習得にもつながる内容が含まれている。さらに継続的な支援を行うために、ICT を活用した交流を企画している。これからの科学研究者を育てて欲しいという担当教員の情熱が本プログラムを効果的なものにしている。

上述したように本事業はこれからの科学教育を発展させていく上で効果的である。今後、本プログラムに参加した高等学校理科教員が得られたものを勤務校の生徒に活用することはもちろん、地域の教員に伝播させていくことが求められる。現職教員が新しい教材に関する実践的指導力を養成できる本事業が今後も継続することが切に望まれる。

キャンプの目標の達成状況

目標 1　DNA とタンパク質の働きおよび遺伝情報の流れなどの基本的な生命現象を理解させるために、身近な「生き物」から学習を始め、化学や物理にも興味や関心を持たせるような統合型生命科学教育を推進できる素養を習得し、これを勤務校における授業に反映して、その効果を検証できること

この目標達成のため、キャンプでの主な実習テーマとして、愛媛大学が推進してきた「試験管内タンパク質合成法を基盤とした新しい生命科学教育法」を中心とした講義と実験を実施した。現代生命科学の必須の手法である「遺伝情報を利用したタンパク質の調製とその分析」に関連するものを選び、一連の流れとして、「遺伝子情報の流れとタンパク質の合成」を直感的に教えられるようなものとした。また生命現象に直接関わるタンパク質を化学的観点から考えられるような実習を配置した。最終日の発表は全体として「遺伝情報とタンパク質の性質」をテーマとする相互に関連する内容であり、準備の過程において内容の理解を深めると同時に、他のグループの発表内容を聞くことによりさらに理解を深められるよう配慮した。また主な実験はその原理を理解するため、直前あるいは直後に関連した内容の講義を配置した。キャンプ終了後、勤務校における授業の実践に際して、実施する際の注意をしたり、試薬、器具などを送付したりした。

以下のようなキャンプ実施状況およびキャンプ後の取り組みから判断して、目標 1 は達成できたと考える。

1. 最終日の各グループによる実験のとりまとめの発表（本報告書 60～74 ページ）から、本キャンプで取り扱った内容に関して受講者が十分に理解し、実験結果を考察できたと判断した。まず各グループとも実験の目的（どのようなことを教えるか）をしっかり認識していたこと、そして実験結果を正しく解釈し（例えば、実験を行う際に最も重要となる、予測される結果と実際の結果を照らし合わせることから考察をする）、結果が意味することを正しく説明できた。アンケート（本報告書 139～156 ページ）にも以下のような感想がみられた。

   - 電気泳動の結果について予測も（少しですが）立てられ、解説と合わせて考えることができました。
   - 仮説とは異なる結果になり、その理由を考えるのが楽しかった。もしもっと時間があったら、その配列を決定していたりと、もっと深く調べたかった。
   - 白のコロニーが実はちゃんと DNA を取り込んでいた。予測と異なる結果をもっと詳しく調べて（配列決定等）明らかにしたくなった。
   - 先端技術を通した分析について、観察・見学することに興味を惹かれつつ、生徒を相手にする教員側の努力の必要性も強く感じました。

2. キャンプ修了後の取り組み（本報告書 100～129 ページ）
   キャンプの実施前に基本的な生化学、分子生物学の実験の経験および実習を伴う授業の実施を受講者に訪ねたところ、「DNA の抽出実験」については 18 名が経験あり、10 名が授業で実施、「PCR（DNA の増幅）」については 14 名が経験ありと回答している（表 1）。これらの実験に関しては「経験あり」の人数が昨年より大幅に増え、DNA の抽出実験などは授業にも取り入れられている。おそらく教科書が新しくなり、教員の意識も高まったこと、および大学などでの連携授業や公開講座が増え、PCR 等を体験する機会が増えたものと考えられる。しかし一方で、「組換え DNA の作製」、「遺伝子導入」、「タンパク質の電気泳動」といった重要な手法については過半数が経験なし、実習を伴う授業に至っては多くても 2 名しか実施していなかった（表 1）。今回のキャンプへの参加によって少なくともこれらの実験に関しては全員が「経験あり」となり、今後の授業実施などに有益であると考える。またキャンプ終了後の授業の実践に関し

ては、2016 年 1 月の段階で、キャンプの内容に関連する実験授業が 7 件実施されており、年度末までにさらに 3 件が予定されている。多くの場合が、転写翻訳キットあるいは翻訳のみの簡易版キットを用いたタンパク質合成実験であるが、その他DNAの抽出実験なども実施されている。受講者自身で操作や手順を工夫したり、実験資料を作成したケースもある。さらに授業の後、生徒や 参加教員にアンケートをとり、理解度が上がったことや実施した実験が効果的であったことを検証したケースもあり（本報告書 106、110、112、123 ページ）、「勤務校における授業に反映して、その効果を検証できる」ことも達成されたと言える。

表 1. キャンプ以前の分子生物学的手法に関する経験と授業実施状況（回答数 20 人）、

	DNA の抽出	組換え DNA の作製	遺伝子導入	PCR（DNA の増幅）	タンパク質の電気泳動
経験なし/人	3	13	10	5	14
経験有り/人	8	7	9	14	6
授業で実施/人	10	0	2	1	0

3. JST で実施したアンケート（本報告書 131～138 ページ）の「問 5 最も良かったプログラムとその理由」において「転写」または「翻訳」を挙げた受講者が 11 名（58%）および 10 名（53%）と他のプログラムより圧倒的に多かった。またその理由として以下のような感想が述べられていた。

- とても簡単に転写と翻訳ができることに驚きました。その後の時間経過と発光の強さの観察も興味深かったです。
- 無細胞合成系であれば、是非学校で実施したいと思いました。
- 中･高問わず、文理選択にも関係なく、誰にでも興味が持てそうな実験･実習内容で活用する対象が広いと感じた。
- mRNA やタンパク質の合成が、蛍光によって認識できるため結果の確認が簡単に行えることに感動しました。
- 授業の中に取り入れることが最も可能であると感じた点。 生徒に大きなインパクトを与えることができるように感じた点

4. 本学が実施したアンケートにおいて（本報告書 139～156 ページ）、「講義の内容は理解できましたか？」、「講義の内容に興味がもてましたか？」、「講義の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？」の問に対して、「タンパク質と遺伝子」、「遺伝暗号を見てみよう」、「新学習指導要領・・・・」などは強い肯定が 70%を超えていた。また実験に関してもほぼすべての項目に対して強い肯定が 70%を超えている。特に実験 1-1「（組換え DNA の作製）」、「遺伝子導入」、実験 1-3「試験管内での転写と翻訳」、実験 2-1「PCR による DNA の増幅」に対してはほぼ 80%の受講者が「内容を理解した」、「興味がもてた」と回答しており、新学習指導要領に取り入れられた生化学や分子生物学的な内容に対する関心の強さがうかがえる。各設問における自由記述や「5 今後の取り組み（勤務校での授業実施、教材開発など）に関する予定」に対する自由記述の中にも以下のようにキャンプの講義や実習内容を今後の授業に活用したいという意欲的な記述が多かった。

- DNA の分析については授業に取り入れるには、やや厳しいように感じる。せめて、理数科のある学校で実施のできる県になって行けるよう努力したい。
- 試験管内でできるということで、ぜひ生徒にさせたいと思いました。
- この愛媛大学のサイエンス･リーダーズ･キャンプに参加できたからこそ経験することができた実験で、本当に貴重な体験でした。2 学期からの 2 年生の授業では是非とも紹介したいと思います。

◆この実験に関しては、簡易実験も含め、通常講義形式で行ってしまう内容のものを実体験することで、とても興味がもて、現場での実施をしてみたいと感じました。
◆この分野の実験を実際に高校現場で導入するにはハードルが高い（機材、時間等）が、転写、翻訳キットは生徒実験にぜひ取り入れたいと考えている。出来れば 1～2 時間の中でできるような工夫を考えてみたい。
◆操作はわかるのだが、何がどの役割をしているのか、生徒にはわかりにくいと思った。1つ1つステップを踏まえて生徒に使ってみたい。
◆簡易版も面白く、どちらも生徒に実施できたらと思うほどでした。
◆簡易キットは、多くの学校で行いやすいキットで、非常に興味深い。
◆PCR の原理をアニメーションで説明すると理解しやすいと思いながら、実際の授業では見せたことがなかったので今後利用してみたいと思った。プライマーの作製方法や、塩基配列の決定方法など知りたい。

5. アドバイザーの所見（本報告書 157 ページ）に以下のような記述があるが、キャンプ終了後の授業実践、無細胞タンパク質合成に対する上記のアンケートの回答および感想はこれを裏付けるものである。

「本プログラムの教材は、分子生物学を中心とした観察・実験を取り扱っている現行の生物基礎や生物の教科書に対応している。そのため、参加した現職教員の講義や実験内容に対する理解度や興味関心が高くなっている。また、細菌を用いる遺伝子に関する実験は、様々な規制や安全対策を気にする必要がある。本プログラムで紹介しているコムギ胚芽の抽出液を用いた無細胞タンパク質合成技術は、規制等に抵触しないため高等学校の教育現場に導入が容易である。すぐに活用できる教材の紹介は何よりも現場の理科教員が求めている情報である。」

目標 2 研究現場における先端技術の現状や生命科学の将来展望を理解し、これを勤務校において紹介し、生命科学と日常生活との関連を生徒に考えさせる一方で、意欲や才能に優れた生徒にはハイレベルな探究活動へと発展させる機会を与えることができること

この目標達成のため本キャンプではまずキャンプ 1 日目に才能教育の専門家による講義を実施した。また生命科学の先端研究に関する実験操作を専門家の指導によって原理から先端まで実体験できる内容とした。講義や実習では実験操作を基本的なものと先端的なものを組み合わせることによって、教科教育力だけでなく、才能のある生徒の指導力も向上するようにした。具体的には「大腸菌による大量発現（基礎）」と「コムギ無細胞合成法（先端）」および「電気泳動による分析（基礎）」と「MALDI-TOFMAS による質量分析（先端）」を組み合わせた。またこれに PCR による DNA の分析と塩基配列の翻訳を組み合わせて、塩基配列とタンパク質のアミノ酸配列の関係を総合的に理解できようにした。研究センターの見学では、先端研究機器や応用研究に触れることによって、高校での学習内容の発展としてどのような応用があるか認識させた。

以下のようなキャンプ実施状況およびキャンプ後の取り組みから判断して、目標 2 は達成できたと考える。

1. サイエンス・リーダーズ・キャンプの目的の一つである「3）才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導方法を修得させる」ことに関連して、教育学部隅田学教授によって、才能教育に関する講義「生命科学における才能教育」が行われた。その内容と受講者が提出された課題から、内容の理解度などを以下のように分析し、キャンプ中に行った実験を中心として、才能教育の可能性を考えることができていた。

講義の内容
まず才能教育について，概念的・制度的に既に整備されている米国を事例に，「才能児」の定義，「才能児」と認定されている児童生徒の割合，「才能児」認定の観点例，「才能児」の行動特徴例（ネガティ

ヴな側面も含む），才能教育プログラムの主要な形態，米国の科学才能教育実態（各種学校での実践例や授業中の評価の観点等）が紹介された。続いて，21 世紀の科学研究・教育を取り巻く状況として，自然科学の急速な進展と構造変化が解説され，フィリピン大学附属学校での「タンパク質の試験内合成」教材の授業実践が紹介された。受講生は，紹介されたような才能行動特徴を示す生徒が自分たちのまわりに少なからず存在すること，また才能児が必ずしもオールマイティで完璧なわけではないことを再認識できた。また，本キャンプの内容に関わる具体的な先端的生命科学授業実践をイメージすることができた。

「才能ある生徒を伸ばすための方策」に関わる課題

講義の後，受講者には，次の2つの課題を出し，キャンプ終了後に回収した。回収した 14 名分について，その回答例と傾向を以下のように分析した。

課題1は，「先生がこれまで接した才能ある生徒の理科に関わる個性や能力，エピソードを教えて下さい」であった。課題1は，理科に関わる才能行動を参考に，自分で，理科授業内外において，才能ある生徒に気づくことができるようになることを目標とする課題である。才能ある生徒は，身近に存在すること，そしてそういう生徒は特別なニーズを有することを理解することが重要である。回答者 14 名全てのが，自分が接したことのある生徒の中から，才能があると思われる生徒の特性やエピソードを記入していた。その回答例を以下に紹介する。そして，回答をテキストデータとして，テキストマイニングによりキーワードを抽出し，マッピングしたものを併せて示す。テキストマイニング分析には，SSRI 社トレンドサーチ 2015 を使用した。

課題1への回答例（本報告書 51～59 ページ）

- 化学を自主的に学習しており，高1の段階でひととおりの内容は習得し，受験問題にも対応できるほどの力をつけていた。
- 日常生活に起きている現象と授業内容を照らし合わせた質問をできる生徒。この生徒は自分で調べて，自作のプラネタリウムを学校祭で発表した。
- 自分の抱いた疑問について教員にぶつけてきたとき，自分の考えた仮説を話せる。その単元のはじめの1時間目などで最終目標（理解させたいこと）を質問してくる生徒。普段になく喜怒哀楽が極端になくなることがある。
- 実験で説明を聞かずに自分でどんどん進める。失敗も多くするがめげない，我が道を行く！。

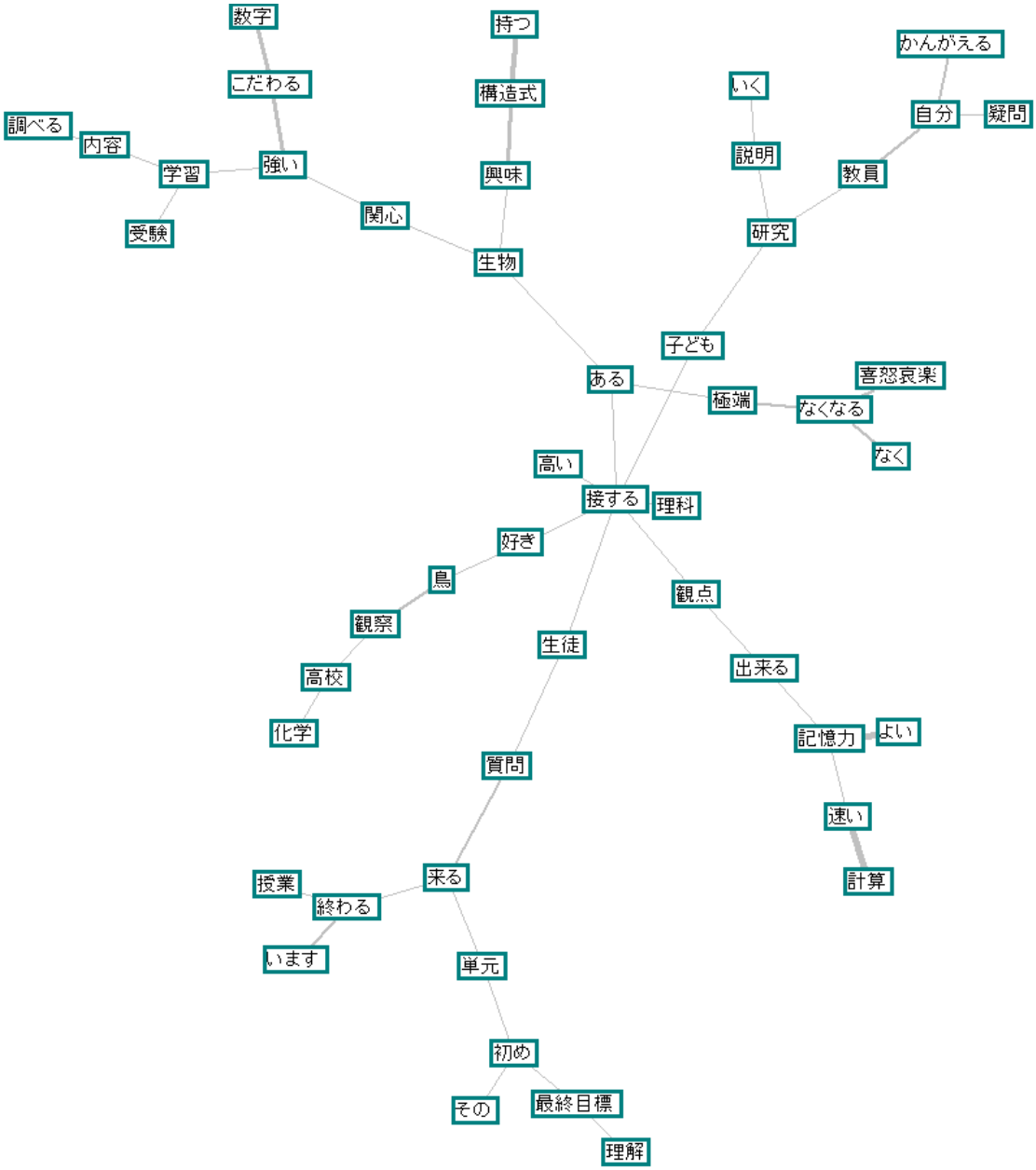


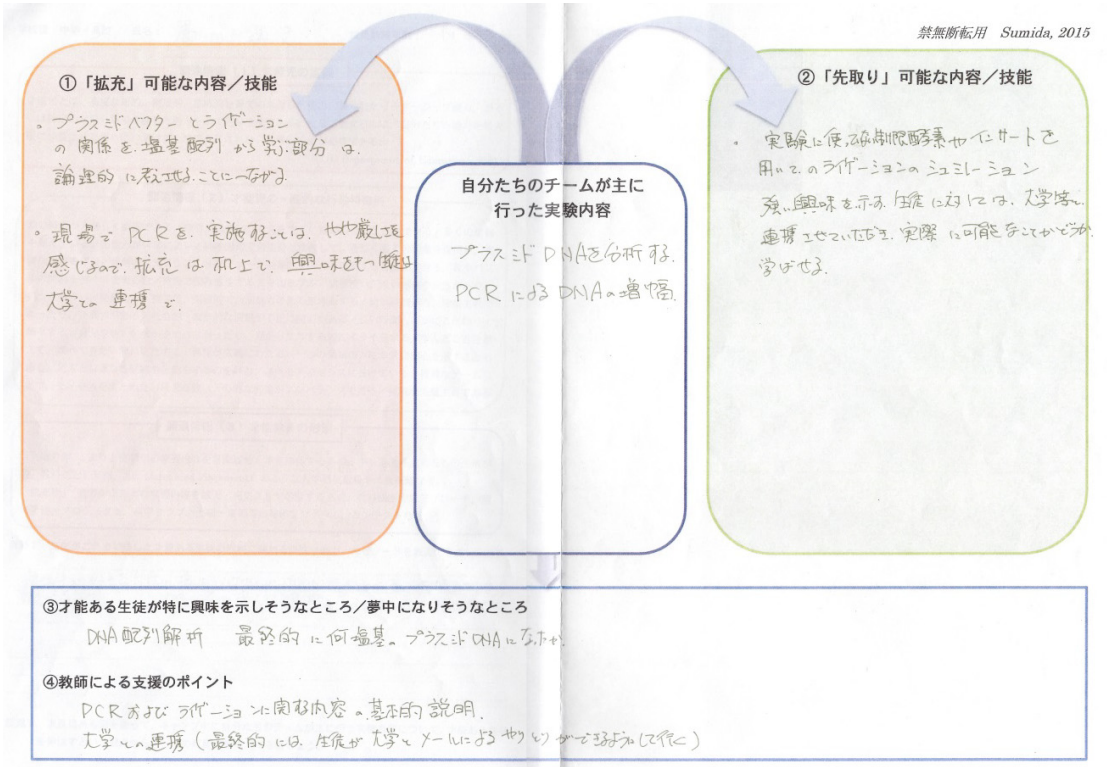
図　自分が接した才能児の特性やエピソードに関わるキーワードマッピング

課題２への回答例(本報告書 51～59 ページ)

課題２は，キャンプ中に各受講者が行う実験内容を踏まえ，それを才能教育のプログラム開発・実践の観点から，可能性を考える課題である。大きく，２つの才能教育の形態，「拡充」と「早修」について考えると共に，才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ／夢中になりそうなところを想定し，指導方法を深化・拡充させる課題である。この課題については，自分たちのチームが行った実験内容と共に，１枚の図として整理できるような回答用紙とした。

課題２についても，課題１同様に，回答が得られた参加教員全てが，自分がキャンプ中に行った実験を中心として，拡充や早修の可能性を考えることができていた。回答例を以下に紹介する。そして，課題２の回答用紙の「④教師による支援のポイント」について，参加教員による回答をテキストマイニングにより分析したものも併せて示す。

課題２への回答例



禁無断転用　Sumida, 2015

①「拡充」可能な内容／技能

- プラスミドベクターとライゲーションの関係を、塩基配列から学ぶ部分は、論理的に考えさせることにつながる。
- 現場でPCRを実施することは、やや厳しさを感じるので、拡充は机上で、興味をもつ生徒は大学との連携で。

自分たちのチームが主に行った実験内容

プラスミドDNAを分析する。
PCRによるDNAの増幅。

②「先取り」可能な内容／技能

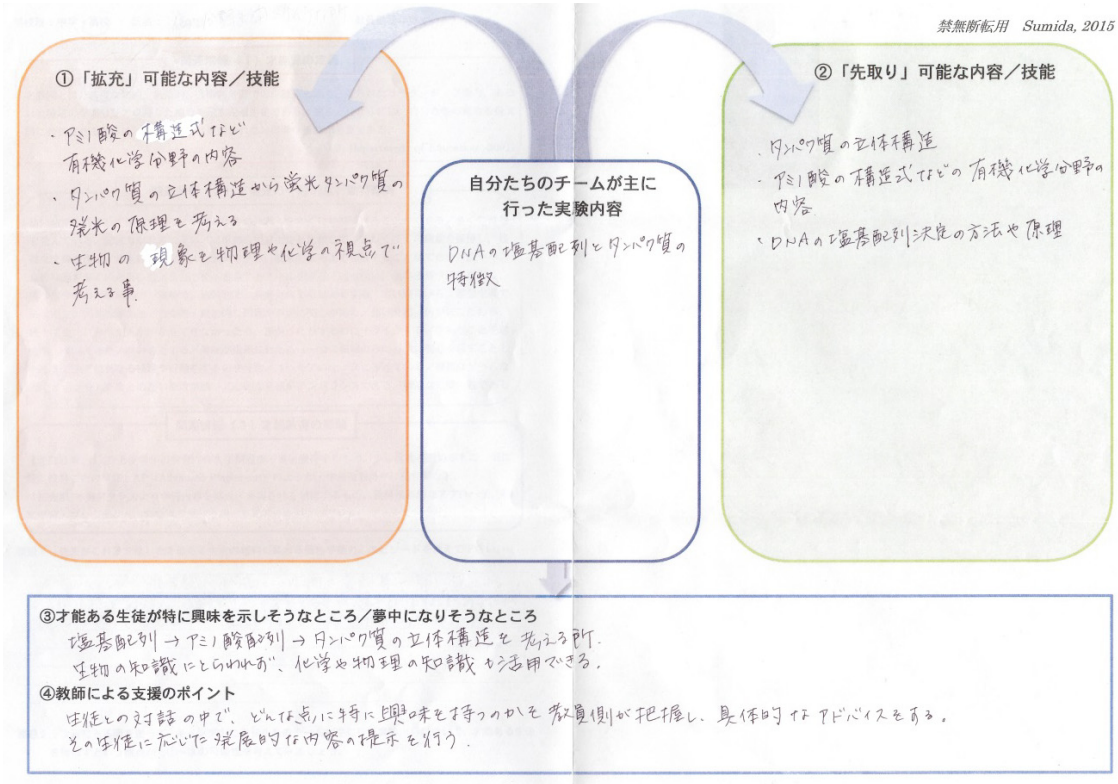
- 実験に使った制限酵素やインサートを用いてのライゲーションのシュミレーション
強い興味を示す生徒に対しては、大学等と連携させていただき、実際に可能なことがどうか学ばせる。

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ／夢中になりそうなところ

DNA配列解析　最終的に何塩基のプラスミドDNAになったか

④教師による支援のポイント

PCRおよびライゲーションに関する内容の基本的説明。
大学との連携（最終的には、生徒が大学とメールによるやりとりができるようにして行く）



禁無断転用　Sumida, 2015

①「拡充」可能な内容／技能

- アミノ酸の構造式など有機化学分野の内容
- タンパク質の立体構造から蛍光タンパク質の発光の原理を考える
- 生物の現象を物理や化学の視点で考える事。

自分たちのチームが主に行った実験内容

DNAの塩基配列とタンパク質の特徴

②「先取り」可能な内容／技能

- タンパク質の立体構造
- アミノ酸の構造式などの有機化学分野の内容
- DNAの塩基配列決定の方法や原理

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなところ／夢中になりそうなところ

塩基配列→アミノ酸配列→タンパク質の立体構造を考える所。
生物の知識にとらわれず、化学や物理の知識も活用できる。

④教師による支援のポイント

生徒との対話の中で、どんな点に特に興味を持つのかを教員側が把握し、具体的なアドバイスをする。
その生徒に応じた発展的な内容の提示を行う。

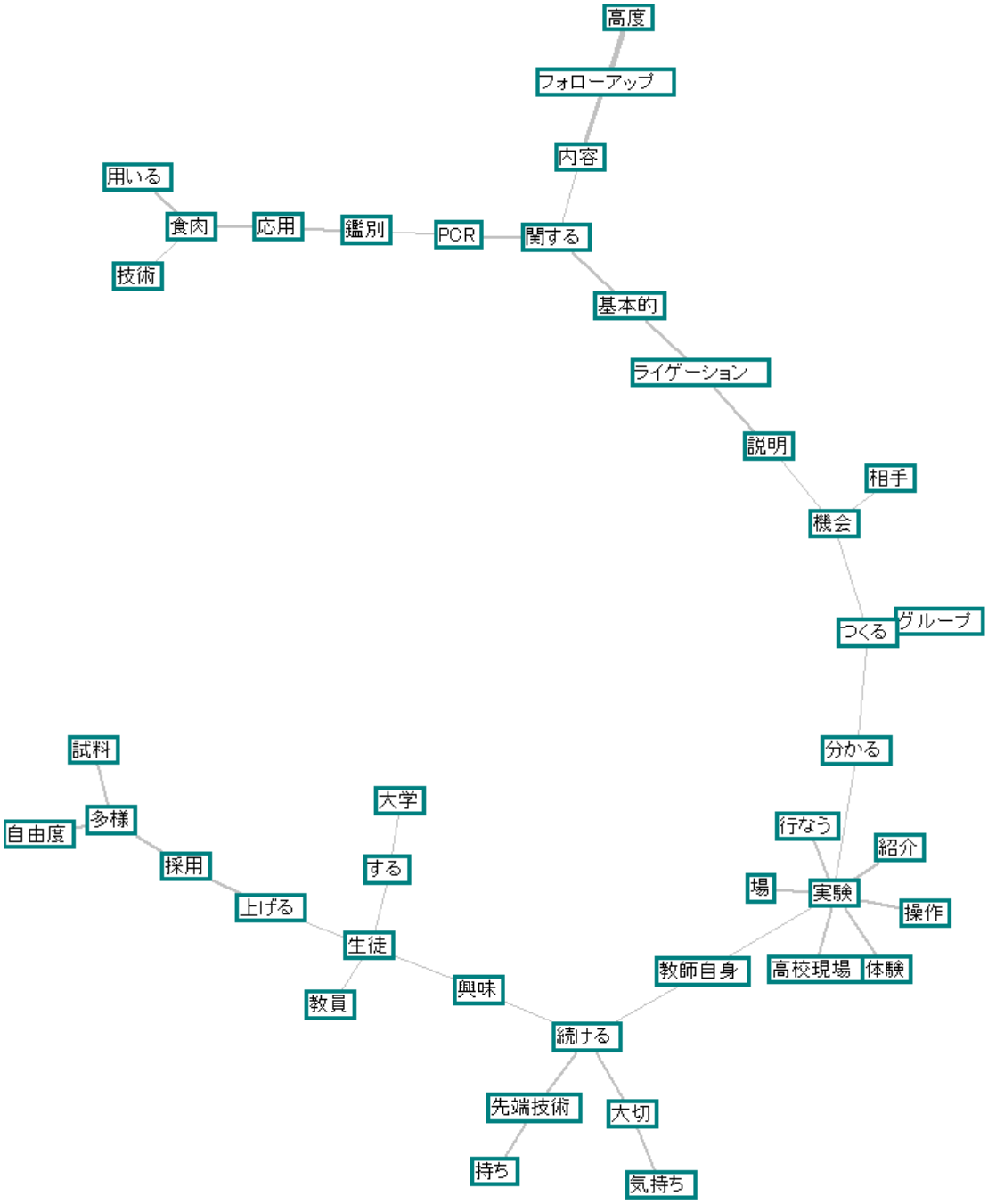


図　教師による支援のポイントに関わるキーワードマッピング

本学が実施したアンケート(本報告書 139～156 ページ)の自由記述の中にも以下のように才能教育に関心を示し、今後の授業に反映させたいとする意欲的な記述がみられた。

- 才能児への教育をもっと充実させるべき、日本の教員はもっと NPO などに参加して市民に貢献すべきなどの話をきいて、視野を広げてもらったような気がします。。
- 「才能児」という単語は初めて聞きました。思いあたる生徒が何人かいるので、自由度を残した授業ができるように勉強したいです。
- 「才能豊かな生徒」も「特別支援の必要な生徒」は同じくらいの割合で前者にどのようなサポートができるか。考えるきっかけになった。

- 本校の場合、6%の才能ある生徒ではなく、特別な支援を要する 6%の生徒が集まってくるような学校なので、このような場合、どのような理科教育の方法があるのか考えさせられました。
- 日本では才能のある生徒の芽が摘まれていたり、そんな生徒が育っている場合でも摘まれないようにする手段が、教員等の個人プレーでどこでも救えるシステムの必要性を感じました。

2. キャンプ終了時の学習到達度が非常に高かった。例えば、最終日の結果のとりまとめの発表（本報告書 60～74 ページ）において、チーム O はタンパク質の分子量を電気泳動で分析した場合、移動度に正しい分子量が反映されないことがあるのに対し、MALDI-TOFMAS では 5 桁の精度で分子量が求められることを指摘し、電気泳動での移動度にはタンパク質の極性アミノ酸の含量や疎水性アミノ酸が 6 個以上連続する場所の多少が関係していると推測した。さらに MALDI-TOFMAS で求めた分子量から N 末端のメチオニンが翻訳後切断されていると推測した。チーム W は塩基配列の解析から緑色ケイ光タンパク質と青色ケイ光タンパク質において 2 ヶ所にアミノ酸の変異が存在し（Cys→Ser、Tyr→His）、その分子量の差がまさしく MALDI-TOFMAS で求めた分子量の差「40」に対応すると推測し、先端分析化学の実験と分子遺伝学の両者の観点から考察できたことになる。またチームＷは緑色ケイ光タンパク質と青色ケイ光タンパク質には Tyr→His の変異があるものの、いずれもケイ光に関わる発色団が形成されていると推測した。これは構造生物学と量子化学両方の理解が求められる内容であり、今回のキャンプにおける最も難易度の高い内容が理解できたと考える。本学が実施したアンケート（本報告書 139～156 ページ）において以下のようなコメントや感想が見られた。

- ライゲースがあるとベクターどうしがつながってしまうことがあることがわかりました。実際にやってみることですべてが教科書通りにはならないことに気付かされます。
- 電気泳動の方法もいろいろあっておもしろかったです。
- タンパク質分析の電気泳動の実験で視覚的に捉えることは魅力的であるが、濃度その他の条件をどのようにするかは非常に難しいと感じました。
- 分析結果がたいへん小さい単位まで測定できることに興味を持ちました。測定するタンパク質の性質や加えるマトリックスによって測定結果に誤差が生じるのではないかと思いました。
- 5000 万円の機械に触れることができて感激です。写真でしか見たことがなかったものを、今度からは自分の体験（自慢）もふまえて話せることが嬉しいです。
- 先端機器を身近にふれられてよかったです。
- 普段使えない機器を使えて、貴重な体験になりました。
- 先端技術を通した分析について、観察・見学することに興味を惹かれつつ、生徒を相手にする教員側の努力の必要性も強く感じました。

3. 本学が実施したアンケート（本報告書 139～156 ページ）において、研究センターの見学に対して「理解」、「興味」、「役に立つ」いずれも強い肯定が 70%を越えており、城北ステーションにおける先端的タンパク質研究、重信（医学部）ステーションにおける先端医療への応用など、ほとんど目にしたことのない生命科学の応用が身近な医療と密接に関連していることを実感したと思われる。同じく、アンケートの自由記述の中には以下のように、これらの実験内容は高校の授業での実施は難しいものの、今後課外活動に活用したいという意欲的な意見や、また研究センターの見学では最先端の研究内容や基礎的な研究の応用を知ることができ、授業などに反映させたいとの記述が見られた。したがって今後生徒の指導において「生命科学と日常生活との関連を生徒に考えさせる」ことができるものと推測する。

- 各研究施設内容は魅力を感じました。その内容を授業等の中で紹介していきたいと思いました。

- 無細胞タンパク合成の技術を基盤に、いろいろな分野の研究がされていることが実感できた。
- 愛媛大は本当に素晴らしい研究環境にあると思いました。
- 医学部の研究室を見学したのは初めてだったので、生徒への進学指導にも活かせると感じた。
- 医学の面で先端技術について数多く紹介していただき興味の持てる内容ばかりでした。特に映像は中高生にも目を惹くと思われます。
- コムギ胚芽無細胞タンパク質合成の技術が、医学の分野でも利用され、独自の研究が行われていることがよく分かりました。また、実験装置や測定機器など、普段見ることができないようなものも見せていただき、興味が湧きました。

4. キャンプ修了後の取り組み（本報告書 100～129 ページ）

キャンプ終了後、課題研究の指導、科学コンテストなどでの発表、AO 入試や推薦入試の実績は 1 月の時点では 2 件であるが、そのうち 1 件は課題研究の指導の様子が報告されている（本報告書 107、108 ページ）。今後の予定も含めると、のべ 7 名が何らかの実施を計画しており、また今後進路指導など実施されると考えられる。具体的に報告された事例数は少ないが、目標 1 で述べたとおり、コムギ胚芽を用いた無細胞タンパク質合成の実験を実施した受講者が多数おり、この実験技術自体は先端技術の一つであるが、簡単な操作でセントラルドグマの理解に効果的であるため、研究センターの見学などの経験と組み合わせて授業や研究指導をすることによって、ハイレベルな探究活動へと発展させる事例は今後さらに増えるものと推測される。

目標 3 研究センターにおける「分子→細胞→個体」という一連の研究の流れを理解することによって、生命を個体レベルで理解に際にも分子レベルでの観点が重要であること認識し、高校生物における「生物の多様性」、「生物の進化」、「生物と環境応答」などの学習にも生化学や分子生物学的観点を取り入れることができること。さらにキャンプなどにおいて習得した先端技術などを基盤として、教育現場で活用できる教材を考案し、その教材を利用した授業を実践すること

この目標達成のため本キャンプではポスターセッション「生命を理解するための教材と探究活動」を実施し、受講者が高校の授業で実施している（あるいは今後実施したい）実験内容について、観察・実験、探究活動の生徒用プリントとポスターを使って説明した。キャンプ終了後、学習内容やポスターセッションでの議論をふまえて、観察・実験、探究活動の生徒用プリントを改良し、これに教師用資料を追加して実験指導資料集を作成した。またキャンプにおいては実習テーマを現代生命科学の必須の手法である「遺伝情報を利用したタンパク質の調製とその分析」とし、まずDNAとタンパク質を化学的観点から学べるようにした。扱う試料をケイ光タンパク質とすることによって、遺伝子からタンパク質への情報の流れが細胞レベルでの性質を決めていることを直感的に理解できるようにした。また講義を「遺伝子とタンパク質－タンパク質の多様性」、「遺伝子とタンパク質－遺伝情報の解読」、「ヒトのタンパク質は何種類？」、「タンパク質はマラリアを無くす切り札」、「生命って？私って？」と生命現象を「分子→細胞→個体」の流れとして理解できるように配置した。さらに研究センターの見学や研究紹介によって、ゲノム情報を利用したタンパク質研究が「分子→細胞→個体」の各階層において必要であり、これが医療の現場においても必須であることを理解できるようにした。最終的に学んだことを発揮できるよう受講者それぞれが得意とする分野においてポスターセッションでの討論および、キャンプ後に実験指導資料集の作成を指示した。

以下のようなキャンプ実施状況およびキャンプ後の取り組みから判断して、目標 3 は達成できたと考える。

キャンプには生物の教員も化学の教員も参加しており、また得意とする分野や実験材料も様々であり、ポスター発表のテーマもDNAやタンパク質を扱ったものばかりではなかった（本報告書 31～50 ページ）。また実験指導資料集（別冊）の原稿はポスター発表の生徒用プリントを元にして作成するように指示した。最終的に観察・実験資料の原稿として提出された内容は 26 年度以前のものに比べると圧倒的にDNAを扱ったものが多く（DNA の抽出実験だけでも 6 課題）、現行の学習指導要領の影響が出始めたと感じられる。一方で、「生物の多様性」、「生物の進化」、「生物と環境応答」に関係するテーマもいくつか見られる。しかしこれらの細胞や個体に関わるテーマを得意とする受講者も、キャンプで「分子→細胞→個体」という一連の研究の流れを理解したことは、例えばキャンプの実験や研究センターの見学に対する以下のような感想から推測できる。また「生物の多様性」、「生物の進化」、「生物と環境応答」に関係するテーマで実験指導資料を作成した受講生の多くが「コムギ胚芽を用いた無細胞タンパク質合成系」の実験を授業で実施しており、またその授業のための実験指導資料も生化学的観点から作成されている（本報告書 101、104、105、125、126 ページ）。したがって、これらの受講生が得意とする「生物の多様性」、「生物の進化」、「生物と環境応答」などの学習においても今後、DNAやタンパク質、さらには生化学、分子生物学的視点を取り入れられることは可能であると考える。このような状況から判断して、今後「生き物」を扱ったり、観察が中心であった分野の授業や教材の開発にも現代生命科学の視点が取り入れられるものと推測する。

- どの生徒に対しても、生命の基本原理を理解させる必要を感じた。生命を理解するためには、分子レベルで理解する必要があるため、化学についてももっと勉強しておきたい。正しい知識をどのように教えていくのか、自分なりに工夫していきたい。
- 生物を化学で説明する大切さを感じました。学校で、生物のみでなく、誰もが化学・物理・地学を学んでほしいと思いました。
- 講義のテーマが一貫して「タンパク質」であり、最新の内容、難しい内容を比較的すんなり理解することができた。
- コムギ胚芽無細胞タンパク質合成の技術が、医学の分野でも利用され、独自の研究が行われていることがよく分かりました。
- 無細胞タンパク合成の技術を基盤に、いろいろな分野の研究がされていることが実感できた。
- コムギ胚芽無細胞タンパク合成法が、マラリアのワクチン研究に利用されていることに興味を持った。タンパク質の研究は応用範囲が広く、今後様々な研究成果が人類の役に立っていくと期待させられた。
- マラリアという病気を治すということの難しさを知りました。また、そのワクチンを作るにあたり、コムギ胚芽無細胞によるタンパク質合成が役に立つという点にも興味が湧きました。
- 教科書等で見ているだけの内容が可視化できて大変良かった。

目標 4 キャンプにおいて体得した現代生命科学教育のあり方、それを活用して実践した授業、新しく開発した教材などを、勤務地における教育委員会や関連部会の研修会あるいは学会などにおいて発表し、他の教員を指導できること、および関連する情報を受講者の間で共有して他県における状況などを掌握できること

この目標を達成するため、キャンプにおいて平成26 年度サイエンス・リーダーズ・キャンプの受講者がキャンプの内容を高校の授業で実践した事例紹介を 3 日目の午後実施した。また平成 26 年度に開設したe-ラーニングのサイトを 27 年度も継続して運営し、受講者の間での連絡、受講者による授業実践などの報告、受講者からの実験に関する相談、キャンプ時の映像や実験操作の DVD の掲載などにも利用し、受講者の間で情報を共有できるようにした。また勤務校における授業の実践に加えて、教材開発、研修会などでの報告等の実施に際しても、実施する際の注意をしたり、必要に応じて試薬、器具などを送付した。

以下のようなキャンプ実施状況およびキャンプ後の取り組みから判断して、目標 4 は達成できたと考える。

e-ラーニングのサイトは 26 年度受講者も 27 年度受講者も同じコースにアクセスできるようにし、年度をまたいだ受講者間のネットワークが構築できるようにしている。限られた例ではあるが、26 年度受講者が「コムギ胚芽によるタンパク質の合成実験」を授業で実施した事例がムードル上に報告されている(本報告書 129 ページ)。またムードルを通じて行われた連絡は 26 年度の受講者も閲覧できている。キャンプ後の取り組みについてはタンパク質合成や DNA の分析などの実習を伴った授業あるいは研修会での紹介が、のべ 15 件以上実施されており(本報告書 93～128 ページ)、目標とした過半数を超えている。これらの実施報告などを見ると、実験がうまくいったこと、生徒に対する教育効果があったこと、他の教員にも波及効果があったことなどが記載されている。これらの取り組みのうち、以下のものについては学校の授業ではなく、教員の研修会あるいは公開授業・研究授業などでの実習の実施であり、キャンプ受講者以外の中高教員がタンパク質合成などの実験を体験、見学したことになる。授業や研究会などを実施した受講者は、目的として「セントラルドグマの流れを可視化することによって理解させる」ことなどをあげている。一方その成果として生徒や参加教員から「実験の手順が簡単で、実験の内容を理解しやすかった」、「こんなに簡単にセントラルドグマを確認できるなんて、信じられません」、「簡単にタンパク質合成が行われる様子がわかり、良かったです」等の感想が寄せられたとしており、実施の目的が達成されていると思われる。

「教員研修会でタンパク質合成実験を実施」 加古川市、ファラデーラボ
「理科担当者会議(生物部会)で無細胞タンパク質合成実験を実施」 岐阜県博物館
「教員研修会でサイエンス・リーダーズ・キャンプの取り組みを紹介」 高知小津高等学校
「教員有志の研究会でタンパク質合成実験を実施」 東京創造理科同人

本学が実施したアンケート(本報告書 139～156 ページ)において以下のようなコメントや感想が見られた。

- 昨年度のキャンプに参加された先生方の話はとても参考になりました。
- 色々な体験談を先輩の先生方から聞くことができて勉強になりました。各学校、それぞれの生徒の実態を考えて、工夫していかなければいけないと思いました。
- 他校の先生方の工夫と努力、学ぶべきことが多くあった。
- 他校の先生方の取り組み、事例を学ぶことが出来ました。DNA の抽出を生徒にもさせてみたいです。
- 授業等での実践例は今後の取り組みに対してとても参考になりました。
- 先生方の実践例は自分の授業を振り返るよい機会となった。それぞれに工夫されており、同じ実験でも生徒にどんな力をつけさせたいかによってやり方が変わってくることが分かった。

業務の目的の達成状況

キャンプ終了時点で JST によって実施されたキャンプに関するアンケート(本報告書 131～138 ページ)の結果によれば、受講者の観点から業務の目的の達成を以下のように判断できる。

キャンプの受講の成果に関する問 6 において
「(1)最先端の科学技術を体感し、理数系教員としての素養を高めることができた」に対する回答は 79+11%の肯定(79%の強い肯定と 11%の弱い肯定、以下同様)、
「(4)他の教員等との交流・ネットワークをつくることができた」に対する回答は 63+37%の肯定、
「(5)日々の教育活動の中で活かすことができる成果を得ることができた」に対する回答は 58+37%の肯定、
また総合的に
「(6)キャンプ受講の目的を達成することができた」に対する回答は 53+32%の肯定、
であり、いずれも強い肯定が過半数であった。

また問 7 のキャンプが有意義だったとする理由として
「(1)最先端の科学技術を体感し実生活との係わりを知ることができたこと」:79+16%の肯定、
「(2)高度な機器や設備を扱い研究現場の実際を知ることができたこと」:84+11%の肯定、
「(3)科学に関する新しい知識を得ることができたこと」:79+16%の肯定、
「(4)最先端の科学における学際的、領域複合的な視点や科学の倫理的な側面の理解ができたこと:79+16%)の肯定、
「(9)講義、実験、演習等を通じて教科(科目)に関する知識や技能の専門性を高められたこと」:79+21%)の肯定、
「(13)同じ志を持った他地域の仲間と交流指導法等の情報交換や議論ができたこと」:68+32%の肯定、
「(14)他の受講者との交流を通じて、日頃接する機会の少ない研究者と交流できたこと」:74+26%の肯定、であった。
これらの項目に関しては今年度の目標である「肯定的回答が 80%以上」を達成できている。
したがって業務の目的である(1)最先端の科学技術を体感し、理数系教員としての素養を高める、及び(4)地域の枠を超えた教員間のネットワーク形成を支援する、については「十分に達成できた」と判断できる。

一方、問6の「(3)地域における理数教育を担うリーダーとしての意識を高めることができた」に対する回答は 21+63%の肯定であり、合計で今年度の目標である 80%を超えてはいるが、強い肯定は少ない。同じ内容に対する参加前の期待すること(問3(3))への回答が 32+63%の肯定、および同じ内容に対する有意義であったとすること(問7(11))への回答も 37+58%の肯定であり、いずれもほぼ同程度であった。
同様に問6の「(2)才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導法を習得することができた」に対する回答は 32+53%の肯定であり、合計で今年度の目標である 80%を超えてはいるが、強い肯定は少ない。同じ内容に対する有意義であったとすること(問7(6))への回答は 37+58%の肯定であり、ほぼ同程度であったが、同じ内容に対する参加前の期待すること(問 3(2))への回答は 68+32%であったことから、十分には受講者の期待に応えていなかった可能性がある。
したがって業務の目的である(2)才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導法を修得する、及び(3)中核的な役割を担う教員となるための素養を身につける、については「ほぼ達成できた」と考える。

以上の判断はキャンプ終了時における受講者の観点によるものである。これに対して、キャンプ終了後の取り組み状況まで含めた実施担当者の観点からの判断は以下のとおりである。

業務の目的(1)「最先端の科学技術を体感し、理数系教員としての素養を高める」を達成するためにキャンプの目標 1「統合型生命科学教育を推進できる素養を習得し、これを勤務校における授業に反映して、その効果を検証できる」及び目標 3「生物の多様性、生物の進化、生物と環境応答などの学習にも生化学や分子生物学的観点を取り入れ、習得した先端技術などを基盤として、教材を考案し、授業を実践する」を設定した。

キャンプの目標の達成状況(本報告書 158～168)において述べたように、キャンプの実施状況、アンケートの回答及びキャンプ後の取り組みの状況から目標 1 と目標 3 は十分達成できたと判断できる。特にキャンプ後の取り組みにおいて「勤務校において授業を実施し、効果を検証できた」および「生化学や分子生物学的観点を取り入れた」、「教材を考案し、授業を実践できた」などの事例がいくつか報告されている(本報告書93～129 ページ)。今後、同様の事例はさらに増えると思われる。したがって業務の目的(1)は達成できていると考える。

業務の目的(2)「才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導法を修得する」を達成するためにキャンプの目標 2「研究現場における先端技術などを勤務校において紹介し、意欲や才能に優れた生徒にはハイレベルな探究活動へと発展させる機会を与えることができる」ことおよび目標 3「生物の多様性、生物の進化、生物と環境応答などの学習にも生化学や分子生物学的観点を取り入れ、習得した先端技術などを基盤として、教材を考案し、授業を実践する」を設定した。

キャンプの目標の達成状況(本報告書 158～168)において述べたように、キャンプの実施状況、アンケートの回答及びキャンプ後の取り組みの状況から目標 2 と目標 3 は十分達成できたと判断できる。特にキャンプ後の取り組みにおいて「キャンプの実習内容を課題研究や進路指導など才能ある生徒の指導に発展させた」事例も報告されており(本報告書 93～129 ページ)、今後、同様の事例はさらに増えると思われる。したがって業務の目的(2)は達成できていると考える。

業務の目的(3)「中核的な役割を担う教員となるための素養を身につける」を達成するためにキャンプの目標 2「研究現場における先端技術などを勤務校において紹介し、意欲や才能に優れた生徒にはハイレベルな探究活動へと発展させる機会を与えることができる」こと及び目標 4「実践した授業、新しく開発した教材などを、研修会などにおいて発表し、他の教員を指導できること、関連する情報を共有する」を設定した。

キャンプの目標の達成状況(本報告書 158～168)において述べたように、キャンプの実施状況、アンケートの回答及びキャンプ後の取り組みの状況から目標 2 と目標 4 は十分達成できたと判断できる。特にキャンプ後の取り組みにおいて「教員の研修会でキャンプの実習内容を紹介した」、あるいは「キャンプの内容を反映した授業を他校の教員が見学した」事例もいくつか報告されており(本報告書 100～129 ページ)、今後、同様の事例はさらに増えると思われる。したがって業務の目的(3)は達成できていると考える。

業務の目的(4)「地域の枠を超えた教員間のネットワーク形成を支援する」達成するためにキャンプの目標 1「統合型生命科学教育を推進できる素養を習得し、これを勤務校における授業に反映して、その効果を検証できる」及び目標 4「実践した授業、新しく開発した教材などを、研修会などにおいて発表し、他の教員を指導できること、および、関連する情報を共有する」を設定した。

キャンプの実施状況、アンケートの回答及びキャンプ後の取り組みの状況から目標 4 は十分達成できたと判断できる。特に、本事業ではキャンプ終了後も授業実践などを支援したこと、e-ラーニングシステムを運用したことによって、授業実施例や実験授業の資料などが受講者の間で共有できており(本報告書 93～129 ページ)、今後、同様の事例はさらに増えると思われる。したがって業務の目的(4)は達成できていると考える。

（4）資料

①担当者名簿

②参加者名簿

③外部発表

新聞記事

大学ホームページの記事

学会発表

④その他

実習テキスト

①担当者名簿

所属機関	役職	氏名	実施業務
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	教授	林　秀則	実施主担当、遺伝子組換えの実習および講義の実施
愛媛大学	特別栄誉教授	遠藤　弥重太	生命科学に関する講義の実施
愛媛大学教育学部	教授	隅田　学	才能教育に関する講義と指導
愛媛大学教育学部	准教授	向　平和	アドバイザー
高崎健康福祉大学	教授	片山　豪	タンパク質合成実験および現行学習指導要領における実験教材の講義の実施
愛媛大学	名誉教授	真鍋　敬	タンパク質の分析に関する講義の実施
愛媛大学理工学研究科	教授	高井　和幸	遺伝情報に関する講義の実施
愛媛大学教育・学生支援機構	准教授	古賀　理和	e-ラーニングに関する実習と講義の実施
広島県立竹原高等学校	教諭	丸川　晋一	授業実施などの事例紹介
堺市立堺高等学校	教諭	佐竹　弥代	授業実施などの事例紹介
熊本県立第一高等学校	教諭	穴見　美希	授業実施などの事例紹介
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	センター長	坪井　敬文	先端研究に関する講義および研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	助手	小笠原　富夫	無細胞タンパク質合成実験の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	教授	澤崎　達也	研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	准教授	高島　英造	研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	准教授	小川　敦司	研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	准教授	杉浦　美羽	研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	助教	竹田　浩之	タンパク質合成実験の最適化
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	助教	高橋　宏隆	タンパク質合成実験の最適化
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	講師	野澤　彰	研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	教授	鳥居　本美	応用研究の概説と研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	教授	東山　繁樹	応用研究の概説と研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	講師	武森　信暁	応用研究の概説と研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	教授	今井　祐記	応用研究の概説と研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	教授	増本　純也	応用研究の概説と研究施設見学の実施
愛媛大学ﾌﾟﾛﾃｵｻｲｴﾝｽｾﾝﾀｰ	教授	今村　健志	応用研究の概説と研究施設見学の実施
愛媛大学研究支援課	福課長	猪野　周宣	準備・運営及び報告に関する事務統括
愛媛大学研究支援課	ﾁｰﾑﾘｰﾀﾞｰ	林　雅子	準備・運営及び報告に関する事務全般
愛媛大学研究支援課	事務補佐員	清家　紫	準備・運営及び報告に関する事務全般

②参加者名簿

（キャンプの実習時のチームごとにまとめた）

所属学校名	氏名	所属チーム
横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	松尾　花枝	G
名古屋市立富田高等学校	高橋　寛岳	
三重高等学校	小西　伴尚	
倉敷市立東陽中学校	中谷　幸希	B
佐賀県立致遠館高等学校	久冨　伸一郎	
愛知県立海翔高等学校	水谷　伸匡	
島根県立津和野高等学校	廣田　理史	
大阪府立大手前高等学校	藤原　宏枝	R
神戸市立六甲アイランド高校	釜谷　尚史	
岡山県立鴨方高等学校	牧野　里香	
福島県立会津工業高等学校	矢澤　敦	
鳥取県立鳥取緑風高等学校	矢澤　有希子	O
徳島県立脇町高等学校	矢野　義文	
岐阜県立岐阜北高等学校	内藤　知佳	
静岡市立清水桜が丘高等学校	奥村　仁一	
高知県立室戸高等学校	宮﨑　　智憲	W
京都府立福知山高等学校	友松　央樹	
茨城県立伊奈高等学校	高田　亜紀	
東京成徳大学中学･高等学校	汲田　憲彦	

③外部発表

新聞記事　愛媛新聞社提供

愛　媛　新　聞　2015年(平成27年)7月31日　金曜日

地　方　(10)

最先端科学 教育現場に

中・高教員ら 愛媛大で合宿

最先端の科学技術を教育現場で生かしてもらおうと、サイエンスリーダーズキャンプが28～31日、松山市文京町の愛媛大で開かれており、29日は全国の中学校・高校の教員ら19人が、愛媛大発の「コムギ胚芽を用いた無細胞タンパク質合成」を体験した。

無細胞タンパク質の合成実験に挑む教員ら

キャンプは科学技術振興機構（埼玉県）の主催で、愛媛大など5大学で実施する。

29日は、試験管内でタンパク質を合成する実験に挑んだ。参加者はチューブに入ったコムギ胚芽の抽出液に、タンパク質の材料となるアミノ酸と、設計図となるRNA（リボ核酸）を加えて緑色蛍光タンパク質（GFP）を生成。ブラックライトを当てて、緑色に光るタンパク質の様子を観察した。

鳥取県立鳥取緑風高校の教員で化学を担当している矢沢有希子さん(38)は「生命科学の実験では、化学の内容も含まれていて領域を超えた学びを実感した。生徒たちにも紹介したい」と話していた。（伊藤愛）

大学ホームページの記事

愛媛大学ホームページ

教育 2015 年 09 月 02 日

理数教育担当教員のための最先端科学技術体験合宿プログラム「平成 27 年度サイエンス・リーダーズ・キャンプ」を実施しました

平成 27 年 7 月 28 日（火）～31 日（金），プロテオサイエンスセンターで，サイエンス・リーダーズ・キャンプ「タンパク質研究の先端技術を活用した実践型次世代生命科学教育」を実施しました。

国立研究開発法人科学技術振興機構が主催する「サイエンス・リーダーズ・キャンプ」は，中学校，高等学校等の理数教育を担当する教員が，合宿形式で最先端の科学技術を体感し，才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導方法を修得することにより，理数教育における指導力の向上を図るものです。また，参加者が将来，都道府県等の理数教育において，中核的な役割を担う教員となるための素養の育成を図るとともに，地域の枠を超えた教員間のネットワーク形成を支援することも目的としています。今年度は全国の 5 大学で開催されています。

本学におけるキャンプの特徴は，生命体の分子素子であるタンパク質研究を機軸とし，「組換え DNA の作製と遺伝子導入」，「本学で開発されたコムギ胚芽を利用した無細胞タンパク質合成実験」，「質量分析によるタンパク質の分析」など，一般の高校では実施が困難な実験を体験し，「遺伝情報の流れ」や「DNA とタンパク質の働き」を理解させるために必要となる「生命現象を分子レベルで理解する素養」を体得すること，および研究センターにおける先端研究の見学や才能教育に関する講義などによって，学習レベルを超えた高度な課題研究なども実施できるようになること，にあります。そのため，キャンプ参加者は，勤務地において生命を理解するための授業を実践する一方で，より高度な課題研究や教材などを考案し，その情報を共有することも求められています。

当日は，各県の教育委員会などから推薦を受けた 19 人の化学あるいは生物担当の高校教員が，プロテオリサーチ領域の林秀則教授や，その他本学の教員から講義を受け，理工学研究科の大学院生および理学部学生などから指導を受けながら，様々な実験に取り組みました。

多くの参加者にとって，ほとんど初めての実験もあり，器具の使い方や試薬の成分，各操作の意義などを熱心に質問していました。また，研究室の見学では，活発な質問と説明が交わされ，「生命科学の現状と医学への応用について聞くことができ，高校生に教えるときにより具体的なイメージをもって教えることができる」といった感想が聞かれました。

このような参加者自らの積極的な取組みや教材に関する質問などから，今後，キャンプに参加した教員が，無細胞タンパク質合成法やタンパク質の分析などの実験を授業に取り入れ，分子生物学や生化学に関連した生命科学教育が高校でも実施されること，また本学における生命科学の研究が県外の多くの高校生に紹介されることが期待されます。

本学学生の指導を受けながら実験開始

遺伝子操作の結果を観察

参加者の集合写真

実験結果と考察の発表

高崎健康福祉大学HP

http://www.takasaki-u.ac.jp/n_top/17690/

学会発表

実施日・取材日等	平成28年　1月10日（日）
発表会名・取材名等	日本生物教育学会
発表者等 所属・氏名	愛媛大学・林 秀則、高崎健康福祉大学・片山 豪、愛媛大学・坪井 敬文、愛媛大学・遠藤 弥重太
内容	「愛媛大学におけるサイエンス・リーダーズ・キャンプの取り組み－タンパク質研究の先端技術を活用した実践型次世代生命科学教育」という演題で SLC の目的・目標、実施状況、成果などについて紹介した。

実施日・取材日等	平成28年1月11日（月）
発表会名・取材名等	日本生物教育学会
発表者等 所属・氏名	高崎健康福祉大学・片山豪、愛媛大学・林秀則
内容	「遺伝情報からタンパク質を合成　−転写と翻訳の流れを理解する教材キット−」という演題でワークショップを開き、愛媛大学の遠藤栄誉教授の開発したコムギ胚芽無細胞合成系を用いた転写翻訳キットの翻訳実験を体験してもらい、中学、高校における生命科学教育への活用を推奨した。

実施日・取材日等	平成27年　8月12日（水）
発表会名・取材名等	教員免許更新講習会
発表者等 所属・氏名	高崎健康福祉大学・片山豪
内容	「生命科学の基礎を体感できる実験・観察講座　－DNA の抽出とタンパク質合成－」というテーマで実施。愛媛大学の遠藤栄誉教授の開発したコムギ胚芽無細胞合成系を用いた転写翻訳キットを転写から翻訳までのすべてを実験した。また、サイエンス・リーダーズ・キャンプの紹介を受講生に対して行った。

実施日・取材日等	平成27年　8月11日（火）
発表会名・取材名等	理科スクール
発表者等 所属・氏名	高崎健康福祉大学・片山豪
内容	「試験管内で光るタンパク質を作ってみよう」というテーマで高校生と中学生対象で実施。愛媛大学の遠藤栄誉教授の開発したコムギ胚芽無細胞合成系を用いた転写翻訳キットを転写から翻訳までのすべてを実験した。また、平成 24、25 年度のサイエンス・リーダーズ・キャンプを紹介した。

実施日・取材日等	平成27年　5月9日(土)
発表会名・取材名等	平成 27 年度第 2 回生物交流会のお知らせ （北海道生物教育会第 1 回研究協議会と共催）
発表者等 所属・氏名	高崎健康福祉大学・片山豪
内容	「分子生物学の教材開発」というテーマで実施。愛媛大学の遠藤栄誉教授の開発したコムギ胚芽無細胞合成系を用いた転写翻訳キットを転写から翻訳までのすべてを実験した。また，簡易抽出 DNA の確認法に関する実験も行った。最後に、サイエンス・リーダーズ・キャンプの紹介を受講生に対して行った。

④その他

実習テキスト

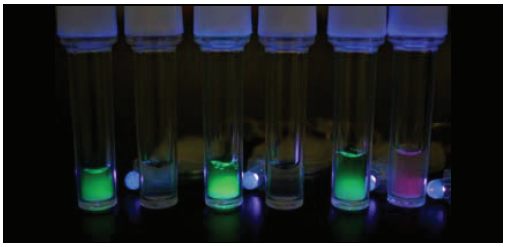
実習テキスト

サイエンス・リーダーズ・キャンプ

平成２７年度サイエンス・リーダーズ・キャンプ

タンパク質研究の先端技術を活用した実践型次世代生命科学教育

2015年7月28日（火曜日） ～ 7月31日（金曜日）



PROS 愛媛大学 プロテオサイエンスセンター
Proteo-Science Center, Ehime Univ.

愛媛大学プロテオサイエンスセンター（Proteo-Science Center、平成 25 年 4 月設置）は生命現象の鍵となるタンパク質を「分子→細胞→個体」といったサイズの異なる一連の対象に対して連鎖的な解析を可能とする独創的な研究センターであり、遠藤弥重太愛媛大学特別栄誉教授が世界に先駆けて実用化に成功したコムギ無細胞タンパク質合成法を基盤技術とする無細胞生命科学工学研究センター（平成 15 年 4 月設置）と、コムギ無細胞タンパク質合成技術を基盤として医学応用研究を指向する愛媛大学プロテオ医学研究センター（平成 21 年 4 月設置）が、発展的に融合しています。タンパク質研究に特化した「プロテオリサーチ領域」（無細胞生命科学、マラリア研究、生体分子工学、生体超分子研究の各部門）、細胞レベルの分子機能解析に特化した「プロテオメディシン領域」（寄生病原体学、細胞増殖・腫瘍制御、プロテオミクス研究の各部門）、および個体レベルの分子機能解析に特化した「プロテオイノベーション領域」（病態生理解析、病理学、バイオイメージングの各部門）から構成され、タンパク質機能から生命現象の解明に至るポストゲノムの生命科学研究のみならず、その医学応用研究を行い、プロテオサイエンスの国際拠点形成、および、がん、自己免疫病、難治性感染症など難病の新しい診断・治療法の開発を目指しています。

キャンプのねらい

今回のキャンプでは、生命を分子のレベルで理解する教育プログラムを習得し、それを教育現場において実践、あるいは新たな教材を開発して、次世代の生命科学教育を推進していただくことを最大のねらいとしています。

20 世紀後半、生命科学に関する知識と技術は大きく進展し、多くの生命現象が分子レベルで理解できるようになり、その結果、医薬、農業、環境 、エネルギーなど多方面に新規手法の応用が可能となりました。続く21 世紀はバイオの時代といわれ、現に新聞やテレビなどでも遺伝子組換えや先端医療に関する話題が日常的に取り上げられ、これからの社会において、生命の正しい理解は文系、理系を問わず、必須の教養になると思われます。さらに、技術立国として世界をリードするためには優秀なバイオ系人材の輩出も生命科学教育における最重要課題と考えます。

このような次時代に向けて、新しい高等学校学習指導要領に沿った「生物基礎」、「生物」には「遺伝子とその働き」、「遺伝情報とその発現」など分子生物学に関わる内容が多く盛り込まれるようになりました。しかし生命を正しく理解するには生物だけではなく関連する化学や物理の内容も統合的に学習する必要があるにもかかわらず、高校の教育現場では物理、化学、生物は独立した教科であり、また生化学や分子生物学の知識や技術を習得している高校教員は少数であるため、生命の理解に向けた統合的な学習が十分に行われていない可能性があります。さらにミクロで複雑な生命現象を理解させるための教材や探究活動等も充実していません。

このような背景において、生命科学における先端研究を行っている大学や研究機関が分子生物学の基礎や先端技術とその応用を、中高生に直接あるいは教員を通じて紹介することは、(1)多くの中高生が生命を分子のレベルで理解することによって、社会人として安全で健康的な生活に役立てる、(2)生命や自然を論理的、合理的に捉えることによって、総合的な科学的思考能力を向上させる、(3)多くの高校生に先端的なバイオ技術やその応用を紹介することによって、生徒の興味・関心をさらに高め、バイオ系分野への進学希望者を増やす、ためにも重要な取り組みであると考えています。

今回のキャンプでは、タンパク質の合成とその分析に関する基礎から先端技術までを主な内容としています。講義と実習を通じて、生物を専門とする教員には生命を分子のダイナミクスとしてとらえることを、化学を専門とする教員は物質が生命現象として作用していることを、体得していただきます。具体的には愛媛大学が推進してきた「試験管内タンパク質合成法を基盤とした新しい生命科学教育法」を中心とした講義と実習、実験結果の考察に関する口頭発表、研究センターにおける応用研究や先端機器の見学、参加者が実施している実験授業に関するポスター発表、e-ラーニングを利用した学習と情報交換を実施します。

またキャンプ終了後も以下のような活動を継続的に支援します。

(1)勤務校の授業でキャンプの実習内容をビデオ等で紹介する。
(2)できれば無細胞タンパク質合成の実習、それが困難な場合は、DNA の分析やタンパク質の分析などの生化学、分子生物学的内容の実験授業を実施する。
(3)教育委員会や研究部会の研修会などでキャンプの実習内容などを紹介する。
(4)セントラルドグマの理解に有効な新しい教材を開発し、授業で実施したり学会や研究会で紹介する。
(5)次年度のキャンプに参加して取り組み事例を紹介する。

目　次

主な講義内容と講師紹介 …… 5
主な実験内容 …… 13

1. 遺伝子を働かせる …… 15
　1-1. 大腸菌の形質転換 …… 17
　1-2. 電気泳動による DNA の分析 …… 21
　1-3. 試験管内での転写と翻訳の再現 …… 23

2. プラスミド DNA を分析する …… 27
　2-1. PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)による DNA の増幅 …… 27

3. タンパク質を分析する …… 31
　3-1. 発光タンパク質の観察 …… 31
　3-2. 電気泳動によるタンパク質の分析 …… 32
　3-3. MALDI-TOFMS によるタンパク質の分析 …… 34

☆参考：マイクロピペットの使い方 …… 36
☆参考：大腸菌の培養 …… 37
☆参考：培地の作製 …… 37
☆参考：制限酵素による DNA の切断 …… 38
☆参考：ベクターDNA とインサート DNA の作製 …… 41
☆参考：ジデオキシ方による DNA の塩基配列の解析 …… 41
☆参考：プラスミドベクターの一例 …… 45
☆参考：インサート DNA の塩基配列 …… 46
☆参考：遺伝暗号表(DNA の塩基配列とアミノ酸の対応) …… 50
☆参考：SDS-PAGE 用ゲルの作製 …… 51
☆参考：高校教科書「生物」にみられる DNA に関係した実験 …… 53

スケジュール …… 58

主な講義内容と講師紹介

科学教育の深化と拡充

2014 年、赤崎勇と天野浩、中村修二（国籍は米国合衆国）の 3 名の日本人研究者が、青色発光ダイオードの発明に関わりノーベル物理学賞を受賞しました。スウェーデンのアルフレッド・ノーベルが 1896 年に亡くなった後、遺言で創設されたノーベル賞は、1900 年にノーベル財団が設立し、1901 年に第 1 回目のノーベル賞が授与されました。ノーベルの遺言では、「その前の年に人類にもっとも貢献した者に」授与されると書かれていました。

21 世紀に目指すべき科学像として、1999 年、ユネスコと国際科学会議の呼びかけにより、世界科学会議が開催され、その最終日に「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」が採択されました。そこでは、①知識のための科学：進歩のための知識、②平和のための科学、③開発のための科学、④社会における科学と社会のための科学が宣言されています。つまり、知の追究という科学生来の性格に加えて、世界の平和や安全に資する科学、経済的・社会的・文化的・環境的に健全で持続可能な開発に不可欠な科学、貧困の軽減や人類の福祉、保健衛生の改善に資する科学といった、多様な科学の役割が含まれることになりました。21 世紀における科学の急速な拡大と多様化は、従来型の理科教育や理科授業に様々な問題点を投げかけています。

例えば、年間に百万編を超える科学論文が発表される状況で、私たちは理科教育の基礎・基本をどのように設定することができるでしょうか、全ての子どもたちを対象とする理科教育として育むべき資質・能力は何でしょうか。革新的な科学技術を提案し、継承できる人材を育成するために理科教育はどうあるべきでしょうか。また、大人数を対象とした画一的な従来の理科教育はどのような観点から改善が可能なのでしょうか。

孤高の天才が人知れず取り組む研究像や西洋中心主義的な拠点研究像は、21 世紀の科学研究スタイルから大きく乖離しています。多様な文化や価値観の人々と共に、個性豊かに自分たちの知識や発見、技能を高め拡げて社会に貢献し、長期的に文化資本を累積していかなければなりません。愛媛大学で開発された先端的な科学教材や研究施設での研修を通して、次代を担う生徒を育む新しい科学教育について実践的・開発的に考えてみましょう。

隅田　学

愛媛大学　教育学部　教授
専門分野：科学才能教育、理科教育

幼児期から成人までを対象に、‘one model fits all’アプローチを超え、優れた個性や能力を見いだし、伸長する科学教育について研究をしています。日本の児童生徒を対象に開発した隅田式理科才能行動チェックリストは世界的に注目されています。
Asia-Pacific Federation of World Council for Gifted and Talented Children 日本代表理事

タンパク質を組み立てる
～DNA の遺伝暗号を解読する～

私達、ヒトを含め、生物が生きていくためにはいろいろなタンパク質の働きが必要不可欠です。地球上には 1000 万種類以上の生物がいるといわれていますが、それぞれの生物の特徴は『どのようなタンパク質がどのように働いているか』によって決まります。タンパク質は 20 種類のアミノ酸がある決まった順番でたくさんつながったもので、そのアミノ酸の並び方によってそれぞれのタンパク質の性質が決まります。そして、タンパク質の中のアミノ酸の順序を決めているのが遺伝子です。それぞれの生物は遺伝子を細胞から細胞、あるいは親から子へと伝えることによってその生物としての特徴を維持していて、これは生命活動に必要な『全てのタンパク質の情報』を代々受け継ぐということです。

遺伝子はデオキシリボ核酸（DNA）という物質で、基本的に 4 種類の化合物が直線状につながった細長い分子です。そして 4 種類の化合物の並び方を解読するとタンパク質の情報（20 種類のアミノ酸の並び方）になります。細胞の中では遺伝子の暗号を解読してタンパク質が作られますが、この解読の仕方は全ての生物で基本的に同じです。その結果、ある生物の中で別の生物の DNA を働かせると、本来作られなかったタンパク質ができるようになります。これがいわゆる遺伝子組み換えという技術で、生命科学の研究に活用される一方で、遺伝子治療、医薬品の合成、農作物の改良など様々な応用が可能になります。

今回のキャンプではこのような遺伝子とタンパク質の関係について実験を交えて理解を深めて下さい。実際に遺伝子がどのような物質か体感し、その中に生命の設計図が書き込まれていることを想像してみて下さい。試験管の中でタンパク質を作る実験では、細胞の中の生命活動の一端、つまり遺伝情報に従ってタンパク質ができてくる様子を想像して下さい。そして DNA という物質と多種多様なタンパク質が正しく作られ、正しく働くことによって地球上の生命活動が営まれていることを理解して下さい。

林　秀則

愛媛大学　プロテオサイエンスセンター　教授
生体超分子研究部門　部門長
専門分野：植物生理学、分子生理化学

光合成研究の専門家で、植物や微生物の環境ストレス応答の機構に関する研究および遺伝子操作によるストレス耐性の改変に関する研究を行っています。また高校生などを対象とした遺伝子組み換えの講義・実習を数多く実施しています。

遺伝暗号をよく見てみよう

遺伝子の情報は，RNA に写し取られた後，「遺伝暗号」という変換規則に従って，タンパク質のアミノ酸の並び方に変換されます．これによって，遺伝子の情報から，生き物の体の内外で働くタンパク質が合成されます．

この講義では，この遺伝暗号がどんなものか，よく考えてください．

遺伝暗号は，40 数年前に，無細胞タンパク質合成系を使った実験を通じて，明らかになりました．無細胞タンパク質合成系というのは，細胞内でタンパク質を合成する酵素群を細胞の外に取り出して，生きた細胞が無い状態でタンパク質合成ができる実験系です．この系では，生き物が使っているタンパク質しか作れないわけではありません．人為的に「勝手な」RNA を加えてやれば，その RNA の情報に従ってアミノ酸がつながっていきます．つながってできたポリペプチド（タンパク質と呼んでよいかどうか？？）は，RNA の塩基配列を，遺伝暗号に従ってアミノ酸配列に変換したものになります．そもそも，遺伝子の情報がいったん RNA に写し取られることを示したのも無細胞タンパク質合成系，RNA の情報がどのようにタンパク質のアミノ酸配列を指定しているかを示したのも主として無細胞タンパク質合成系なのです．

遺伝暗号は，ほとんど全生物で共通です．だからこそ，クラゲの遺伝子が，大腸菌の中やコムギの無細胞翻訳系で，きちんとしたタンパク質を作れるのです．もし，遺伝暗号が親と子で違っていたら，どうなるでしょうか？　子のタンパク質はめちゃくちゃになってしまいます．このことを考えると，地球上の全生物が，最初にこの遺伝暗号を使った生物の子孫であるという結論に至ります．でも，どうして，この遺伝暗号なのでしょうか？

この遺伝暗号に決まったからには，何か，特徴があるはずです．遺伝暗号の特徴を探してみましょう．

高井 和幸

愛媛大学　理工学研究科 教授
専門分野：タンパク質合成メカニズムの研究

効率よく正しくタンパク質が合成されるために必要な，遺伝暗号解読分子の化学構造について研究してきました．最近，タンパク質合成系を（細胞から抽出するのではなく）部品から組み立てる研究に着手しました。いつか，細胞を分子から組み立てることができるかも。

生体分子って何？
ー 生体分子を視てみよう！パソコンで触ってみよう！ ー

講義の目的

私たちの体の中で、実際におきている化学反応（生命現象）に携わっている生体分子の形・働きを、最新の３次元コンピュータグラフィックス（CG）を用いて、パソコンで視覚的に理解することにより、生命のメカニズムに触れ理解する。

講義の概要

本講義では、最新の３次元ＣＧのソフトを用いたパソコン演習を導入した授業が行われます。生体分子（核酸やタンパク質など）の形（構造）や働き（機能）について、ＣＧを使って、パソコンで視覚的に理解し、生命のメカニズムについて学びます。

このソフトでは、生体分子をパソコン上で自由自在に動かすことができ、アニメーション感覚でビジュアル的に操作でき、テレビゲーム感覚で「分子で遊ぶ」ことができます。つまり、テレビゲーム感覚で有機化学、生体分子化学、生命科学を「遊びながら学ぶ」ことができます。

古賀　理和　講師

愛媛大学教育・学生支援機構
共通教育センター　講師
専門分野：科学教育、核酸有機化学

研究の専門分野は、核酸有機化学です。また、共通教育センターの教員として、愛媛大学の教育改革の一環として、学士基礎力の育成を目的とした自然科学実験を組み込んだ体験型授業「科学リテラシー（共通教育科目）」などを行っております。

タンパク質はマラリアを無くす切り札

マラリアは、アジア・アフリカなどの熱帯の国々で多くの人々を苦しめている病気です。蚊に刺されることでマラリア原虫と呼ばれる小さな寄生虫がヒトの体に侵入し、血液の中の赤血球という細胞の中で数が急激に増えてこの病気になります。戦後、マラリア原虫に良く効く治療薬のクロロキンと、蚊を殺す強力な殺虫剤 DDT（ディー・ディー・ティー）を使ってマラリアの全滅対策が試みられました。一定の成果を収めましたが、その後この特効薬が効かなくなった耐性マラリアが世界中に広がり、マラリア対策が困難に直面しています。そこで、新たな切り札としてマラリアワクチンの研究が進められてきましたが、まだ実用化された物はありません。このような状況を打ち破るために、一昨年、人類のあらゆる力を結集してマラリア撲滅に向けて取り組むことが再び世界に向けて宣言されました。このような世界の動きの中で、今マラリアワクチンの研究にも新しい進め方が求められています。

そもそもワクチンとは予防接種のことで、今使われているワクチンのほとんどは、病原体を弱らせたり、殺した病原体をあらかじめ人の体に注射し、その病原体に対する抵抗力（免疫とよびます）を付け、それによって体に入ってきた病原体をやっつける、という仕組みで効き目が出ます。ところが、マラリアの場合はワクチンに使う病原体を実験室の中で大量に得ることが難しく、上で述べたように病原体そのものを弱らせてワクチンにすることはできません。そこで、マラリア原虫の遺伝子からタンパク質を作り、そのタンパク質をあらかじめ人に注射して免疫を付け、次のマラリア原虫の感染を防ぐというタンパク質を用いたワクチンが考えられています。しかし、ここで大きな問題となったのは、普通の生物の遺伝子は大腸菌に入れてタンパク質にするのですが、マラリアの遺伝子は大腸菌との相性が悪くタンパク質が出来ません。そこで私達は、愛媛大学で開発されたコムギ胚芽無細胞タンパク質合成法という新しいタンパク質合成法を用いることにしました。この講演では、今私たちが取り組んでいるマラリアワクチンの研究についてわかりやすく紹介し、なぜタンパク質が切り札なのか考えてみましょう。

坪井　敬文

愛媛大学　プロテオサイエンスセンター長　教授

専門分野:マラリアワクチンの研究

マラリアワクチンの基礎研究で成果を上げ，現在は無細胞タンパク質合成法を基盤とした新しい時代のマラリアワクチンの研究を進めています。このアプローチはマラリア撲滅のための新技術として注目されています。マラリア流行地と実験室を行き来しながら研究をすすめることを心がけています。

ヒトは何種類のタンパク質をもつのか？

今度のサイエンスキャンプで、皆さんは DNA からタンパク質ができることを確かめます。タンパク質の特徴は、ある特定の化学反応だけを触媒する（この機能を持つタンパク質群は酵素と呼ばれます）、またはある特定の分子とだけ結合することです。私たちはお米（糖質）や肉（タンパク質）やバター（脂質）など、さまざまな物質を食べて分解し、エネルギーを得ています。アミラーゼやトリプシンやリパーゼはこの分解に関係するタンパク質の例ですが、まだまだたくさんの種類のタンパク質が食べ物の消化の段階だけでも協同して働いています。つまり、一つの特定の働きを持つタンパク質がきわめて多種類あって、それらが協同して働くことで、私たちの大変複雑な生命機能（受精、細胞分裂、器官形成、形態形成、成長、健康な状態など）が維持されているのです。

では、私たちの身体の中でいったい何種類のタンパク質が働いているのでしょうか？

実は、この問いに対する答えはまだ出ていないのです。DNA の塩基配列からアミノ酸が直鎖状につながった状態のもの（ポリペプチド）ができることはわかっています。また、DNA の全塩基配列の中で、ポリペプチドになれる部分は２万カ所程度といわれています。しかし、さきにのべたような特定の機能を持つタンパク質は、これらのポリペプチドがいろいろな DNA の場所から寄せ集められて作られることも多いので、DNA の塩基配列が全部わかっても、タンパク質の種類の数は計算できないのです。

私は、生命の働きを理解するためには、そこに含まれている全種類のタンパク質を取り出して、その構造（何個のアミノ酸がどの順番でつながっているのか）と機能（どのような構造の分子と結合するのか）を調べる必要があると考えています。これは、ちょうど 19 世紀に、地球上の物質（主として鉱物など無機物）の性質を調べるために、全種類の元素を見つけ出し、その性質を調べる（周期表にまとめられています）必要があったことと似ています。私たちが命あるものを見るたびに驚かされ、魅惑される生命活動の複雑さ、多様さの源は、一つだけではたった一つの働きしか持たないタンパク質が、数千種、数万種協同して働くことにあるようです。これは、専門の仕事をする人々が協同してこの複雑な社会を運営していることと似ているのかもしれません。

今回のキャンプでは、タンパク質を分離し、解析する方法として電気泳動と質量分析を経験しました。私もこれらの方法で、タンパク質がいったい何種類あるのか、そしてどのように協同して働いているのか、調べている最中です。

真鍋 敬

愛媛大学 名誉教授

専門分野:分析生化学

生命活動の主な担い手であるタンパク質を集中的に解析することを目標として、２次元ゲル電気泳動法とキャピラリー電気泳動法の分離能の向上、電気泳動の高い分離能を生かして、同時にたくさんのタンパク質種を、一度に精製する方法、得られたタンパク質分析結果のデータベース化などの研究を行っています。

先端技術を教材にする！

平成 21 年に高等学校学習指導要領（以下新学習指導要領）が改訂された。特に生物分野に関しては，現行学習指導要領に比べて、配列だけでなく，内容も大幅に変更された。新学習指導要領解説には，「生物基礎、(1) 生物と遺伝子、イ遺伝子とその働き、(ｳ) 遺伝情報とタンパク質の合成」の単元において「転写と翻訳の概要については，DNA の塩基配列から mRNA の塩基配列へ，mRNA の塩基配列からアミノ酸の配列へという情報の流れを扱う。」と記載がある。よって、この単元ではセントラルドグマの流れを生徒に理解させることが主なねらいといえる。しかし、「生物基礎」では、旧課程「生物Ⅱ」のような mRNA や tRNA，リボソームの関係を示した転写，翻訳の詳しい仕組みを扱わず、実験に関しても形質転換実験も扱わないで転写、翻訳を扱うことになる。

コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系は、愛媛大学の遠藤弥重太らによって確立された試験管内でタンパク質を生産する先端技術である。この方法を用いれば、形質転換実験必要ないので、「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書（カルタヘナ議定書）」およびその日本国内法規である「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物多様性の確保に関する法律（カルタヘナ法）」にとらわれることがない。そのため、教育現場に導入しやすい実験である。コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系は、他の無細胞タンパク質合成系に比べ、高収量、低いコドンの選り好み性、広い反応至適温度域を持つことから実験が容易であり、食品であるコムギを利用しているので、低価格に加えてバイオハザード問題や生命倫理問題も解決している。以上のことから従来の「生細胞を利用する組換え法」とは異なり、滅菌器や培養装置など特別の高価な設備を必要としないため、一般的な小・中・高校での実験・実習に適している。

そこで、今回のキャンプでコムギ胚芽無細胞タンパク質合成法を用いてセントラルドグマを可視化する実験が企画されている。この実験はまだ発展途上の段階なので、教育現場でどのように扱っていくか一緒に考えていきましょう。

片山 豪

高崎健康福祉大学　人間発達学部　教授

専門分野:理科教育

高等学校で生物や化学を教えながら、大学や研究機関で研究を行ってきました。研究者にとってあたりまえなことが、教育現場では知られていないことがたくさんあります。それらを子どもの発達段階に合わせて教材化することが、私の使命です。教師と研究者の両方の視点でサイエンスを考えています。

生命って、私って？
―神秘的な生命の原理を探ってみようー

「我々は何者か？･･･」、ゴーギャンの絵の表題にも見られるこの疑問は、太古の昔から我々を悩まし続けてきた。17世紀にデカルトは、「我思う故に我あり」と説明したが、人類のこの最も根源的な疑問の答えにはなっていない。そこで私は、発展著しい生命科学の成果を活用して、このような課題に対しても熱考できるアイデンテイテイーを持った人材育成を目的とした新しい教育方法の導入を提案したい。生命体は、DNA に記載された遺伝子情報が中心教義と呼ばれる“DNA ⇔ RNA ⇒ Protein”の順序で変換された数十万種のタンパク質の機能によって営まれている。この情報変換過程のうち、最近になってタンパク質を試験管内合成（無細胞タンパク質合成）できるようになり、それまで“不可能と思われていた“生命中心教義”のすべての過程が試験管内で再現できるようになった。そして、従来のバイオハザードや生命倫理問題の壁が打破され、医学・薬学・農学や工学分野での基礎・応用研究が益々加速されてきている。さらに、60年前にクリックが提唱した中心教義の過程が化学反応で成り立っていることの簡単な実証が可能となり、我々はこれらの技術を教育に活用することを考えた。この生物教育教材を用いることによって、我々の思考などをも含むすべての生命活動は化学反応で有り立っていることを若者が主体的・論理的に理解し、人生や社会のあるべき姿を考えることができるようになれば、と期待している。「何者か？」等の哲学的思考能力は、ヒト大脳の進化過程で社会選択圧とはならなかったのだろう。ヒトを知り理解する生物学が、すべての教育科目の基礎となる日が遠くないことを期待する。

遠藤 弥重太

愛媛大学特別栄誉教授

専門分野:タンパク質合成メカニズム

リボソーム研究，生物毒素の作用機構などの基礎分野研究で成果を上げ，現在はそれらを基盤とした延長線上のバイオテクノロジー技術開発を進めている。試験管内でタンパク質を合成する無細胞合成法の実用化に成功している。

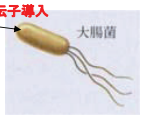
主な実験内容

実験材料として 4 種類のタンパク質を扱います。オワンクラゲがつくる緑色のケイ光タンパク質、サンゴがつくる赤色のケイ光タンパク質、そしてそれぞれの変異体です。これらのタンパク質は正しくつくられたときだけそれぞれの色で発光できます。これらのタンパク質をコードする DNA を利用すると、大腸菌の中でも試験管の中でもそれぞれのタンパク質が正しくつくられ本来の性質を持つことを実験で確かめます。このように、組換え DNA とできてくるタンパク質の性質を調べることによって、どの生物も同じ規則に従って遺伝暗号を解読し、タンパク質をつくることを理解できます。

オワンクラゲ

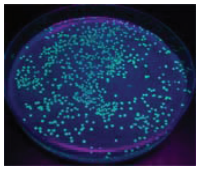
遺伝子の情報にしたがって発光タンパク質をつくる。

遺伝子導入

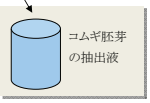


大腸菌

大腸菌が発光タンパク質をつくる。

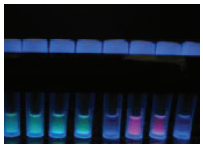


遺伝情報
アミノ酸



コムギ胚芽の抽出液

試験管の中で発光タンパク質ができる。



1. 遺伝子を働かせる

1-1 大腸菌の形質転換 （1～2 日目）
ケイ光タンパク質の遺伝子を組み込んだプラスミド DNA を作製し、これを大腸菌に導入します。形質転換された大腸菌を観察し、導入したプラスミド DNA と合成されたタンパク質の関係を調べます。

1-2 DNA の電気泳動 （1～2 日目）
プラスミド DNA の作製に使用するベクターDNA やインサート DNA をアガロース（寒天）の中で移動させることによって、そのサイズを調べます。

1-3 試験管内タンパク質合成 （無細胞タンパク質合成）（2 日目）
プラスミド DNA から RNA ポリメラーゼによって mRNA（メッセンジャーRNA）を合成します。この mRNA をコムギの胚芽から調製したリボソーム活性の高い抽出液に加えてタンパク質を合成します。

2. プラスミド DNA を分析する

2-1 PCR による DNA の分析 （2 日目）
PCR（ポリメラーゼ連鎖反応：DNA を大量に複製する方法）を使って、プラスミド DNA およびそれらを導入した大腸菌から特定の領域の DNA を増幅します。

3. タンパク質を分析する

3-1 発光タンパク質の観察 （2～3 日目）
プラスミド DNA を導入した大腸菌およびコムギ胚芽を利用してタンパク質を合成させた試験管に、紫外光を照射して発光タンパク質が合成されたかどうか調べます。

3-2 電気泳動によるタンパク質の分析（3 日目）
白色の大腸菌と緑色あるいは赤色の大腸菌に含まれるタンパク質の違いを SDS-PAGE 法（タンパク質を電気泳動する方法）によって調べます。

3-3 質量分析によるタンパク質の分析（3 日目）
プラスミド DNA からできたタンパク質の分子量を MALDI-TOFMS（マトリックス支援レーザ脱離イオン化法－飛行時間型質量分析法）によって正確に測定します。

1. 遺伝子を働かせる＝タンパク質を作る

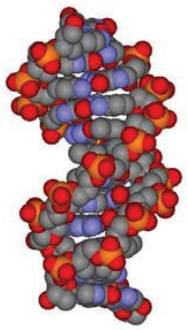
DNA は遺伝子の本体（A、C、G、T の 4 文字で書かれた設計図）

タンパク質の設計図、言い換えると生命の設計図である遺伝子はデオキシリボ核酸（DNA）という物質です。DNA は基本的に 4 種類の化合物（一般的に A と C と G と T と呼ばれます）が直線状につながった細長い分子です。そして A、C、G、T の並び方をある法則で読みかえる（暗号の解読）とタンパク質の情報（20 種類のアミノ酸の並び方）になります。同じ生物では全ての細胞の中に同じ DNA が含まれていて、その生物に必要な全てのタンパク質の情報が含まれています。このように一つの生物の生存に必要な一個または一組の DNA をゲノム DNA といいます。ただし細胞の種類や生育条件が変わると必要なタンパク質の種類や量が異なってくるため、ゲノム DNA のなかの読み出される情報も異なってきます。

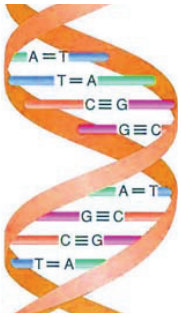
細菌などの遺伝子には約 3000 種類のタンパク質の情報が書き込まれています。その DNA は A、C、G、T を合計で約 900 万個含み、まっすぐ延ばすと長さは約 1 ミリメートルになります。人の遺伝子には約 20000～30000 種類のタンパク質の情報が含まれているといわれています。その DNA は A、C、G、T を合計で約 60 億個含み（百科事典 1000 冊分の文字数に相当）、合計した長さは約 1 メートルもあります。このように極端に細長い物質が折りたたまれて細胞の中、あるいは核の中に閉じこめられています。

細菌などにはゲノム DNA の他に、サイズの小さいプラスミド DNA と呼ばれるものが含まれています。このプラスミド DNA を細胞から取り出し、これに別の生物の DNA の一部を組み込んでつくった組み換え DNA を元の細菌に戻すと、別の生物のタンパク質がその細菌の中でつくられるようになります。

DNA を化学の記号で書くと左の図のようになります。これを模式的に表したのが右の図で、A、C、G、T が並んでいるのがわかります。ただしこれは DNA のほんの一部分で、全体の DNA は細菌の場合、これが約 30 万倍、人の場合は約 2 億倍繰り返されたものになります。この絵の大きさで描くとそれぞれ 30 キロメートルと 20000 キロメートル（地球の半周!!）の長さになります。



模式的に描くと



左の図の灰色は炭素、赤は酸素、青はチッ素、オレンジはリンを表す。水素は省略されている。
出典：左、平山令明著 「分子レベルで見た体のはたらき」講談社
右、T. McKee &J.R. McKee 著・市川厚監修、福岡伸一監訳「マッキー 生化学」化学同人

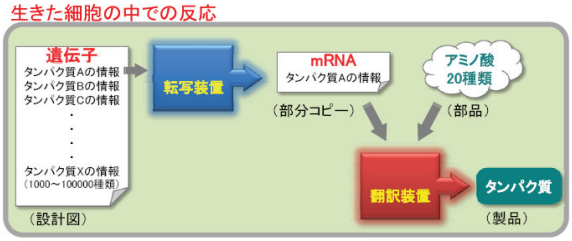
遺伝子とタンパク質（地球上の全生物に共通の仕組み）

生きた細胞の中でタンパク質が作られるとき、20 種類のアミノ酸をどのような順序でつないでいくかという情報が必要です。この情報は遺伝子に書き込まれています。つまり遺伝子はタンパク質の設計図ということになります。ただし遺伝子にはその生物の全てのタンパク質に関する情報が含まれています。そのため遺伝子の情報の中から必要なタンパク質の情報だけが取り出されます（転写とよばれる反応です）。これは mRNA と呼ばれ、特定のタンパク質だけに関係した情報が書き込まれて、その情報に従って、 20 種類のアミノ酸が正しい順番でつながっていき、タンパク質ができてきます。mRNA の情報からタンパク質を作る仕組みはとても複雑ですが、リボソームと呼ばれる巨大なタンパク質と核酸の複合体（翻訳装置）が重要な働きをします。

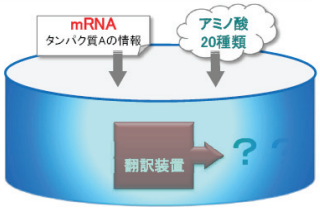
生きた細胞の中には遺伝子、転写装置、翻訳装置、アミノ酸などが全てそろっていて、必要なときに必要なタンパク質がつくられます。最新の技術では、細胞から翻訳装置にあたる部分だけを取り出し、これに遺伝情報とアミノ酸などを加えることによって、試験管の中（細胞の外）でタンパク質を作らせることができます。これが愛媛大学が開発した無細胞タンパク質合成技術です。翻訳装置を取り出す材料にはコムギの胚芽を利用しますが、その理由は、この部分が発芽して速く成長するためにタンパク質を合成する能力が特に優れているからです。

今回の実験ではコムギの胚芽から取り出した成分に mRNA とアミノ酸を加え、生きた細胞の中の反応を部分的に再現します。加える mRNA は「オワンクラゲ」という生物がつくる発光タンパク質の情報を含んでいます。一般的にタンパク質は光りません。しかしこのオワンクラゲのタンパク質はアミノ酸だけからできているにもかかわらず緑色に光る、非常に特殊なタンパク質です。そのため“タンパク質が正しく作られたかどうか”を目で確認できます。

生きた細胞の中での反応



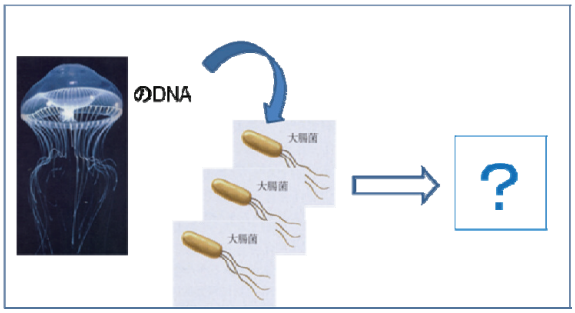
試験管の中での反応
（今日の実験）



実験 1-1. 大腸菌の形質転換

クラゲのタンパク質を他の生物に作らせる。

どの生物も、生きていくために必要な一組の DNA（ゲノム DNA ともいう）を持っています。そしてそれぞれの生物はこの DNA の中の遺伝情報を使って、生きていくのに必要なタンパク質を作ることができます。このような一組の DNA は細胞の中または細胞の中の核の中にあります。もし他の生物の DNA が細胞の中に入ってきても、ふつうは分解されてしまい、使われることはありません。しかし遺伝子組み換え技術を利用すると、ある生物の DNA を別の生物の中で働かせて、その生物が本来作らないタンパク質をつくらせることができます。 実験 1-1 ではクラゲの DNA などを大腸菌のプラスミド DNA に接続し、大腸菌という微生物の中で働かせてみます。遺伝子操作によってクラゲの DNA を大腸菌に入れたらどうなるか想像してみましょう。

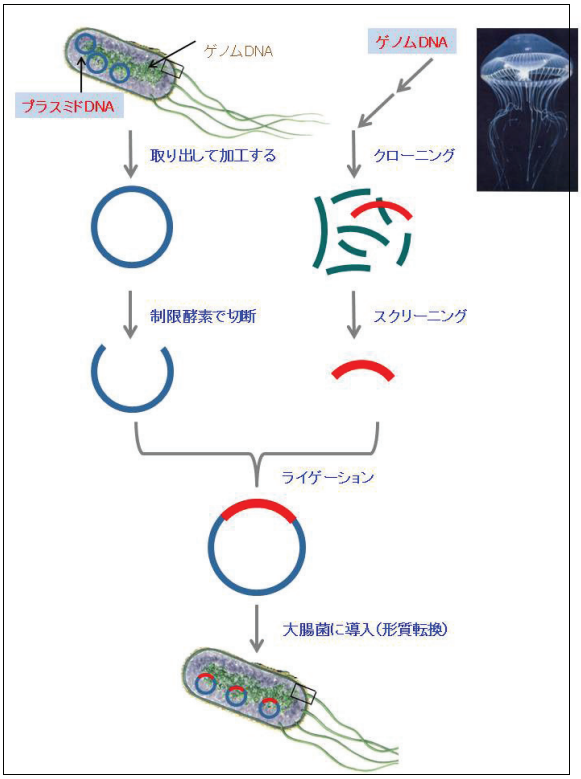


プラスミド DNA と組換え DNA

大腸菌の中で他の生物の遺伝子が働くようにするには、遺伝子を運ぶ役割をするベクターDNA に接続する必要があります。大腸菌の場合、細胞内にゲノム DNA のほかプラスミドと呼ばれるサイズの小さい DNA が存在していることがあり、これを細胞から取り出して、加工したものをベクターDNA として利用します。そしてこれに目的の DNA 断片を接続する操作をライゲーションといいます。さらにこのようにして作製した組み換え DNA（プラスミド DNA）を大腸菌に導入する必要があります。この操作を大腸菌の形質転換といいます（次ページの図）。

今回の実験では pBluescript という大腸菌用のベクターDNA に、オワンクラゲの発光タンパク質（Green Fluorescent Protein）をコードする DNA 断片とその発現を高めるための DNA 断片を接続したプラスミド DNA を導入します。

★遺伝子操作の基本原理



【実験操作 1-1 プラスミド DNA の作製】

（4 人一組で行う。各テーブルにインサート G、インサート R、ベクター、それぞれ 15 μL 用意する）

1. 以下の表のように、4 本のチューブ A～D に**インサート DNA（G と R）、ベクターDNA、ライゲースを含む酵素溶液**、および水（加えなかった成分に相当する量）を混合する。
2. 各チューブをスピンダウン（軽く遠心して、壁面の液をチューブの底に集める操作）したのち、25℃で 15 分間、静置する。

（次の実験に備えて、コンピテントセル（タカラおよび生化）を氷上で融解させる）

表 1. プラスミド DNA の作製

	チューブ A	チューブ B	チューブ C	チューブD
ベクターDNA	2 μL	2 μL	2 μL	2 μL
インサート DNA（G と R の 2 種類）	2 μL（G）	2 μL（R）	0	2 μL（G）
酵素溶液	4 μL	4 μL	4 μL	0
水	0	0	2 μL	4 μL

各溶液中でとのような DNA ができるか、次ページの電気泳動の結果を予測してみましょう。

チューブ A	チューブ B	チューブ C	チューブD

～～～～～～～～～～～～MEMO～～～～～～～～～～～～

【実験操作 1-1 続き、 プラスミド DNA による大腸菌の形質転換】

（各テーブルで生化 JM109 を3本、タカラ JM109 を1本、SOC 培地を2本、プレート 9 枚を用意する）

注：コンピテントセルは薬品で処理され、皮膚がはがれたような状態です。とてもデリケートなので、優しく扱ってください。過激なピペッティングや撹拌をしないこと。

3. 5 本のチューブに大腸菌のコンピテントセル（生化 JM109）を 20 μL ずつ取り分け、あらかじめベクターとインサートを接続した環状プラスミドDNA溶液（G、B、R、OおよびpBSの 5 種類）、それぞれを 2 μL 加え、チップの先でかき回すようにして、穏やかに混合する。
4. 氷上で 5～10 分間静置する。
5. 5 本のチューブに大腸菌のコンピテントセル（タカラ JM109）を 20 μL ずつ取り分け、それぞれに実験操作 1-1 で反応させたチューブ A～D の溶液および形質転換効率測定用のプラスミド溶液（pBR 322 、0.1 ng/μL）それぞれを 2 μL 加えて、チップの先でかき回すようにして、穏やかに混合する。
6. 氷上で 5～10 分間静置する。
7. 10 本全てのチューブを 42℃で 45 秒間だけ加熱する（加熱しすぎると大腸菌が死滅するので要注意）。
   注：余熱をとるため、できるだけ早く氷につけること
8. 氷上で 2 分間放置する。
9. 37℃に温めておいた培地（SOC 培地）を 180 μL 加えた後、37℃で 30-60 分間振とう培養する。

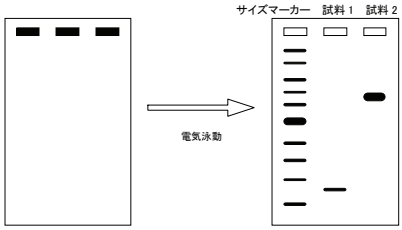
（この間に 21-22 ページの実験操作 1-2 にしたがってDNAの電気泳動を行う）

10. この培養液の 100～150μL を LB 寒天プレートに塗り広げて、37℃で一晩放置する。
11. 培養液を寒天に十分しみ込ませるため、ふたを上にして 10 分程度放置する。
12. 翌日プレート上のコロニーの色や形と個数を調べ、加えた成分と生育した大腸菌の関係を調べる。

～～～～～～～～～～～～MEMO～～～～～～～～～～～～

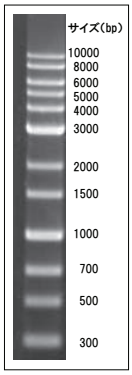
実験 1-2. 電気泳動による DNA の分析

DNA は負の電荷を帯びているので、水溶液中で電場をかけると、陽極に移動します。しかし、DNA がアガロースゲルの中に存在すると、アガロースゲルは分子の世界では網目構造になっているので、長い DNA ほど抵抗を受けて、遅く移動します。逆に短い DNA は、抵抗を受けにくいので速く移動します。したがって、アガロースゲルを使って電気泳動を行うと、DNA がその長さにしたがって分離され、DNA の長さを知ることができます。ただし、電気泳動をしただけでは、DNA を見ることはできません。下の図のように目に見えるようにするには、ゲルを特別な染色液につけ、DNA を染色する必要があります。そして、染色したゲルに紫外線を当てると、DNA が見えるようになります。



また試料を泳動するときは、あらかじめサイズのわかった DNA 断片の混合物(サイズマーカー)を一緒に泳動して、その位置を参照して目的の DNA のサイズを決定します。

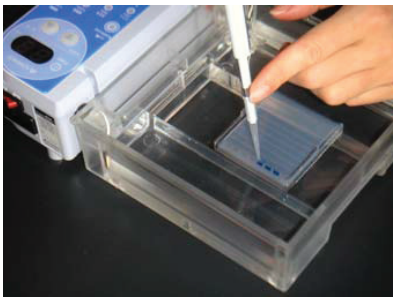
右の図はサイズマーカーの一例です。数字は各 DNA 断片に含まれる塩基対の数を示しています。 1000 bp=1 kbp、 bp:ベースペア(塩基対)



～～～～～～～～～～ MEMO ～～～～～～～～～～

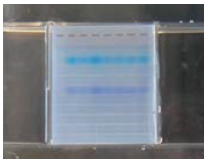
【実験操作 1-2　インサート DNA とベクターDNA の電気泳動】
(4 人一組で行う、各テーブルでインサート G、インサート R、ベクターおよびチューブ A～Dの計 7 サンプルを泳動する。ゲルへのチャージは全員が行う必要はない)

1. 泳動槽に泳動バッファー(TAE バッファー)をいれ、アガロースゲルをプラスチックトレイごと泳動槽にセットする。(各テーブル 8 レーン 1 個)
2. 実験 1-1 で用いたインサート DNA(G と R)とベクターDNA の原液各 2 μL をマイクロチューブにとり、水 4 μL とサンプルローディングバッファー約 2 μL(試料の比重を大きくするための試薬と泳動の様子をみるための色素を加えた溶液)を加える。
3. チューブ A～D の反応溶液の残りに、サンプルローディングバッファーを約 2 μL を加える。
4. 各チューブをスピンダウンしたのち、溶液全量をアガロースゲルの上端の溝にマイクロピペットで入れる(このときチップの先がアガロースにふれると、溝の縁や底が破れることがあるので注意する)。



5. 100 V の電圧をかけ、25～30 分間泳動する。

   注:泳動バッファーには DNA 検出用のケイ光試薬が含まれています。発がん性物質なので直接手で触れたり、口に入れたりしないよう注意してください。



6. ゲルを染色液から取り出し、紫外線を照射して DNA のバンドを観察する。

実験 1-3. 試験管内での転写と翻訳の再現

細胞の中ではゲノム DNA を鋳型として特定のタンパク質の情報が mRNA に転写されます。これと同様の反応をプラスミド DNA(特定のタンパク質の情報を含む)と RNA ポリメラーゼを用いて試験管の中で再現します(in vitro 転写反応)。

また細胞の中ではリボソームと呼ばれる巨大なタンパク質と RNA の複合体によってタンパク質が合成されます。このリボソームを細胞から取り出して必要な成分を加えることによって、試験管の中で特定のタンパク質を細胞の中と同様に作らせることができます(無細胞タンパク質合成)。具体的にはコムギ胚芽の抽出液(活性の高いリボソームを含む)と遺伝情報を含む DNA またはその転写産物である mRNA を混合し、これにタンパク質の構成成分である 20 種類のアミノ酸、エネルギー源である GTP やクレアチンリン酸キナーゼおよび tRNA を加えておくと、遺伝情報に従ってタンパク質が合成されます。

実験 1-3-1　mRNA の合成(転写反応)

pEU ベクター(無細胞発現ベクター)に緑色ケイ光タンパク質の遺伝子(gfp 遺伝子)[または赤色ケイ光タンパク質の遺伝子(rfp 遺伝子)←必要か？]を組み込んだプラスミド DNA を鋳型として用います。2 人一組で 3 種類の反応溶液を用意し(プラスミド DNA を加えたもの、プラスミド DNA を加えてないもの、RNA 分解酵素を加えたもの)、試験管内で合成された mRNA を確認したのち、この反応溶液をそのまま無細胞翻訳反応に用います。

【転写反応】(2 人一組で 3 種類の反応液を用意する)

1. チューブ a、b、c を用意し、表 3 のように必要な溶液を加え、穏やかにかくはんする。
2. 各チューブをスピンダウン(軽く遠心して、壁面の液をチューブの底に集める操作)する。
3. 37℃で 2～4 時間保温する。

注:チューブ b には RNA 分解酵素阻害剤を加えず、代わりに RNA 分解酵素を加える。チューブ c にはプラスミド DNA を加えない

【RNA の検出】

4. 1/1000 に希釈したリボグリーン溶液 200 μL を 3 本のチューブにとり、それぞれにチューブ a、b、c の反応液 2 μL を加え、よくかくはんする。
5. ブルーのLEDの光を照射し、オレンジのアクリル板を通して観察し、RNA が含まれているかどうか調べる。

表 2. 転写反応の溶液組成

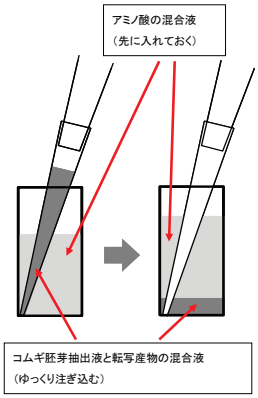
溶液	チューブ a	チューブ b	チューブ c	溶液の濃度	(最終濃度)
蒸留水	8 μL	8 μL	10 μL	–	–
転写反応用緩衝液	4 μL	4 μL	4 μL	5×	1×
リボヌクレオチド溶液	2 μL	2 μL	2 μL	25 mM	2.5 mM
RNA 分解酵素阻害剤	2 μL	0 μL	2 μL	10,000 unit/mL	1000 unit/mL
RNA 分解酵素	0 μL	2 μL	0 μL	10 mg/mL	1 mg/mL
RNA ポリメラーゼ	2 μL	2 μL	2 μL	10,000 unit/mL	1000 unit/mL
プラスミド DNA	2 μL	2 μL	0 μL	1 mg/mL	0.1 mg/mL
合計	20 μL	20 μL	20 μL		

～～～～～～～～～～～～MEMO～～～～～～～～～～～～

実験 1-3-2　タンパク質の合成（翻訳反応）

【翻訳反応】(各組でチューブ a とチューブ c を使う)

1. 2 本のキャップ付き透明平底のチューブに A、C と記入し、それぞれにアミノ酸溶液（チューブ 10）200 μL をとる。
2. 2 本のマイクロチューブそれぞれにコムギ胚芽抽出液 10 μL をとる。
3. コムギ胚芽抽出液 10 μL に転写反応の終了したチューブ a、c の溶液 10 μL を加え、穏やかにかくはんする。
4. チューブ A と C のアミノ酸溶液の下に、コムギ胚芽抽出液と転写反応液を混合した溶液の全量をゆっくり加えていき、混ぜないでそのまま静置する。



【タンパク質の検出】

5. 反応開始直後、3 時間後および次の日、キャップ付き透明チューブのアミノ酸溶液と反応液の境界付近をブラックライトで照射して、違いがあるかどうか観察する。

～～～～～～～～～～～～MEMO～～～～～～～～～～～～

タンパク質の合成（簡易版：凍結乾燥させたコムギ胚芽抽出液を使用）

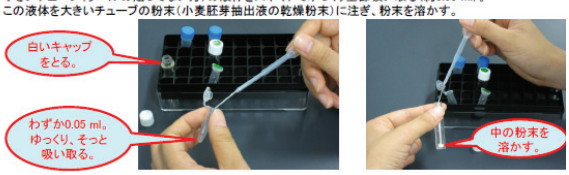
実験の準備

実験キットの袋から中身を出し、以下のものがあるか確認し、それぞれチューブスタンドに並べる。

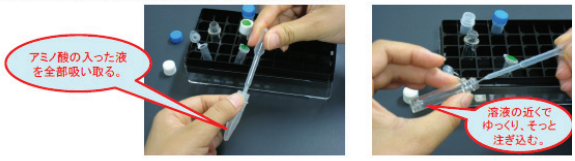
✓乾燥粉末の入った大チューブ（ラベルなしと緑または赤ラベル）
✓mRNAを含まない液体の入った小チューブ（ラベルなし）
✓mRNAを含む液体の入った小チューブ（緑または赤ラベル）
✓アミノ酸などを含む溶液の入った青いキャップのチューブ2個
✓スポイト 1個

実験操作

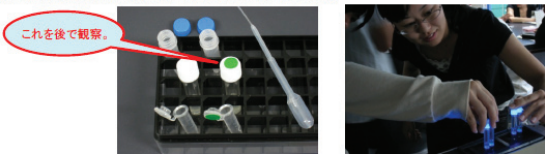
1. 大きいチューブ（まずラベルを貼ってない方から始めます）を軽くたたいて、粉末を底に落とし、キャップを取る。
2. 小さいチューブ（ラベルの貼ってない方）の液体をスポイトでゆっくり全部吸い取る（約0.05 ml）。
3. この液体を大きいチューブの粉末（小麦胚芽抽出液の乾燥粉末）に注ぎ、粉末を溶かす。



4. 青いキャップのチューブからアミノ酸などの入った溶液をスポイトで全部吸い取る（約0.3 ml）。
5. この溶液を、大きいチューブの液の上に、ゆっくり注ぎ込み、混ぜないでおいておく（チューブをなるべく横にし、スポイトの先を中の液にできるだけ近づけて、ゆっくり押し出す）。



6. 同じ操作を緑（または赤）のラベルを貼った小チューブと緑（または赤）のラベルを貼った大チューブで繰り返す。
7. 2種類の大チューブ（mRNAを加えたものと加えなかったものを並べてラックに立て、そのままおいておきます。2時間ぐらい経ったら、タンパク質ができているかどうか調べてみます。

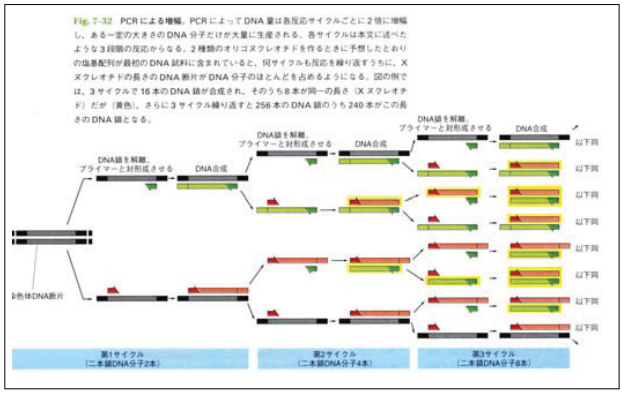


2. プラスミド DNA を分析する

実験 2-1.　PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）による DNA の増幅

大腸菌に導入したプラスミド DNA およびタンパク質合成に利用した DNA を分析します。DNA の分析方法はいろいろありますが、ここでは PCR という方法を使います。PCRPCR 反応溶液には、DNA を複製する酵素、DNA の材料、目的の DNA を探索する DNA（プライマー）が含まれています。したがって、もし、この反応溶液に目的の DNA が存在していれば、目的の DNA を含む DNA 断片が大量に複製されます。これは細胞が分裂するときに細胞の中でおこる「DNA の複製」を試験管の中で部分的に再現しています。この方法を応用すると、ごく微量の DNA から大量に DNA を複製することができるので、病気の診断や犯罪捜査に使われています。

PCR による DNA 増幅の原理



【実験操作 2-1】(各テーブルで、プレート 9 種類、DNA 溶液 5 種類)

（1）大腸菌の菌体を用いた PCR

1. 寒天プレート上の大腸菌のコロニーをチップの先端に少量つけ、PCR 反応溶液 28 μL に加え、軽く混ぜる。
   - ✓ G、B、R、O および pBS のプラスミド DNA を導入した大腸菌のコロニー　　計 5 種類
   - ✓ インサートを加えたプラスミドのプレートから緑と白、および赤と白のコロニー、 計 4 種類（もしコロニーの色がはっきりしないときは省略）
2. 各反応チューブをスピンダウンした後、以下の反応サイクルを 25 回繰り返す。

（2）プラスミド DNA を用いた PCR

3. 形質転換に用いたプラスミド DNA（G、B、R、O、pBS）の溶液 2 μL を、PCR 反応溶液 28 μL（チューブに分注）に加え、軽く混ぜる。
4. 各反応チューブをスピンダウンした後、以下の反応サイクルを 25 回繰り返す。

反応サイクル

95℃ 30 秒間 → 56℃ 30 秒間 → 72℃ 60 秒間

（3）反応終了後、合成された DNA 断片を実験 1-2（21-22 ページ）と同様に電気泳動によって分析する。

（各テーブルで、コロニーPCR 産物 10 種類、プラスミド DNA の RCR 産物 5 種類＝ラージゲル使用）

5. 泳動槽に泳動バッファー（TAE バッファー）をいれ、アガロースゲルをプラスチックトレイごと泳動槽にセットする。
6. PCR 反応溶液 5 μL にサンプルバッファー（試料の比重を大きくするための試薬と泳動状態をみるための色素を加えた溶液）約 2 μL を加える。
7. 試料をアガロースゲルの上端の溝にマイクロピペットで入れる（このときチップの先がアガロースにふれると、溝の縁や底が破れることがあるので注意する）。
8. 100 V の電圧をかけ、25～30 分間泳動する。
9. 泳動終了後、アガロースゲルをプラスチックトレイごと泳動槽から取り出し、染色液（発ガン物質が入っているので直接手で触れないこと）に入れ、約 15 分間静置する。
10. ゲルを染色液から取り出し、紫外線を照射して DNA のバンドを観察する。

注）3 日目のタンパク質の分析用に寒天プレート上のコロニーをチップの先につけ、1.5 mL の培地にいれ、一晩培養する（各テーブル G、B、R、O、pBS の 5 種類）

PCR 反応液(1 反応あたり 30 μL)

	容量(μl)	ストック液の濃度	最終濃度
反応溶液 **28.0 μl**			
滅菌水	20.1		
5×PCR バッファー (7.5 mM $MgCl_2$ を含む)	6.0	5×	1× (1.5 mM $MgCl_2$)
dNTP (A+C+G+T)	0.6	10.0 mM	0.2 mM
Forward プライマー	0.6	10.0 μM	0.2 μM
Reverse プライマー	0.6	10.0 μM	0.2 μM
TaqDNA ポリメラーゼ	0.15	5.0 Unit/・l	0.75 Unit
DNA 溶液 **2.0 μl**			
全量 **約 30 μl**			

プライマーの配列

FW プライマー(T7 プライマー): TAATACGACTCACTATAGGG

RV プライマー(T3 プライマー): AATTAACCCTCACTAAAGGG

今回用いるプライマーの塩基配列と同じ配列が、プラスミドDNA上のインサート DNA を接続する場所の両側にあります。つまり、プラスミド DNA にインサート DNA が接続されていると、その DNA の分だけ長くなった DNA 断片が増幅されます。

～～～～～～～～～～～～MEMO～～～～～～～～～～～～

3. タンパク質を分析する

実験 3-1. 発光タンパク質の観察

一般的なタンパク質は我々の目に見える蛍光は出しません。オワンクラゲの発光タンパク質はタンパク質の一部が化学変化して、紫外光や青色の光を吸収して緑色のケイ光を出します。他のケイ光を発するタンパク質も同様の仕組みで発光します。

【実験操作】

ブラックライト(紫外光)を大腸菌のプレート、培養液、無細胞合成液に照射して、遺伝子導入あるいは無細胞タンパク質合成によって緑色や赤色に光るタンパク質ができているかどうか、確かめます。

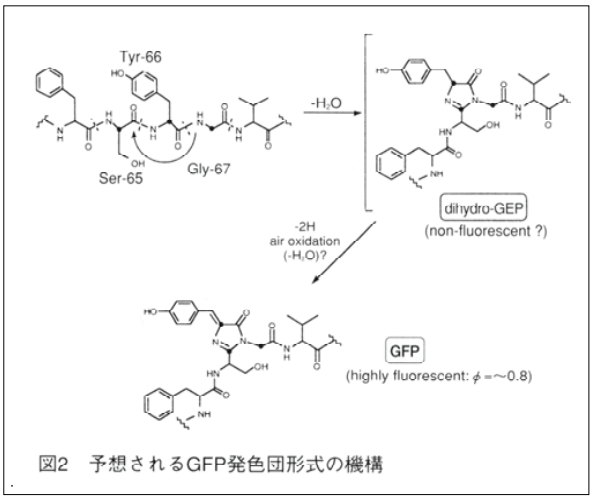
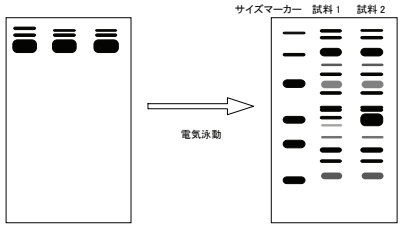


図2 予想されるGFP発色団形式の機構

実験 3-2. 電気泳動によるタンパク質の分析

タンパク質の電気泳動にはアクリルアミドを重合させたゲルを用います。ゲルの材質は違いますが、DNA の電気泳動と原理は似ていて、大きなタンパク質ほど遅く移動し、小さなタンパク質ほど速く移動します。したがって、タンパク質が大きさにしたがって分離されます。



タンパク質も電気泳動をしただけでは見えません(ただし、GFP は光るタンパク質なので見える場合もあります)。したがって、ゲルを色素(クマシーブリリアントブルー、CBB)の溶液につけ、タンパク質を染色します。ゲル全体が染色されてしまいますが、ゲルを脱色液につけると、タンパク質と強く結合した色素はそのまま残り、その他の色素は洗い流されます。これらの操作でタンパク質が見えるようになります。

Typical results

M_r (kDa)

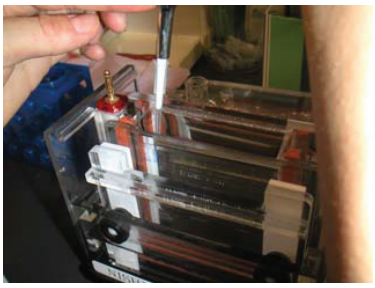
97.0
66.0
45.0
30.0
20.1
14.4

Figure 2. LMW standards stained with Coomassie Brilliant Blue. Aliquots (3 μl per lane) of a 2 × dilution were loaded on a self-cast 15% T, 2.7% C gel. The gel was run at a constant current of 20 mA for 1 hour, 55 minutes on a Mighty Small™ electrophoresis unit. The gel was stained with PhastGel Blue R (17-0518-01).

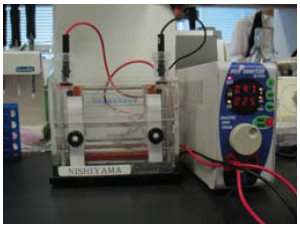
Protein	M_r(Da)	R_f
Phophorylase b	97 000	0.07
Albumin	66 000	0.13
Ovalbumin	45 000	0.25
Carbonic anhydrase	30 000	0.46
Trypsin inhibitor	20 100	0.67
α-Lactalbumin	14 400	0.89

【実験操作 3-2】

1. 作製済みのポリアクリルアミドゲル（2 枚のガラス板に挟まれている）を泳動槽にセットする。
2. マイクロチューブに培養液を約 20 μL とり、15,000 回転、4℃で 1 分間遠心分離し、大腸菌を沈殿にする。
3. 上清を取り除き、沈殿に 20 μL の純水を加えてけんだくした後、10 μL のタンパク質溶解液（メルカプトエタノールを含む）と混合する。
4. 95℃で 3 分間加熱する。
5. アクリルアミドゲルの溝の部分にサンプル約 15 μL を注入する。



6. 25 mA 定電流で 1 時間泳動する。
7. 泳動終了後、CBB で染色する。

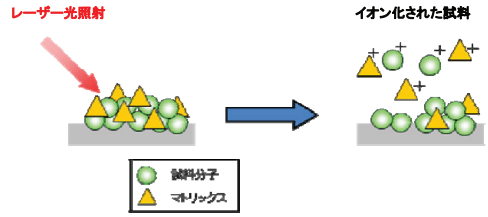


実験 3-3.　MALDI-TOFMS によるタンパク質の分析

一般的なタンパク質の分析法としてポリアクリルアミドゲル電気泳動がよく用いられます。どのようなタンパク質が含まれるか比較的簡単にまた感度よく分析できます。しかし各タンパク質の分子量を正確に求めるには適していません。一方、質量分析は大がかりな装置を必要とするものの、かなり正確にタンパク質の分子量を求めることができ、その値を参考にしてどのようなタンパク質であるかを決定できることがあります。その中でよく用いられるのは MALDI-TOFMS（マトリックス支援レーザ脱離イオン化法－飛行時間型質量分析法）という方法で、ノーベル賞を受賞した田中耕一博士によって実用化された方法です。

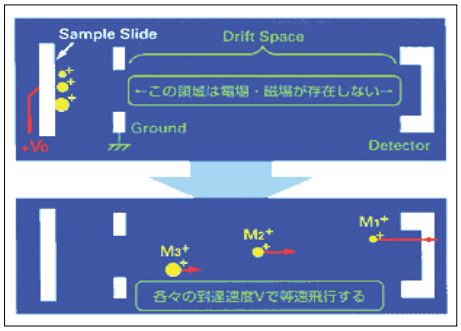
MALDI とは，Mattrix Assisted LaserDesorption/Ionization（マトリックス支援レーザ脱離イオン化法）の略称。

MALDI における サンプルは多量のマトリックス(Matrix)と均一に混合された状態にあります。マトリックスは，紫外光である窒素レーザ光（波長＝337 nm）を吸収し，熱エネルギーに変換します。この時，マトリックスのごく一部（図の Analyte の最表面～π100 nm）が急速に（数 nsec）に加熱され，サンプルとともに気化されます。



TOFMS とは，Time of Flight Mass Spectrometry （飛行時間型質量分析法 ）の略称

次ページの図に示されるように，様々の大きさの正イオンがサンプルスライド(Sample Slide)上で発生します。サンプルスライドと接地グラウンド Ground の間には V_0 の電位差があるので，イオンは図の方向に引き出されます。引き出し後の各イオン速度 v は，エネルギー保存の法則より求められます。ここで電位差 V_0 は，どのイオンに対しても一定ですので，m/z 値が小さい（軽い）イオンほど高速でドリフト空間(Drift Space)を飛行し，検出器(Detector)に到着します。このように，質量電荷比 m/z 値の違いでイオンの飛行時間が異なることを利用して質量分析を行う方法を「飛行時間型質量分析法」(TOFMS)と呼びます。



【実験操作 3-3】（この操作は大学生が行います）

1. マイクロチューブに培養液を約 1.5 mL とり、15,000 回転、4℃で 1 分間遠心分離し、大腸菌を沈殿にする。
2. 上澄み液をアスピレーターで可能な限り取り除く（沈殿にはふれないように注意する）。
3. 沈殿に 1 mL の水を加え、ボルテックスミキサーで完全にけんだくする。
4. 15,000 回転、4℃で 1 分間遠心分離し、大腸菌を沈殿にする。
5. 上澄み液をアスピレーターで可能な限り取り除く。
6. 操作 3～5 を 2 回繰り返す。（菌体の洗浄）
7. 沈殿に 150 μL の水を加え、ボルテックスミキサーで完全にけんだくする。
8. 超音波処理を行い、細胞を破壊する。
   （音波処理 5 秒→休止 5 秒） ×4 回
9. マイクロチューブに 1 μL の菌体破砕液と 1 μL のマトリックスを加え、ピペッティングにより混合し、全量をプレートに滴下し風乾する。

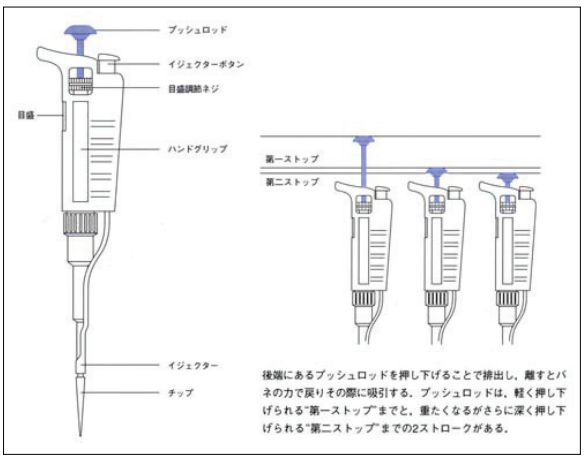
［マトリックス：シナピン酸（0.1% TFA / 50% アセトニトリル）飽和溶液］

☆参考　マイクロピペットの使い方

今回の実験では、1～2 μL（μL（マイクロリットル）： mL（ミリリットル）の 1/1000）といったきわめて微量の溶液を扱います。このような微量の溶液を正確に量りとるための器具が、マイクロピペット（ギルソン社の純正品を**ピペットマン**と呼ぶことがある）です。ただし、いくら器具が正確でもその使い方が間違っていると、正確に量りとることはできません。そこでまず始めに、マイクロピペットを使って、微量の溶液をとる練習をします。

マイクロピペットを使うときのポイント

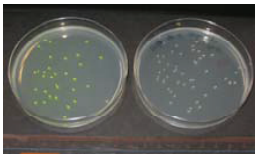
1. チップをしっかり付ける。
2. 第一ストップまで押し下げて、溶液をゆっくり吸う。＜注：チップを溶液に深く差し込まない＞
3. 溶液を出すときは、まず第一ストップまで押し、チップの先に残っている溶液を出すために、さらに第二ストップまで押す。



☆参考： 大腸菌の培養

寒天培地の上で生育させる

一個の菌体が分裂を繰り返して同じ菌体の集まり(コロニー)ができます。一個の菌体が分裂して菌の集まり(コロニー)となり、直径 1 mm ぐらいの点として観察できます。つまり一個のコロニーは培養液中の一個の菌体に相当します。菌体を分離するときに行います。



液体培地の中で生育させる

必要な量の菌体を得るためには、栄養分を含んだ液体(培養液)の中で生育させます。37℃で約 16 時間培養すると、1 mL あたり 10^8～10^9 個の菌体を含んだ液体が得られます。

今回の実験で試料に使うのは菌を液体培地中で培養したものです。寒天プレート上のコロニーをつまようじにすこしつけて、約 1.5 mL の液体培地に入れ、これを 37℃で一晩培養します。

培養の終わった大腸菌は遠心分離によって液体培地を取り除き、緩衝液に分散させます。

☆参考： LB 培地の作製

LB 培地の組成(1 L あたり)

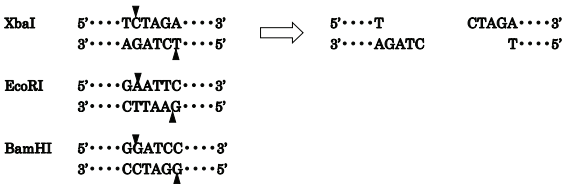
Bacto tryptone	10 g
Yeast extract	5 g
NaCl	10 g
Agar(寒天末)	15 g (寒天培地の場合)

1. 各培地を 120℃で 20 分間滅菌処理する(オートクレーブ)。
2. オートクレーブ終了後、寒天入り培地は湯浴で 55℃に保温し、終濃度 50 mg/L になるようにアンピシリン(抗生物質)溶液を加えた後、約 20 mL ずつプラスチックプレートに注ぐ。
3. 液体培地は温度が下がった後、終濃度 50 mg/L になるようにアンピシリン(抗生物質)溶液を加え、必要量を滅菌済みの容器に分注する(試験管の場合、1.5～2.0 mL、フラスコなどの場合、50～100 mL)。

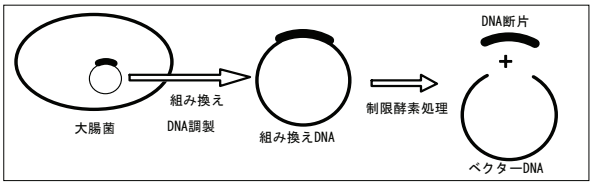
☆参考： 制限酵素による DNA の切断

プラスミド DNA の分析する方法として、制限酵素で処理してどのような DNA 断片ができるか(どこで切れるか)調べることもあります。

DNA は制限酵素によって特定の場所で切断され、決まったサイズの DNA 断片になります。この制限酵素は、DNA 上の特定の配列を認識して、DNA を切断します。例えば、Xba I という制限酵素は、TCTAGA という配列を認識して、 図のように切断します。制限酵素には多くの種類がありますが、それぞれ違う配列を認識して DNA を切断します。



したがって制限酵素処理によってできるDNA断片を分析することによって、もとのDNAの長さを調べたり、ほかの DNA と区別したりすることができます。またプラスミド DNA は環状の DNA であるため、一般的には制限酵素で切断し、直線状になったものを分析します。今回の実験で形質転換に用いた組み換え DNA は制限酵素で処理してインサート DAN(オワンクラゲ由来の DNA とベクターDNA(大腸菌で働くプラスミド DNA)に切断されます。



【実験操作】

1. 制限酵素 EcoRI を含む溶液 9 μL に DNA 溶液を 1 μL 加えて、指ではじいて軽く混合する。
2. 制限酵素 BamHI を含む溶液 9 μL に DNA 溶液を 1 μL 加えて、指ではじいて軽く混合する。
3. 各チューブを 3000 回転、5 秒間遠心して、反応溶液をチューブの底に集める。
4. これを 37℃で 1 時間静置しておく。

☆参考:ベクターDNA とインサート DNA の作製

2～3 μg pBluescript in 50 μL TE、(300 ng/μL DNA を 5～10 μL)

↓6 μL NEB CutSmart Buffer

↓3 μL BamHI HF ＋ 3 μL XbaI

(CutSmart Buffer 中で double digestion 可)

↓37℃、 30～60 min

↓1 μL BamHI HF ＋ 1 μL XbaI

↓37℃、 30 min

↓電気泳動 30 μL/lane 50V 、60 mini

↓エチジウムブロマイドで染色(10 分)

↓必要な部分を切り出す。

切り出したゲル 2 レーン分 0.3 g

↓900 μL 5.5 M グアニジンチオシアン酸、20mM Tris HCl pH6.6

↓50℃で 5～10 分加熱、ゲルを溶解

EconoSpin カラムに吸着させる

↓13000 rpm、1 min

↓400 μL Wash buffer (2 mM tris、 80% EtOH)

↓13000 rpm、1 min

↓13000 rpm、1 min

↓50 μL TE を加え、新しいチューブに溶出

ベクターDNA

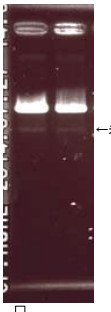
↓1/20 希釈で吸収測定

30 ng/μL (total 1.5 μg)

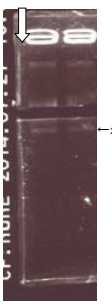
ゲルによる精製

pBluescript

total 3 μg



必要な部分を切り出す



5 ng pBluescript/Prbc-*gfp*and pBluescript/Prbc-*rfp*

↓PCR (50 μL スケール、T3 & T7、Taq、KOD、One Taq いずれも可)

PCR products 精製前 → 2 μL を電気泳動

↓50 μL H_2O

↓500 μL 5.5 M グアニジン塩酸、20mM Tris HCl pH6.6

EconoSpin カラムに吸着

↓13000 rpm、1 min

↓400 μL Wash buffer (2mM tris、 80% EtOH)

↓13000 rpm、1 min

↓13000 rpm、1 min

↓50 μL TE で溶出

PCR 産物 精製後 → 2 μL を電気泳動

↓6 μ NEB CutSmart Buffer

↓2 μ BamHI HF ＋ 2 μL XbaI
(CutSmart Buffer 中で double digestion 可)

↓37℃、 30～60 min

↓1 μL BamHI HF ＋ 1 μ XbaI

↓37℃、 30 min

↓50 μL H_2O

↓500 μL 5.5 M グアニジン塩酸、20mM Tris HCl pH6.6

↓13000 rpm、1 min

↓400 μL Wash buffer (2mM tris、 80% EtOH)

↓13000 rpm、1 min

↓13000 rpm、1 min

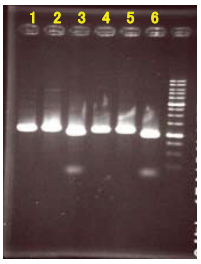
↓50 μL TE で溶出

インサート DNA → 2 μL を電気泳動

↓1/20 希釈で吸収測定 100～200 ng/μL (total 5～10 μg)

PCR 産物のカラムによる精製と制限酵素処理

gfp T3T7 rfp T3T7



1. PCR 産物 *gfp*、T3,T7
2. カラムで精製
3. 制限酵素で切断後カラムで精製
4. PCR 産物 *rfp*、T3,T7
5. カラムで精製
6. 制限酵素で切断後カラムで精製

☆参考：ジデオキシ法による DNA の塩基配列の解析

DNA の塩基配列（A、C、G、T の並び）は近年の生命科学の研究に不可欠の情報です。一つの生物の生存に必要な遺伝情報をゲノムといい、その実体である DNA の塩基配列にはタンパク質のアミノ酸配列に関する情報だけでなく、そのタンパク質をいつ、どのくらい作るかという情報なども含まれています。DNA の塩基配列を決定する方法にはいくつかありますが、ジデオキシヌクレオチドを用いて DNA を合成する方法（鎖終結法）に、異なった色素を結合させた 4 種類のヌクレオチド（ddATP、 ddATP、 ddATP 、ddATP ）と、それぞれの色素のはいった DNA 断片の長さを自動的に解析する装置を組み合わせることによって、解析の速度が飛躍的に大きくなりました。1995 年に初めて、一つの生物（インフルエンザ菌：*Haemophilus influenzae*）のゲノム DAN の全塩基（約 1,800,000 塩基対）の配列が決定され、その後、大腸菌、酵母、イネなど、さらにはヒトのゲノムの全塩基配列も解析されました。今日では 1000 種類以上の生物種でその全ゲノム配列が決定されています。

塩基配列解析の一例　pBluescript-T3 プライマー

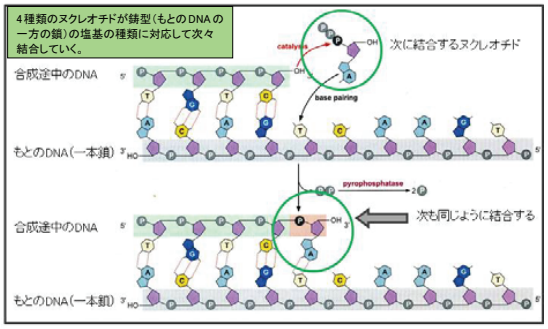
この中に

AATTCCTGCAGCCCGGGGGATCCACTAGTTCTAGAGCGGCCGC

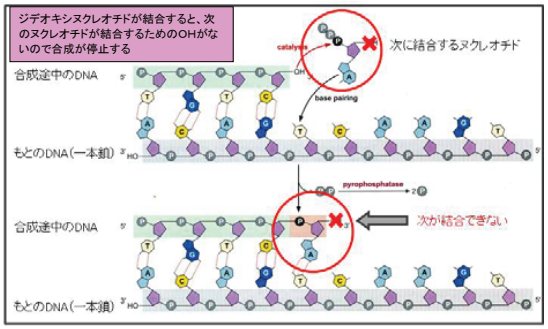
という配列が見られる（45 ページ参照

★ジデオキシ法による DNA の塩基配列解析の原理

細胞内における正常な DNA の複製過程

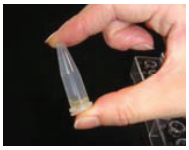


塩基配列決定のためのジデオキシヌクレオチドを用いた場合の DNA の合成



例えば、A で反応が停止した DNA の長さを調べると、何番目に A があるか、つまり**「もとの DNA の T の位置」**がわかる。同じ反応を他の 3 種類のジデオキシヌクレオチドを用いて行えば、A、C、G、T.それぞれの位置がわかる。

【実験操作　スピンカラムを用いたプラスミド DNA の調製】



1.5 mL の培養液を使用

1. 空のマイクロチューブ 2 本に名前を書いておく。 1 本は次の操作で、もう 1 本は 14 の操作で使います。
2. マイクロチューブに培養液を約 1.5 mL とり、15,000 回転、4℃で 1 分間遠心分離し、大腸菌を沈殿にする。
3. 上澄み液をアスピレーターで可能な限り取り除く（沈殿に触れないように注意）
4. 沈殿に 250 μL の Buffer P1（大腸菌の沈殿を均一な溶液にする緩衝液）を加え、ボルテックスミキサーで完全に懸濁する。
5. 250 μL の Buffer P2（大腸菌を溶かす溶液）を加え、チューブのふたをしっかり閉めて 10～20 回上下反転して、大腸菌を完全に溶かす（白濁した溶液がだんだん透明になる）。
6. 350 μL の Buffer N3（プラスミド DNA 以外の不必要なもの、ゲノム DNA やタンパク質などを沈殿させる溶液）を加え、チューブのふたをしっかり閉めて上下反転して白い沈殿を生じさせる。
7. 15,000 回転、4℃で 10 分間遠心分離する。
8. スピンカラム（DNA を吸着する樹脂が付いている）を廃液回収用のチューブにセットする。
9. 操作 7 の遠心後、上澄み液を 800 μL だけピペットマンで注意深く吸い取り（白い沈殿を一緒にとらないように）、スピンカラムに注入する。
10. 15,000 回転、4℃で 1 分間遠心分離する。
11. チューブにたまった液をすてたのち、スピンカラムを再びチューブにセットする。
12. スピンカラムに 750 μL の Buffer PE を注入し、15,000 回転、4℃で 1 分間遠心する。
13. チューブにたまった液をすてたのち、スピンカラムを再びチューブにセットし、15,000 回転、4℃で 1 分間遠心する。
14. スピンカラムを操作 1 で用意したマイクロチューブにセットする、
15. 50 μL の Buffer EB をスピンカラムの底の中央に注ぎ、1 分放置したのち、15,000 回転、4℃で 1 分間遠心し、樹脂に吸着した DNA をマイクロチューブに回収する。

参考：使用する溶液

TE（DNA を溶解させる緩衝液）

10 mM　トリス HCl （pH 8.0）、　1 mM　EDTA

Buffer P1（大腸菌を懸濁する緩衝液）

50 mM　グルコース、 25 mM　トリス HCl（pH8.0）、 10 mM　EDTA（pH8.0）

Buffer P2（大腸菌の細胞を破砕する溶液、室温保存）

0.2 N　NaOH、 1%　SDS

Buffer N3（ゲノム DNA を沈殿させるために使用、氷冷しておく）

5 M　酢酸カリウム 60 mL 酢酸 11.5 滅菌水 28.5 mL

【ジデオキシヌクレオチドを用いた DNA 断片の作製と解析】

DNA 配列解析のための PCR 反応

1. 以下の組成で DNA 配列解析のための PCR 反応液（20 μL）を調製する。

5×BigDye Sequencing Buffer	3.5 μL
2.5×Ready Reaction プレミックス	1 μL
3.2 μM プライマー	1 μL
プラスミド DNA（実験操作 2-2-1 で調製したサンプル）	1 μL
水	13.5 μL

（プレミックスとよばれる試薬に蛍光ラベルされた 4 種類のジデオキシヌクレオチドが含まれている）

2. PCR サーマルサイクラーにセットし、以下の温度反応を行う。

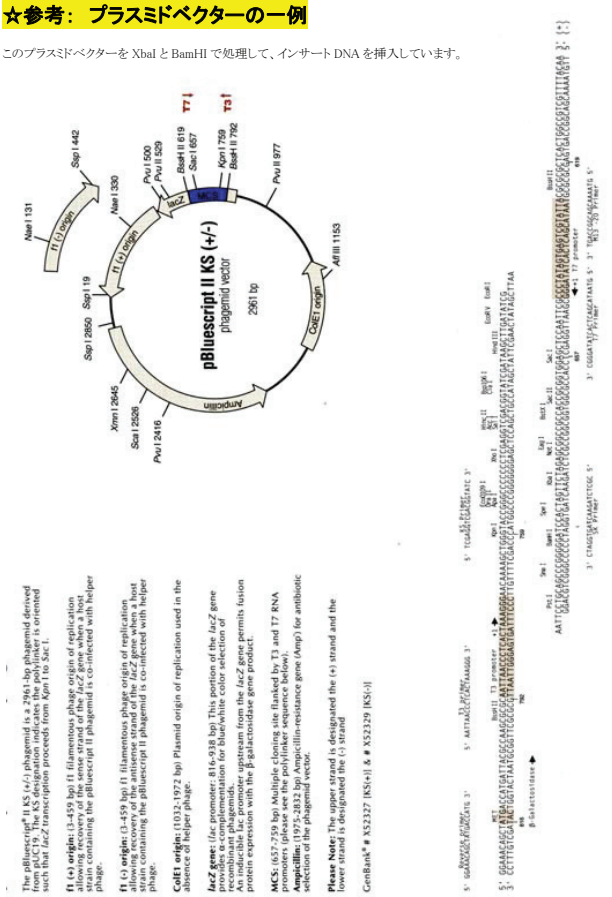
前処理	96℃	2 分	
↓			
DNA 解離	96℃	10 秒	25 サイクル
アニーリング	50℃	5 秒	
伸長	60℃	2 分	

PCR 反応産物の精製（エタノール沈殿）

1. PCR 反応後の溶液に 2 μL の 3 M 酢酸ナトリウム（pH5.2）と 50 μL の 99.5%エタノールを加え、15 秒間ボルテックスする。
2. 室温で 15 分間放置する。
3. 15,000 回転にて 4℃で 20 分間遠心する。
4. 上清をマイクロピペットで除去する。
5. 125 μL の 70%エタノールを加える。
6. 15,000 回転にて 4℃で 10 分間遠心する。
7. 上清をマイクロピペットで除去する。
8. 50℃のヒートブロックで 1 分間置き、残存のエタノールを完全に蒸発させる。
9. 15 μL のホルムアミドを加えて、15 秒間ボルテックスし、スピンダウンする。
10. オートシーケンスの専用チューブに移す。
11. サンプルを 95℃で 2 分間処理後、氷上で急冷する。
12. ABI310 オートシーケンサーにセットし、解析をスタートする。

☆参考： プラスミドベクターの一例

このプラスミドベクターを XbaI と BamHI で処理して、インサート DNA を挿入しています。



The pBluescript® II KS (+/-) phagemid is a 2961-bp phagemid derived from pUC19. The KS designation indicates the polylinker is oriented such that *lacZ* transcription proceeds from *Kpn I* to *Sac I*.

f1 (+) origin: (3-459 bp) f1 filamentous phage origin of replication allowing recovery of the sense strand of the *lacZ* gene when a host strain containing the pBluescript II phagemid is co-infected with helper phage.

f1 (-) origin: (3-459 bp) f1 filamentous phage origin of replication allowing recovery of the antisense strand of the *lacZ* gene when a host strain containing the pBluescript II phagemid is co-infected with helper phage.

ColE1 origin: (1032-1972 bp) Plasmid origin of replication used in the absence of helper phage.

***lacZ* gene:** (*lac* promoter: 816-938 bp) This portion of the *lacZ* gene provides α-complementation for blue/white color selection of recombinant phagemids. A translation stop codon upstream from the *lacZ* gene permits fusion protein expression with the β-galactosidase gene product.

MCS: (657-759 bp) Multiple cloning site flanked by T3 and T7 RNA promoters (please see the polylinker sequence below).

Ampicillin: (1972-2832 bp) Ampicillin-resistance gene (Amp) for antibiotic selection of the phagemid vector.

Please Note: The upper strand is designated the (+) strand and the lower strand is designated the (-) strand

GenBank® # X52327 [KS(+)] & # X52329 [KS(-)]

☆参考： インサート DNA の塩基配列

以下の文字列は大腸菌に導入したプラスミド DNA のインサートの部分の塩基配列です（両端の下線の部分でベクターDNA と接続している。この文字列を解読して光るタンパク質のアミノ酸配列に変換してください。実際に遺伝子導入した緑色蛍光タンパク質の DNA は遺伝子 A～C のどれかです。

ヒント： ATGという文字列を探す（300 番目近くにあるものがそうです）。ATGからあとの文字列を 3 個ずつ次のページの暗号表にしたがってアミノ酸に変えていく。例えば遺伝子 A についてはTGAという文字列が出てきたら終わりです。その直前のアミノ酸がチロシン-アスパラギン,となれば正解です。

遺伝子 G

```
1    TCTAGAATTCGAGCGGGATTTTATGGCTTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAATAGGC
61   CCATCAAACAGCATTAGAAATGCTAATCAGCCCAAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTTGTT
121  GCTAAAAGATAAAAATAAGTCGAGGCTGTGGTAACATATCCCACAGATTAAAGAAAGTCA
181  TAAGACTTGAATCTTCAGAATTTTAAAAAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT
241  TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGTCTGTTAAAGATAAGCATTTTTGCTGGAGG
301  AAAACCATATGGCTAGCAAAGGAGAAGAACTCTTCACTGGAGTTGTCCCAATTCTTGTTG
361  AATTAGATGGTGATGTTAACGGCCACAAGTTCTCTGTCAGTGGAGAGGGTGAAGGTGATG
421  CAACATACGGAAAACTTACCCTGAAGTTCATCTGCACTACTGGCAAACTGCCTGTTCCAT
481  GGCCAACACTAGTCACTACTCTGTGCTATGGTGTTCAATGCTTTTCAAGATACCCGGATC
541  ATATGAAACGGCATGACTTTTTCAAGAGTGCCATGCCCGAAGGTTATGTACAGGAAAGGA
601  CCATCTTCTTCAAAGATGACGGCAACTACAAGACACGTGCTGAAGTCAAGTTTGAAGGTG
661  ATACCCTTGTTAATAGAATCGAGTTAAAAGGTATTGACTTCAAGGAAGATGGCAACATTC
721  TGGGACACAAATTGGAATACAACTATAACTCACACAATGTATACATCATGGCAGACAAAC
781  AAAAGAATGGAATCAAAGTCAACTTCAAGACCCGCCACAACATTGAAGATGGAAGCGTTC
841  AACTAGCAGACCATTATCAACAAAATACTCCAATTGGCGATGGCCCTGTCCTTTTACCAG
901  ACAACCATTACCTGTCCACACAATCTGCCCTTTCGAAAGATCCCAACGAAAAGAGAGACC
961  ACATGGTCCTTCTTGAGTTTGTAACAGCTGCTGGGATTACACATGGCATGGATGAACTGT
1021 ACAACTGAGGATCC
```


遺伝子B

```
1    TCTAGAATTCAAGCGGGATTTTATGGCTTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAATAGGC
61   CCATCAAACAGCATTAGAAATGCTAATCAGCCCAAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTTGTT
121  GCTAAAAGATAAAAATAAGTCGAGGCTGTGGTAACATATCCCACAGATTAAAGAAAGTCA
181  TAAGACTTGAATCTTCAGAATTTTAAATAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT
241  TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGTCTGTTAAAGATAAGCATTTTTGCTGGAGG
301  AAAACCATATGGCTAGCAAAGGAGAAGAACTCTTCACTGGAGTTGTCCCAATTCTTGTTG
361  AATTAGATGGTGATGTTAACGGCCACAAGTTCTCTGTCAGTGGAGAGGGTGAAGGTGATG
421  CAACATACGGAAAACTTACCCTGAAGTTCATCACTGCACTACTGGCAAACTGCCTGTTCCAT
481  GGCCAACACTAGTCACTACTCTGTCCCATGGTGTTCAATGCTTTTCAAGATACCCGGATC
541  ATATGAAACGGCATGACTTTTTCAAGAGTGCCATGCCCGAAGGTTATGTACAGGAAAGGA
601  CCATCTTCTTCAAAGATGACGGCAACTACAAGACACGTGCTGAAGTCAAGTTTGAAGGTG
661  ATACCCTTGTTAATAGAATCGAGTTAAAAGGTATTGACTTCAAGGAAGATGGCAACATTC
721  TGGGACACAAATTGGAATACAACTATAACTCACACAATGTATACATCATGGCAGACAAAC
781  AAAAGAATGGAATCAAAGTCAACTTCAAGACCCGCCACAACATTGAAGATGGAAGCGTTC
841  AACTAGCAGACCATTATCAACAAAATACTCCAATTGGCGATGGCCCTGTCCTTTTACCAG
900  ACAACCATTACCTGTCCACACAATCTGCCCTTTCGAAAGATCCCAACGAAAAGAGAGACC
961  ACATGGTCCTTCTTGAGTTTGTAACAGCTGCTGGGATTACACATGGCATGGATGAACTGT
1021 ACAACTGAGGATCC
```


遺伝子 R

```
1    TCTAGAATTCGAGCGGGATTTTATGGCTTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAATAGGC
61   CCATCAAACAGCATTAGAAATGCTAATCAGCCCAAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTTGTT
121  GCTAAAAGATAAAAATAAGTCGAGGCTGTGGTAACATATCCCACAGATTAAAGAAAGTCA
181  TAAGACTTGAATCTTCAGAATTTTAAAAAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT
241  TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGTCTGTTAAAGATAAGCATTTTTGCTGGAGG
301  AAAACCATATGGCTAGCTCCGAGGACGTCATCAAGGAGTTCATGCGCTTCAAGGTCCGCA
361  TGGAGGGCTCCGTCAACGGCCACGAGTTCGAGATCGAAGGCGAAGGCGAGGGCCGACCGT
421  ACGAAGGCACCCAGACCGCCAAGTTGAAGGTCACCAAGGGCGGCCCATTGCCCTTCGCCT
481  GGGACATCTTGTCCCCACAGTTCCAGTACGGCTCCAAGGCCTACGTCAAGCACCCGGCCG
541  ACATCCCCGACTACTTGAAGTTGTCCTTCCCAGAAGGCTTCAAGTGGGAGCGCGTCATGA
601  ACTTCGAGGACGGCGGCGTCGTCACCGTCACCCAGGACTCCTCATTGCAGGACGGCGAGT
661  TCATCTACAAGGTCAAGTTGCGCGGCACCAACTTCCCCTCCGACGGCCCGGTCATGCAGA
721  AGAAGACCATGGGCTGGGAGGCCTCCACCGAGCGCATGTACCCCGAGGACGGCGCCTTGA
781  AGGGCGAGATCAAGATGCGCTTGAAGTTGAAGGACGGCGGCCACTACGACGCCGAGGTCA
841  AGACCACCTACATGGCCAAGAAGCCCGTCCAGTTGCCCGGCGCCTACAAGACCGACATCA
901  AGTTGGACATCACCTCCCACAACGAGGACTACACCATCGTCGAGCAGTACGAGCGCGCCG
961  AGGGCCGCCACTCCACCGGCGCCTAAGGATCC
```

遺伝子 O

```
1    TCTAGAATTCGAGCGGGATTTTATGGCTTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAATAGGC

61   CCATCAAACAGCATTAGAAATGCTAATCAGCCCAAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTTGTT

121  GCTAAAAGATAAAAATAAGTCGAGGCTGTGGTAACATATCCCACAGATTAAAGAAAGTCA

181  TAAGACTTGAATCTTCAGAATTTTAAAAAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT

241  TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGTCTGTTAAAGATAAGCATTTTTGCTGGAGG

301  AAAACCATATGGCTAGCAAGGGCGAGGAGAATAACATGGCCATCATCAAGGAGTTCATGC

361  GCTTCAAGGTGCGCATGGAGGGCTCCGTGAACGGCCACGAGTTCGAGATCGAGGGCGAGG

421  GCGAGGGCCGCCCCTACGAGGGCTTTCAGACCGCTAAGCTGAAGGTGACCAAGGGTGGCC

481  CCCTGCCCTTCGCCTGGGACATCCTGTCCCCTCAGTTCACCTACGGCTCCAAGGCCTACG

541  TGAAGCACCCCGCCGACATCCCCGACTACTTCAAGCTGTCCTTCCCCGAGGGCTTCAAGT

601  GGGAGCGCGTGATGAACTTCGAGGACGGCGGCGTGGTGACCGTGACCCAGGACTCCTCCC

661  TGCAGGACGGCGAGTTCATCTACAAGGTGAAGCTGCGCGGCACCAACTTCCCCTCCGACG

721  GCCCCGTAATGCAGAAGAAGACCATGGGCTGGGAGGCCTCCTCCGAGCGGATGTACCCCG

781  AGGACGGCGCCCTGAAGGGCGAGATCAAGATGAGGCTGAAGCTGAAGGACGGCGGCCACT

841  ACACCTCCGAGGTCAAGACCACCTACAAGGCCAAGAAGCCCGTGCAGCTGCCCGGCGCCT

901  ACATCGTCGGCATCAAGTTGGACATCACCTCCCACAACGAGGACTACACCATCGTGGAAC

961  AGTACGAACGCGCCGAGGGCCGCCACTCCACCGGCGGCATGGACGAGCTGTACAAGTAGC

1021 GGCCGCGACTCTAGAATTCCAAGCTT
```


☆参考：遺伝暗号表（DNA の塩基配列とアミノ酸の対応）

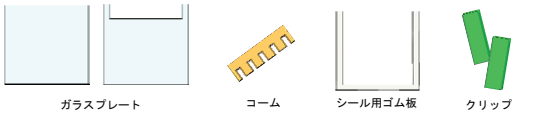
		第2文字							
		U		C		A		G	
第1文字	U	UUU	Phe／F	UCU	Ser／S	UAU	Tyr／Y	UGU	Cys／C
		UUC	Phe／F	UCC	Ser／S	UAC	Tyr／Y	UGC	Cys／C
		UUA	Leu／L	UCA	Ser／S	UAA	終了	UGA	終了
		UUG	Leu／L	UCG	Ser／S	UAG	終了	UGG	Trp／W
	C	CUU	Leu／L	CCU	Pro／P	CAU	His／H	CGU	Arg／R
		CUC	Leu／L	CCC	Pro／P	CAC	His／H	CGC	Arg／R
		CUA	Leu／L	CCA	Pro／P	CAA	Gln／Q	CGA	Arg／R
		CUG	Leu／L	CCG	Pro／P	CAG	Gln／Q	CGG	Arg／R
	A	AUU	Ile／I	ACU	Thr／T	AAU	Asn／N	AGU	Ser／S
		AUC	Ile／I	ACC	Thr／T	AAC	Asn／N	AGC	Ser／S
		AUA	Ile／I	ACA	Thr／T	AAA	Lys／K	AGA	Arg／R
		AUG	Met／M	ACG	Thr／T	AAG	Lys／K	AGG	Arg／R
	G	GUU	Val／V	GCU	Ala／A	GAU	Asp／D	GGU	Gly／G
		GUC	Val／V	GCC	Ala／A	GAC	Asp／D	GGC	Gly／G
		GUA	Val／V	GCA	Ala／A	GAA	Glu／E	GGA	Gly／G
		GUG	Val／V	GCG	Ala／A	GAG	Glu／E	GGG	Gly／G

☆参考　アミノ酸の名称と略号

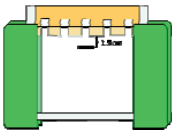
1 文字	3 文字	英語名	日本語名
A	Ala	Alanine	アラニン
C	Cys	Cysteine	システイン
D	Asp	Aspartic Acid	アスパラギン酸
E	Glu	Glutamic Acid	グルタミン酸
F	Phe	Phenylalanine	フェニルアラニン
G	Gly	Glycine	グリシン
H	His	Histidine	ヒスチジン
I	Ile	Isoleucine	イソロイシン
K	Lys	Lysine	リジン
L	Leu	Leucine	ロイシン
M	Met	Methionine	メチオニン
N	Asn	Asparagine	アスパラギン
P	Pro	Proline	プロリン
Q	Gln	Glutamine	グルタミン
R	Arg	Arginine	アルギニン
S	Ser	Serine	セリン
T	Thr	Threonine	スレオニン
V	Val	Valine	バリン
W	Trp	Tryptophan	トリプトファン
Y	Tyr	Tyrosine	チロシン

☆参考：SDS-PAGE 用ゲルの作製

準備するもの



手順



1. 2 枚の泳動用ガラスプレートをイソプロピルアルコールでよく拭き、乾燥させてからストッパーのゴムをはさみクリップで固定する。分離ゲルを注ぐ目安となる線をコームの先から 1.5 cm のところに引いておく。
2. 下記の表 1 に従って、TEMED 以外の試薬を 50 ml のチューブ内で混合し、分離・濃縮ゲル溶液をそれぞれ調製する。

表 1　SDS-PAGE 用ゲルの組成

12.5% ポリアクリルアミド分離ゲル（9 ml）

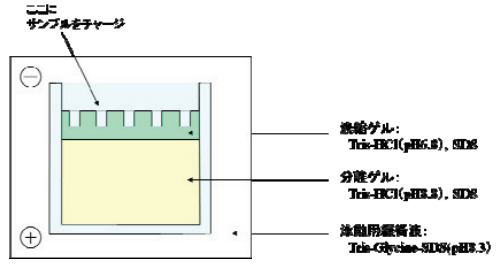
純水	3 ml
30% アクリルアミド溶液	3.75 ml
分離ゲル buffer〔1M Tris-HCl(pH8.8), 0.4% SDS〕	2.25 ml
10% 過硫酸アンモニウム（APS）	40 µl
N,N,N',N'-テトラメチルエタン-1,2-ジアミン（TEMED）	5 µl

ポリアクリルアミド濃縮ゲル（3 ml）

純水	1.8 ml
30% アクリルアミド溶液	450 µl
濃縮ゲル buffer〔1M Tris-HCl(pH6.8), 0.4% SDS〕	750 µl
10% 過硫酸アンモニウム（APS）	20 µl
N,N,N',N'-テトラメチルエタン-1,2-ジアミン（TEMED）	5 µl

3. 分離ゲル溶液に重合反応開始剤 TEMED を加えて混合し、すみやかにガラスプレートの隙間に注ぐ。
4. マイクロピペットを使って、分離ゲルの上から純水をぎりぎりいっぱいまで重層する。
5. 30 分～1 時間室温で静置してゲルを重合させる。
6. 分離ゲルが固まったら、純水を取り除き水気を切る。

7. 濃縮ゲル溶液に重合反応開始剤 TEMED を加えて混合し、すみやかに分離ゲルの上に重層する。
8. コームを挿し込み、30 分間静置してゲルを重合させる。
9. 濃縮ゲルが固まったら、クリップ、ゴム、コームを抜き、すぐに純水でレーンを洗浄する。
10. 泳動槽にゲルをセットして、1 × SDS-PAGE 泳動 buffer で満たしてサンプルをチャージする。



必要な溶液

3 × タンパク質溶解液

150 mM	Tris-HCl(pH6.8)
6%	SDS
30%	グリセロール
0.03%	ブロモフェノールブルー
7%	β-メルカプトエタノール

1 × SDS-PAGE 泳動 buffer

25 mM	Tris
192 mM	グリシン
0.1%	SDS

CBB 染色液

0.25%	クマーシーブリリアントブルー
5%	メタノール
7.5%	酢酸

略語

Tris: トリスヒドロキシメチルアミノメタン
SDS:ドデシル硫酸ナトリウム

平成27 年度サイエンス・リーダーズ・キャンプ
タンパク質研究の先端技術を活用した実践型次世代生命科学教育

「業務成果報告書」

発　　行　　日　平成 28 年 (2016 年) 1 月 31 日

編 集・発 行　国立大学法人　愛媛大学
　　プロテオサイエンスセンター
　　〒790-8577　松山市道後樋又 10 番 13 号

問い合わせ先　愛媛大学　　林 秀則
　　hayashi.hidenori.mj@ehime-u.ac.jp

　　高崎健康福祉大学　片山 豪
　　katayama@takasaki-u.ac.jp

印　　刷　不二印刷株式会社
　　〒790-0054 松山市空港通 2 丁目 13-30