

独立行政法人科学技術振興機構協定事業
平成 26 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

国立大学法人愛媛大学
プロテオサイエンスセンター



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30日(水)>	8
キャンプ2日目<7月31日(木)>	14
キャンプ3日目<8月1日(金)>	21
キャンプ4日目<8月2日(土)>	26
キャンプ終了後	30
イ. 参加者の成果物やレポート	31
ポスター発表の資料<実験指導用資料(生徒用)>	33
講義「才能ある生徒を伸ばすための方策」の課題	53
発表スライド(講義報告書)	61
感想文	75
キャンプ後の取り組みに関する報告	95
「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	125
キャンプ実施に関するアンケート、JST 実施分	125
キャンプ実施に関するアンケート、愛媛大学実施分	125
キャンプ終了後の取り組みに関するアンケート	126
エ. 業務の目的及びプログラムの目標の達成状況	155
アドバイザーの所見	155
キャンプの目標の達成状況	156
業務の目的の達成状況	163

(4) 資料	165
①担当者名簿	166
②参加者名簿	167
③外部発表	168
新聞記事.....	168
大学ホームページの記事.....	169
学会発表.....	172
④その他	174
実習テキスト.....	175

(1)プログラム名、実施機関名

平成26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、さらにマイ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、キャンプ参加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。

Ⅰ. 実施機関のプログラムの目標

高校の理科教員(化学・生物)約20人を対象として平成26年7月30日から8月2日の期間において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」、「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。また参加者に求める具体的な到達目標は以下のとおりである。

- 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参加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、参加者の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。また地域の枠を超えた参加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

キャンプでの講義や実習における専門用語や生体分子の化学構造にあらかじめ馴染ませるため、「ブルーボックス:分子レベルで見た体のはたらき」および「HGS 分子模型:有機化学セット」を参加者予定者に送付し、1. 付属のCDを利用して、生体分子をコンピューターグラフィックスで立体的に見る練習をする、2. タンパク質合成に使われる標準アミノ酸のいずれかの分子模型を組み立てる、ように指示した。

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。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、特に大幅な計画変更やトラブルもなく実施できた。

提出した業務計画書からの変更点：

採択時の委員会からの指摘、「才能教育に関する内容を教育学部の専門家と連携して充実させることが望ましい」に従って、才能教育の専門家である本学教育学部教員による講義とそれに関する課題提出を追加した。

【講義】

- ◆ 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－
- ◆ 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
- ◆ 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？
- ◆ 才能ある生徒を伸ばすための方策

【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

【参加者による成果発表】

- ◆ 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

7月30日(水曜日)

- 14:00～14:30 開講式／概要説明
- 14:30～15:00 講義「才能ある生徒を伸ばすための方策」
- 15:00～16:00 講義「遺伝子とタンパク質－タンパク質の多様性」
- 16:00～18:00 実習「大腸菌による組換えタンパク質の大量発現」
- 18:00～19:00 夕食
- 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」

7月31日(木曜日)

- 8:45～ 9:00 実験結果の観察と解析
- 9:00～10:00 講義「遺伝子とタンパク質－遺伝情報の解読」
- 10:00～11:00 実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1:mRNA の合成」
- 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－」
- 14:00～15:00 実習「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」
- 15:00～16:00 実習「電気泳動による DNA の分析」
- 16:00～17:30 講義「タンパク質はマラリアを無くす切り札」
および研究センター(城北ステーション、プロテオリサーチ領域)の見学
- 18:00～20:00 講師等との交流会

8月1日(金曜日)

- 8:45～ 9:00 実験結果の観察と解析
- 9:00～10:00 実習「電気泳動によるタンパク質の分析」
- 10:00～11:00 講義「ヒトのタンパク質は何種類？」
- 11:00～12:00 実習「質量分析によるタンパク質の分析」
- 12:00～13:00 昼食
- 13:00～14:45 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」
- 15:30～18:30 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
- 19:00～20:00 夕食
- 20:00～20:30 結果の観察
- 20:30 宿舎に移動

8月2日(土曜日)

- 8:45～ 9:00 実験結果の観察と解析
- 9:00～10:30 講義「生命って？私って？」
- 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(各グループで実施)
- 13:45～14:00 閉講式

キャンプ1日目<7月30日(水)>

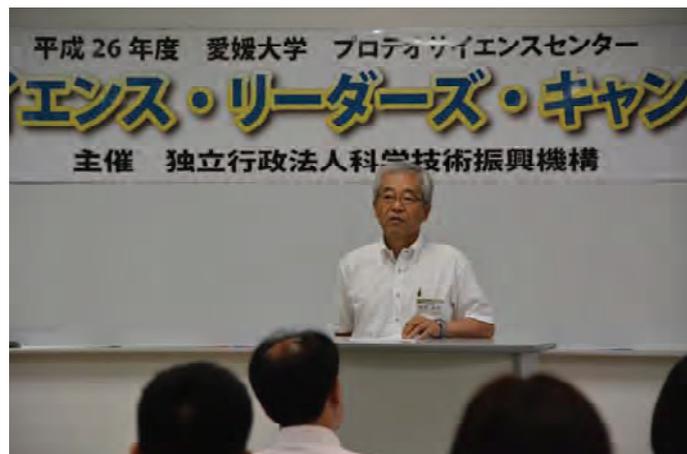
◆14:00～14:40（当初の予定:14:00～14:30）

開講式/概要説明

柳澤康信愛媛大学長が歓迎の挨拶に続いて、本キャンプの意義、愛媛大学における先端研究や生命科学教育への取り組み、さらに専門とする生態学の観点から生命科学、分子生物学の重要性を指摘した。主催者を代表して鳩貝太郎教授(首都大学東京)が、本キャンプの意義、取り組みに対する期待などを説明し、本キャンプで体得したことを高校の教育現場に持ち帰って欲しいとの要望を述べた。



愛媛大学長の挨拶



主催者代表の挨拶

講師等と記念撮影

閉講式のあとに記念撮影をする予定であったが、参加者の帰路の都合により予定を早めて、キャンプ初日に記念撮影を行った。



概要説明

実施担当者による概要説明では、まず20名の参加者が5グループに分かれ、アイスブレイキングとして各グループ内での自己紹介等が行われた。実験室におけ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、さらには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5名の大学院生と2名の学部生、計7名が紹介された。



ティーチングアシスタントの紹介

◆14:40～15:10（キャンプ実施時に追加された内容）

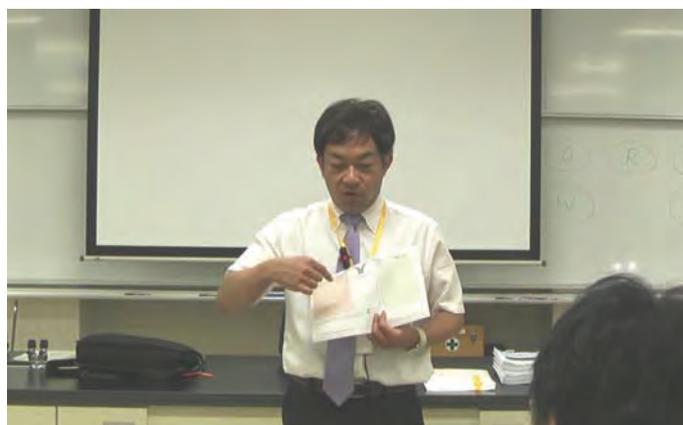
講義「才能ある生徒を伸ばすための方策」

隅田 学(愛媛大学 教育学部)

キャンプの目的のうち、特に「(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」に関連した内容を充実させるため、講義「才能ある生徒を伸ばすための方策」を実施した。講義で紹介される内容の中で、以下の3点については、特に基本的な関連情報として、全員に資料として配布された。参加者には課題が提示され、キャンプの内容と関連づけて、終了時まで提出するよう指示された。(本報告書 53～60 ページ)

講義概要

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(ネガティブな側面も含む)、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)を紹介します。続いて、日本における才能教育の歴史、教育基本法と才能、日本語としての才能概念の含意、科学技術基本計画と才能教育、我が国でスタートしているフォーマル／インフォーマルな科学才能教育関連施策を解説します。参加教員は、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ると思います。



講義「才能ある生徒を伸ばすための方策」

学校種：中学・高校 氏名：

教員勤務年数： 年

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ばさせるために、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つたり、遅かつ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

「早修 (acceleration)」：より上位学年の学習内容を早期履修・単位修得するもの。少し進歩を進めるもの、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 (enrichment)」：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、学習センター（教室内のコーナー）、土曜・夏期等の特別プログラム、コンテスト（コンクール）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ください。

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①～③の可能性を考えてみましょう。

講義「才能ある生徒を伸ばすための方策」の関連情報

◆15:20～16:20（当初の予定：15:00～16:00）

講義「遺伝子とタンパク質—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）

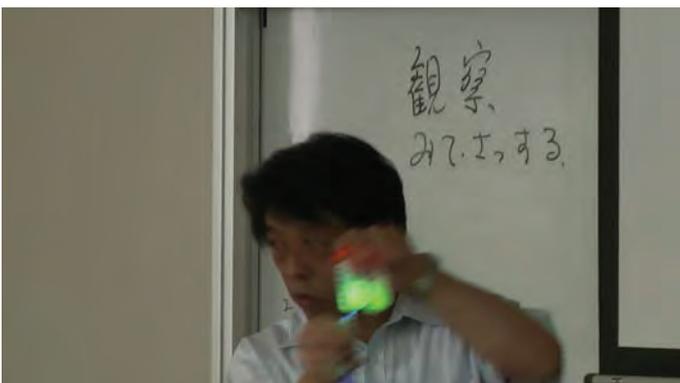
キャンプにおける実習内容について理解を深める目的および高校における生命科学の授業の参考とする目的で、タンパク質の多様性、アミノ酸やタンパク質の化学構造、実験で使用するケイ光タンパク質の特徴、DNAの化学構造、DNAの塩基配列とアミノ酸配列との関連などが説明された。

講義の概要

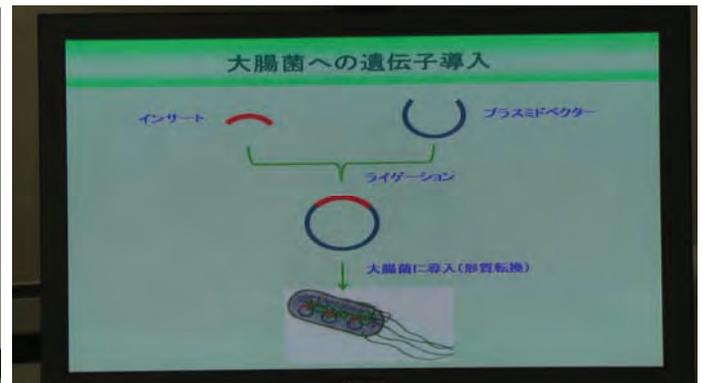
私達、ヒトを含め、生物が生きていくためにはいろいろなタンパク質の働きが必要不可欠です。地球上には1000万種類以上の生物がいるといわれていますが、それぞれの生物の特徴は『どのようなタンパク質がどのように働いているか』によって決まります。タンパク質は20種類のアミノ酸がある決まった順番でたくさんつながったもので、そのアミノ酸の並び方によってそれぞれのタンパク質の性質が決まります。そして、タンパク質の中のアミノ酸の順序を決めているのが遺伝子です。それぞれの生物は遺伝子を細胞から細胞、あるいは親から子へと伝えることによってその生物としての特徴を維持していて、これは生命活動に必要な『全てのタンパク質の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



キャンプの実習でつかわれる蛍光タンパク質



遺伝子組み換え実験の基本原則

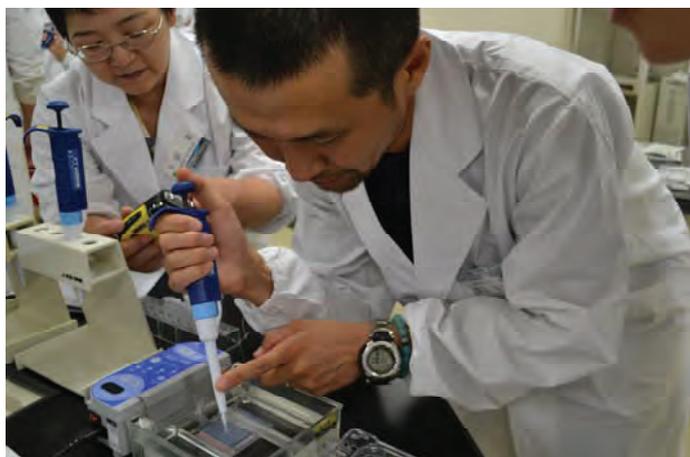
◆16:20～18:30（当初の予定：16:00～18:00）

実習「大腸菌による組換えタンパク質の大量発現」

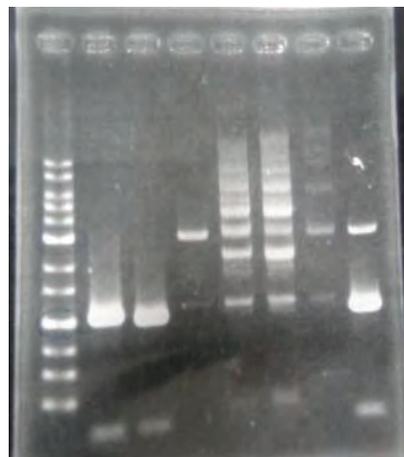
まずインサート DNA (緑色ケイ光タンパク質の遺伝子 *gfp* を含む DNA 断片および赤色ケイ光タンパク質の遺伝子 *rfp* を含む DNA 断片のいずれか) とベクター DNA (大腸菌用プラスミドベクター: pBluescriptII KS⁺) を混合し、リガーゼを加えて約 15 分反応させた。対照実験としてインサート DNA あるいはベクター DNA を含まない反応液も用意した。

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、遺伝子導入の練習として、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組み込まれたプラスミド 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、もとのインサートあるいはベクター DNA を含む溶液、これらを混合して反応させた溶液を電気泳動によって分析し、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 61～63 ページ参照)。



電気泳動による DNA 断片の分析



ライゲーション溶液に含まれる DNA 断片



コンピテントセルの熱ショック処理

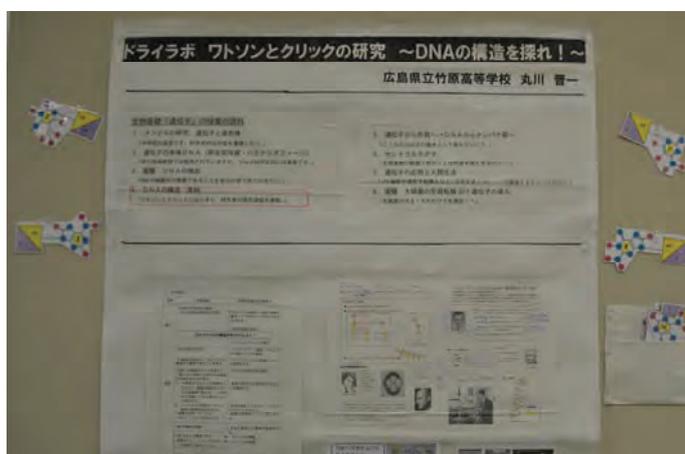
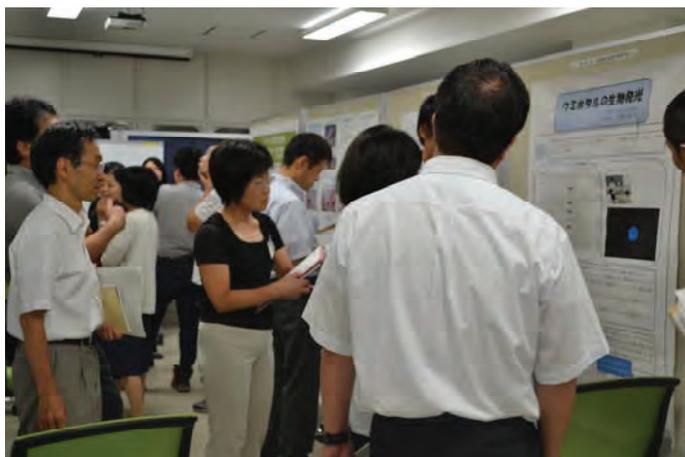


遺伝子導入した大腸菌のプレーティング

◆19:20～21:00（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」

参加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。夕食後に開始したポスターセッションの前半（約 20 分）では、各チームのメンバー4 人の間で相互に説明した。後半は各チームに発表時間（15 分）を割り当て、担当チームのメンバー4 人がそれぞれ自分のポスターを説明した。これを繰り返すことによって全員のポスターの説明を聞くことができた。



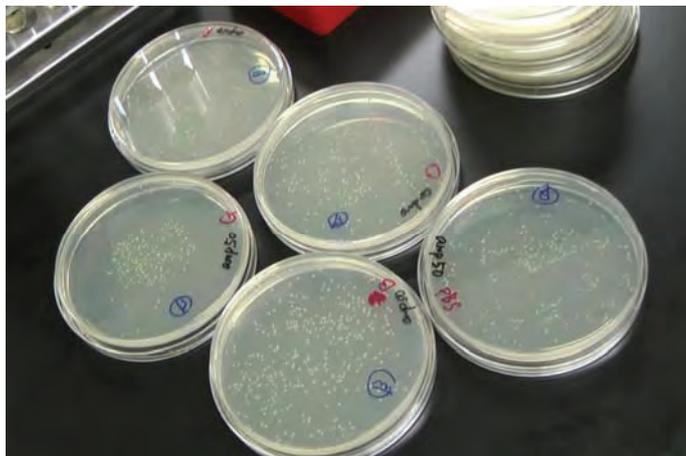
ポスターセッション「生命を理解するための教材と探究活動」

キャンプ 2 日目 <7 月 31 日(木)>

◆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。



遺伝子導入した大腸菌のコロニー



GFP の発現を確認

◆9:00~10:00 (当初の予定 9:00~10:00)

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、アミノ酸によって重複の程度が異なっていること、進化的にどのようなことが考えられるか、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？

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。

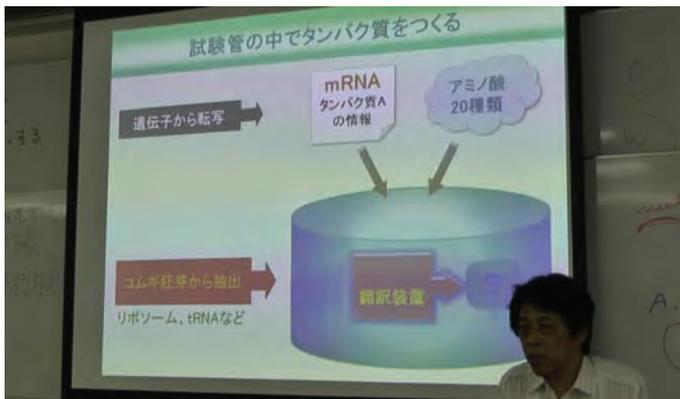


講義「遺伝子とタンパク質-遺伝情報の解読」

◆10:10~11:00 (当初の予定 10:00~11:00)

実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1:mRNA の合成」

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°C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。



無細胞タンパク質合成の原理の説明



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



◆11:10～12:10（当初の予定：11:00～12:00）

実習「PCRによるDNAの増幅」

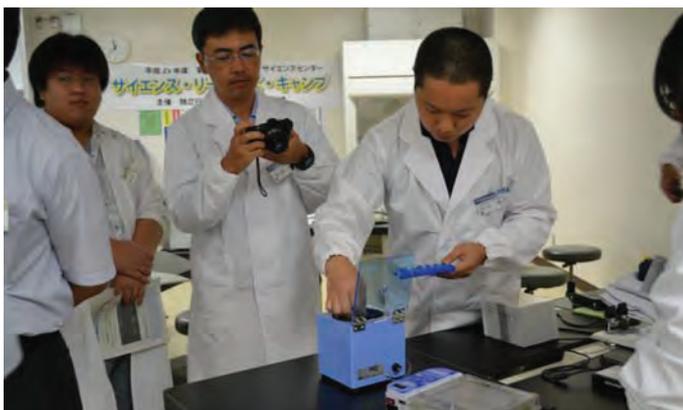
遺伝子導入した大腸菌に特定のDNAが存在するかどうか確認するため、前日遺伝子導入し、寒天プレート上で生育したコロニーに含まれる菌体の一部を直接の試料として、PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)によって特定のDNA断片を増幅させた。



コロニーをPCR反応液に加える



DNAの溶液と反応液を混合する



反応液をスピンドウン



反応チューブをサーマルサイクラーにセット

◆13:00～14:10（当初の予定：13:00～14:00）

講義「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」

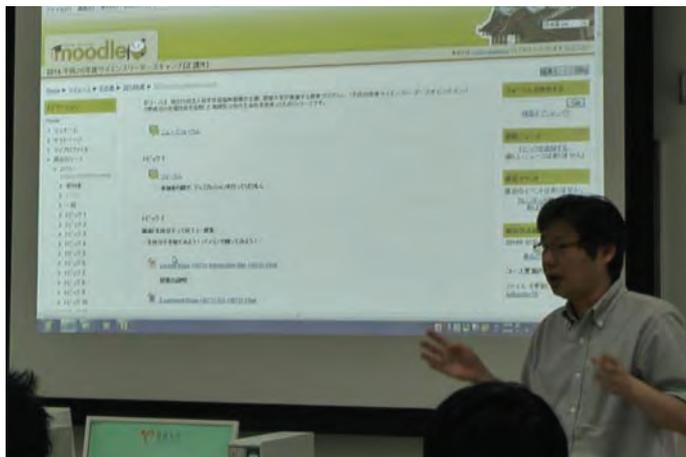
古賀 理和(愛媛大学教育・学生支援機構)

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。参加者にはIDとパスワードが配付され、サイトへのアクセス方法が説明された。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。



ムードル(e-ラーニング)の使用法の説明



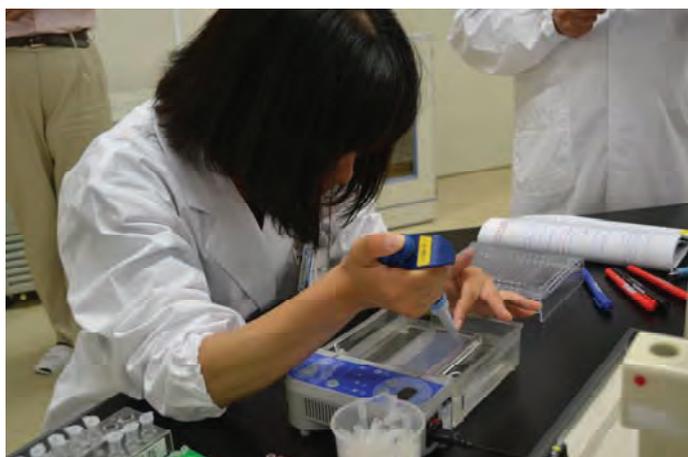
e-ラーニングを利用した分子グラフィックスの学習

◆14:00~15:00 (当初の予定:15:00~16:00)

実習「電気泳動による DNA の分析」

(最初のスケジュールでは 15:00 から実施であったが、反応時間の都合で実習「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」より先に実施した。)

遺伝子組換えした大腸菌の菌体から直接増幅した DNA をアガロースゲル電気泳動によって分析した。インサートが結合したプラスミド DNA、およびベクターのみの DNA から増幅された DNA 断片のサイズに違いがあることを確認した(結果の解析及び考察はチーム B の成果発表 64~66 ページ参照)。



反応液をゲルにロード



泳動終了後、増幅されたDNAを検出

◆15:00～16:10（当初の予定：14:00～15:00）

実習「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」

（最初のスケジュールでは13:00からの実施であったが、反応時間の都合で実習「電気泳動によるDNAの分析」の後に実施した。）

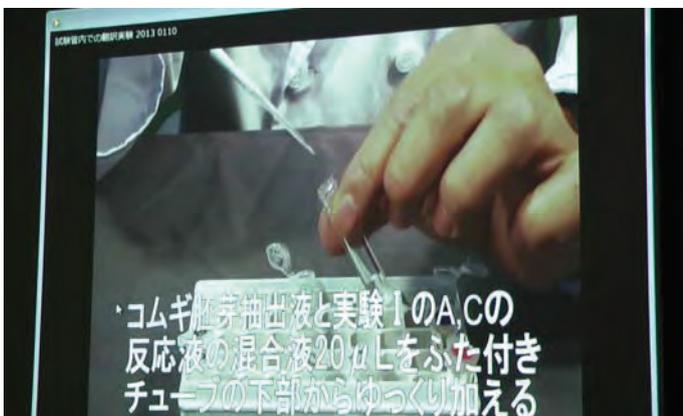
本キャンプの最重要課題であるセントラルドグマを理解するための実験の後半である。まず mRNA が転写反応によって合成されたことを RNA 検出試薬(リボグリーン)によって確認した。mRNA が合成された溶液と、コントロールとして mRNA が合成されなかった溶液、それぞれにコムギ胚芽抽出液を加え、これをアミノ酸などが含まれる溶液の下に加え、2層にして室温で反応させた。また同時に翻訳反応のみの簡易版実習キットを利用してより簡便な方法で試験管内タンパク合成実験も行った(結果の解析及び考察はチーム R の成果発表 67～68 ページ参照)。



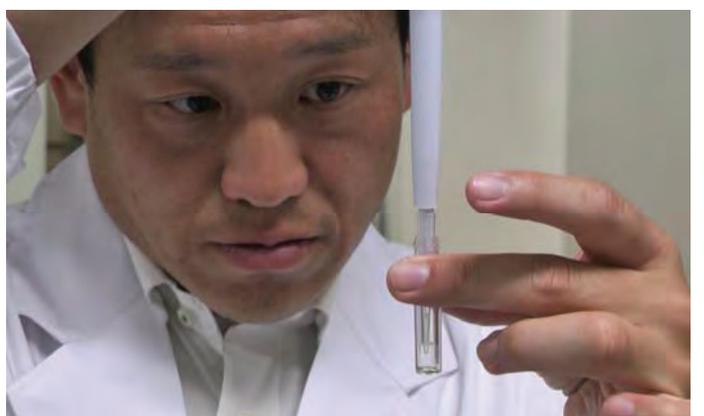
リボグリーンによる RNA の検出



リボグリーンによる RNA の検出



コムギ胚芽を用いた翻訳反応の説明



アミノ酸混合液に mRNA とコムギ胚芽抽出液を加える



簡易版翻訳実験



翻訳反応開始直後にタンパク質合成を観察

◆16:30～18:00（当初の予定 16:00～17:30）

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、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。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。



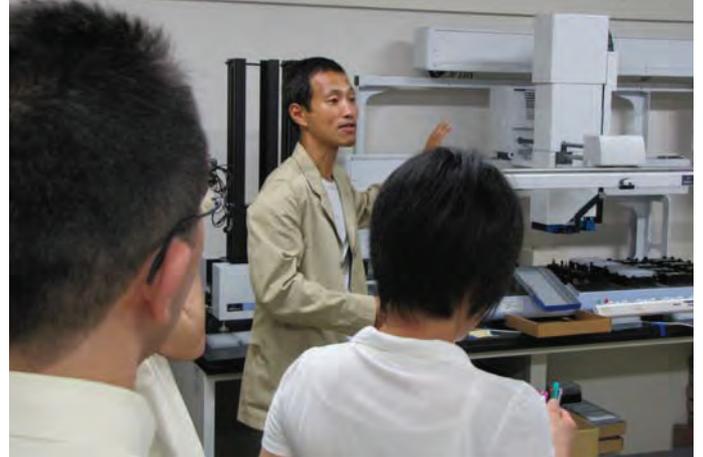
マラリアワクチン開発の説明



プロテオサイエンスセンターにおける研究概要の説明

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。



プロテオサイエンスセンターの研究紹介および実験室の見学

◆18:30～22:30 (当初の予定 18:00～20:00) 夕食／講師等との交流会

参加者、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学生および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。



参加者と講師等との交流会

キャンプ3日目<8月1日(金)>

◆8:45~9:00 (当初の予定 8:45~9:00)

前日の実験結果の観察

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。



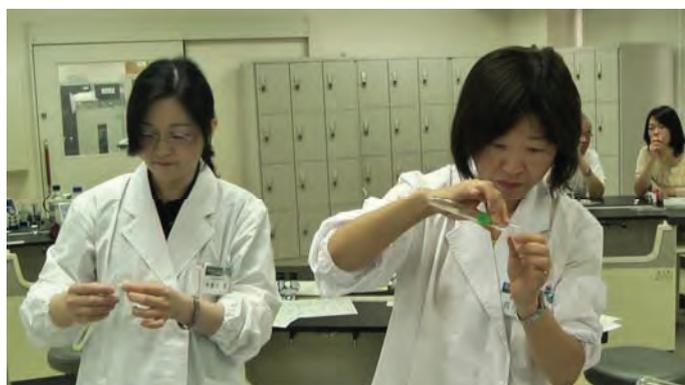
ブラックライトを照射して合成された GFP と RFP の合成を確認



◆9:00~10:30(当初の予定 9:00~10:00)

実習「電気泳動による発現タンパク質の分析」

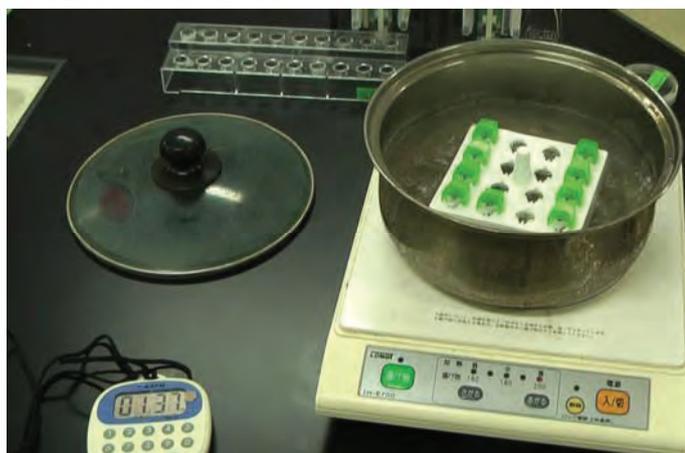
キャンプ1日目に遺伝子導入した大腸菌に含まれるタンパク質をSDSポリアクリルアミド電気泳動によって分析した。緑色ケイ光タンパク質などの遺伝子が組み込まれたプラスミドDNAを導入した菌体を液体培地で培養したものを試料とした。またコムギ胚芽抽出液で合成したタンパク質についても同様に分析した(結果の解析及び考察はチームOの成果発表69~71ページ参照)。



培養液から菌体を回収



回収した菌体をサンプル溶解液と混合



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

◆10:30～11:50（当初の予定 10:00～11:00）

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)

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について概説した。

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、さきにも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、タンパク質の種類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が。

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。

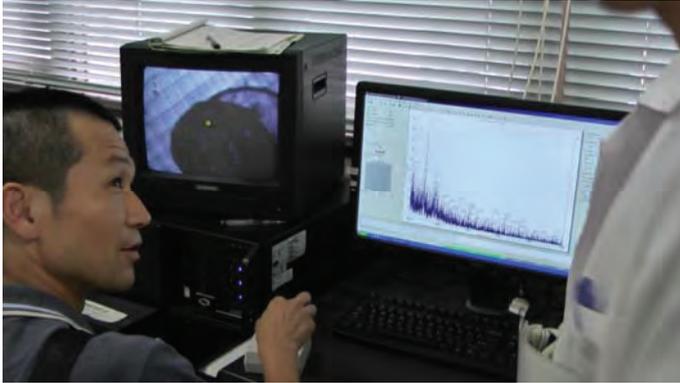


講義「ヒトのタンパク質は何種類？」

◆12:00～12:30(当初の予定 11:00～12:00)

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-TOFMS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。この時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69～71ページ参照)。



MALDI-TOFMS によるタンパク質の分析



DNA オートシーケンサーの原理の説明

◆13:30～15:00 (当初の予定 13:00～14:45)

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」

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ため、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。

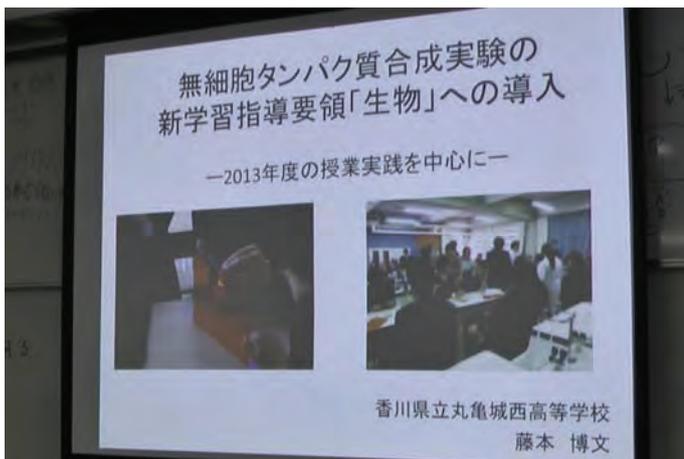


講義「無細胞タンパク質合成実験の新学習指導要領生物への導入」

事例紹介「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」

藤本 博文(香川県立丸亀城西高校)

平成25年度サイエンスリーダーズキャンプの参加者がキャンプの内容を高校の授業で実践した事例として、香川県立丸亀城西高校藤本 博文先生が実施までの経緯、実施時の様子、生徒の反応、今後の課題等について話された。



取り組み事例の紹介「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」

◆15:30～19:00（当初の予定 15:30～18:30）

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

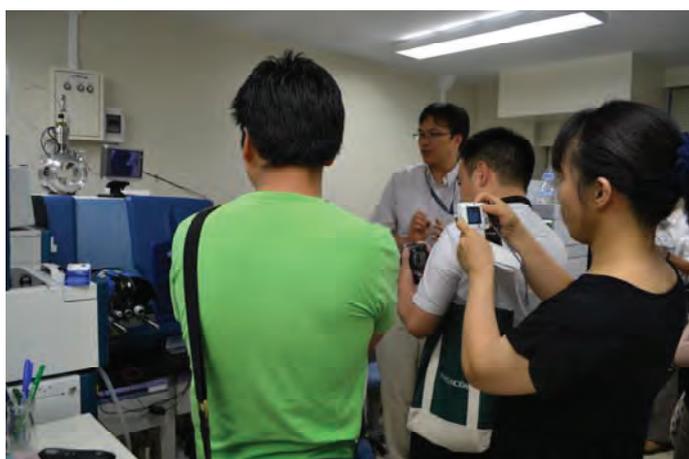
東温市の医学部キャンパスに移動し（車で約 30 分）、プロテオサイエンスセンター重信ステーションを見学した。研究センターにおける応用を目指したタンパク質研究やそのために必要な次世代シーケンサー、画像解析システム、動物実験施設など先端機器や研究設備を見学した。



研究センターの研究内容の説明



組織の標本



先端分析機器の説明



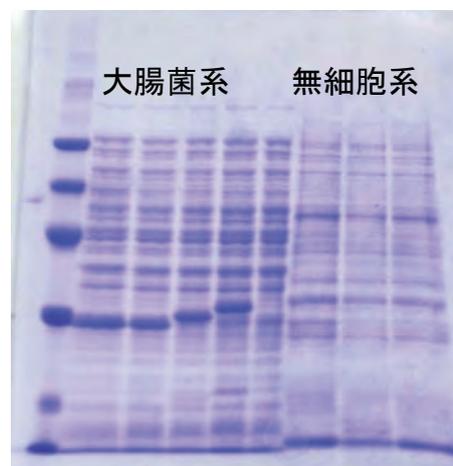
マラリア原虫の観察

キャンプ4日目<8月2日(土)>

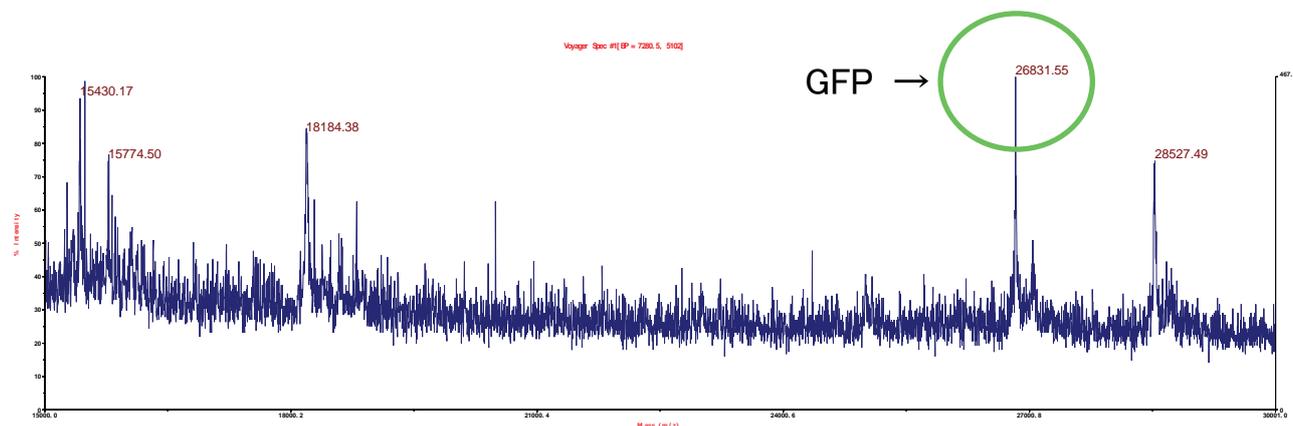
◆8:45～ 9:00 (当初の予定 8:45～ 9:00)

前日の実験結果の観察

3日目のタンパク質の電気泳動および質量分析の結果などを解析し、緑色ケイ光タンパク質などの分子量を推定した。



電気泳動によるタンパク質の分析



MLDI-TOFMS による GFP の分子量測定

◆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、滞在先のカリフォルニア州サンタクルズのアパートからビデオ会議システムによって講義を行った。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。参加者の多くはアメリカからのリアルタイムでの講義に感激したのみならず、キャンプ中に学習した生命観や今後の生命科学に対する熱意に感動した様子であった

講義概要

地球上のすべての生物の先祖となる生命体が誕生したのが40億年前です。私達の祖先のクロマニオン人が世界各地へとアフリカを出発したのが、たったの25万年前で、各地で文明を興して今日に至って

おります。皆さんもそうであるように、先祖もまた昔から大きな疑問に悩まされ続けてきました。その疑問とは、「我々はどこから来たのか？ 何者なのか？ 何処へ行くのか？」、です。このような近代哲学の祖デカルト先生は、「我思う、故に我あり」と説明しましたが、正直に言って、分かったようで何もわかりません。答えになっていないのです。今回も昨年に続いて、生命科学の立場から生命を眺めてみて自分(生命体)を知るためのヒントを探ってみよう。

この50年間ほどの生命科学研究の発展によって、生命の成り立ちを物質(分子)のレベルで説明できるようになってきました。すなわち、20種類のアミノ酸からできているタンパク質は、IT機器で言えば半導体のような機能を発揮し、私達の身体のすべての機能を担っています。そのアミノ酸の並び方の情報が遺伝子DNAに記載され、これが伝達されるが故に、子は親の形質を受け継ぐことになるわけです。最近、愛媛大学で発明された技術を使うことによって、中心教義と呼ばれるこの生命体の基本的なプロセス(DNA→RNA→タンパク質)を試験管の中で再現することができるようになりました。このような実験手段を利用することによって、病気の診断・治療方法の開発ばかりでなく、人の精神活動をも含めた生命現象のすべてを化学や物理学の言葉で説明することも不可能ではなくなりました。つまり、感情、数学、文学や芸術も、すべて人の頭脳の中で“タンパク質などの作用で進む物理や化学反応の結果として生み生み出された”ものなのです。

このように考えると、一方では、生命に対する神秘的なものが消えてしまう側面もあります。しかし、皆さんが、このような生命科学の授業を通して、生き物の基本的な成り立ちを学び、一番身近でありながら最も遠く、神秘的な我々人間を“科学的・客観的”にとらえることができる対象であるということに気づき、そして、授業が皆さんにとって“人生を最大限に謳歌する道を探るきっかけ”になれば、主催者の1人として望外の喜びです。



テレビ会議システムによる講義「生命って、私って？」



ライブ映像の講師と記念撮影

◆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。

◆12:30～14:10（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61～74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

◆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参加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-ラーニングシステムの利用について説明された。



キャンプ受講証明書の授与



坪井センター長より閉会の挨拶

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。講師の講義風景や参加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。

それぞれ参加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 61～74 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 75～94 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。参加者間での連絡(主に提出課題に関する相談)、参加者からの実験に関する相談、参加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。(本報告書 95～124 ページ)
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	6 セット
転写翻訳実験キット	5 セット
3. 2月上旬、参加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。17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。
 - ✓ 授業でキャンプの様子や内容を紹介 11件(今後の予定が3件)
 - ✓ 関連する内容の実験授業を実施 15件(今後の予定が2件)
 - ✓ 研修会などでの報告や実習の実施 4件(今後の予定が5件)
 - ✓ 教材の開発と授業での実施 5件(今後の予定が5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 18件

Ⅰ. 参加者の成果物やレポート

- ◆ **ポスター発表の資料<実験指導用資料(生徒用)>⇒本報告書33～52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「才能ある生徒を伸ばすための方策」の課題⇒本報告書53～60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61～74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75～94ページ**
キャンプ終了後、各参加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95-124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めた。

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

ニワトリの脊椎骨と脊髓の観察

目的：ニワトリを用いて脊椎骨と脊髓を観察し、脊髓の構造について考えてみる。

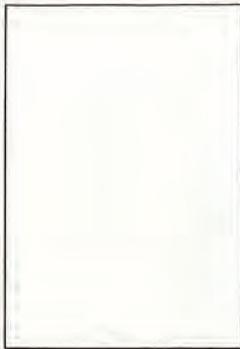
実験1. ニワトリの脊椎の観察

【材料】：ニワトリの骨、バット

【方法】

- ①袋に入ったニワトリの骨から、脊椎骨を取り出し、1個スケッチする。
- ②脊椎骨を机上で並べる。
※脊椎骨は、形が似たものが隣り合っていてつながる。
- ③脊椎骨をつなぎ、脊髓の入る位置や、脊髓神経の出入りする場所を考えてみる。

【結果】



実験2. ニワトリの脊髓の観察

【材料】：ニワトリのガラ（ニワトリの鶏肉をとった残りの部分、スープ用として販売されている）
バット、眼科用はさみ、シャーレ、スライドガラス、カバールガラス、酢酸カーミン溶液、ろ紙、光学顕微鏡（ビニール手袋：必要に応じて）

【方法】

- ①ニワトリの首の部分の骨を両手で持って、ゆっくり曲げて折る。(図2)
※抵抗があれば、ビニール手袋を用いる。
- ②折れた脊椎骨の間から脊髓を取り出し、シャーレに入れる。
※長さは3cm以上あればよい。折れた部分で切れた場合は、別の場所で再度折ってみる。
- ③眼科用はさみで、脊髓を薄く切り、スライドガラス上に断面がつくように置く。
※厚さは2mm程度にする。
- ④スライドガラスの裏面から脊髓を観察し、スケッチする。
※脊髓の表面と内部の色の違いによく注意する。
- ⑤脊髓に酢酸カーミン溶液をかけて10分程度待つ。(図3)
- ⑥脊髓の上にカバールガラスとろ紙を置き、上から押し広げる。(図4)
- ⑦斜めに滑らせてしまおうとよく分かんなくなる。
※真すぐに押し出すこと。
- ⑧出来たプレパラートを肉眼で見ても、染まり方を観察、スケッチする。
- ⑨光学顕微鏡のステージにプレパラートを置き、低倍率(4×15)で赤く染まった部分を見つけ、倍率を上げて(40×15)で観察する。



図2 首を折る



図3 酢酸カーミンで染色



図4 押しつぶし

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

【結果と考察】

1. ニワトリの脊髓の断面をスケッチしなさい。



図5-1 脊髓断面(肉眼)

図5-2 染色・押し広げ

図5-3 顕微鏡観察

2. 脊椎骨は、どのような特徴を持っているか簡単に書きなさい。(図1)



3. 肉眼で観察した脊髓の表面と内部の色は、どのように見えたか。(図5-1)

- ・ 脊髓皮質 (表面) …
- ・ 脊髓髄質 (内部) …

4. 酢酸カーミン溶液で染色されるのは、細胞のどの部分か。



5. 酢酸カーミンで染色されたのは、脊髓のどの部分か。(図5-2)



6. 中枢神経で、神経細胞の神経繊維が集まった部分と細胞体が集まった部分は、それぞれ何と呼ばれるか。

- ・ 神経繊維が集まった部分…
- ・ 細胞体が集まった部分…

7. ニワトリの脊髓では、脊髓皮質と脊髓髄質に、神経細胞の神経繊維と細胞体のどちらが主に分布していると考えられるか書きなさい。



【感想】



年 組 番 氏名

実験日 月 日

「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
 実験日 年 月 日
DNAをみる

〔はじめに〕
 親から子に伝える遺伝情報の単位を遺伝子といいます。遺伝子は全ての生物が持っている、細胞の中にあるDNA（デオキシリボ核酸）という物質に書き込まれています。DNAはとても細くて、とても長い分子です。うまく取り出すと、白い綿くずのようなDNAを肉眼でも見ることが出来ます。

〔目的〕
 遺伝子の本体であるDNAを植物細胞（バナナの果実）から抽出し観察する。

〔実験材料〕
 バナナ

〔薬品、器具〕
 10%塩化ナトリウム水溶液100mL、台所用中性洗剤4mL、冷エタノール20mL、スプーン、ピーカー、試験管、試験管バサミ、試験管立て、ペーパーフィルター、割りばし

〔実験方法〕
 ① 塩化ナトリウム水溶液に台所用中性洗剤を加え（2、3滴）、DNA抽出液を作る。

② バナナ1/2本（皮は捨てる）ほど切り取り、スプーンですり潰す。

③ すりつぶしたバナナにDNA抽出液を50mL程度加え、スプーンでやさしくかき混ぜる。DNAが溶け出すまで、10分程度、静置しておく。
 （ やさしくかき混ぜないとDNAが壊れるので注意する ）

④ ③を試験管に入れる。それを100℃で湯煎する。ある程度の粘り気が下がってくるように割りばしを用いて、かき混ぜる。
 目安は5分。

だんだんとブルブルしてくる。これはタンパク質でDNAは水に溶けている。

⑤ ピーカーに、④液をペーパーフィルターでろ過する。ろ液は、20mL程度、得られればよい。

⑥ ⑤の作業で得た”ろ液”に冷エタノール20mLを静かに加える。

～ 2つの層の間にふわふわした白いものが得られる。これがDNAである。～

⑦ DNAを割りばしで巻く。割りばしを透明なモヤモヤの中にさして静かに回すと、DNAが巻き取れる。

〔DNAはとても、もろいからこの操作は慎重に行え。乱暴にかき混ぜると、ちぎれてバラバラになり、うまく巻き取れない。〕

〔考察〕

1. どうして、バナナをすり潰したのか。

細胞をばらばらにするため。

2. DNA抽出液はどのような役割をするか。

細胞膜とタンパク質を破壊するため。

3. この実験で、どうして湯煎したのか。

タンパク質は熱いお湯で固まり（タンパク質は熱により変性する）、ろ過するとき

タンパク質を取り除くため。

〔感想〕

() 年 () 組 () 番 氏名 ()

「生物基礎」 (1) 生物と遺伝子 イ 遺伝子とその働き (別紙4) 生体用プリント
 「生物基礎」 (3) 生物の多様性と生態系 ア 気候とバイオーム (イ) 気候とバイオームについて
DNAを見よう

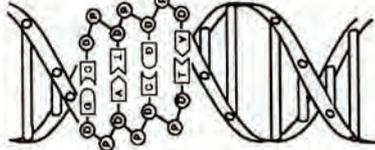
目的
 遺伝子の本体であるDNAはどのような物質なのでしょう。抽出して観察しましょう。

準備
 バナナ、食塩(20g)、水(150ml)、エタノール(100ml)、コーヒーフILTER、中性洗剤
 ピニール袋、ガラス棒、割り箸、ピーカー

方法
 ① ピーカー(青)に水150mlと食塩を入れ、ガラス棒で混ぜて溶かす。
 ② バナナの皮をむいてピニール袋に入れ、よくもんでやわらかくする。
 ③ ②に10%食塩水をバナナが浸るぐらい入れ、食塩水が全体に混ざるようによくもむ。
 ④ コーヒーフILTERで③をろ過して不要物を取り除く。
 ⑤ ④のろ液に中性洗剤を1、2滴入れ、ガラス棒で数回しずかに混ぜる。
 ⑥ ⑤の液にエタノールをゆっくり流し入れる。
 ⑦ 現れた物質がDNA。はじめは見て観察。次は割りばしで静かに持ち上げて観察。手で触って観察。

観察

ピーカーを横から見た様子をスケッチ	上から見た様子をスケッチ	気が付いたこと(色、形状など)
-------------------	--------------	-----------------



考察

- ① 塩化ナトリウム溶液を加えるのはなぜでしょうか。
- ② 中性洗剤を加えるのはなぜでしょうか。
- ③ エタノールを加えるのはなぜでしょうか。
- ④ DNAはどのようにして遺伝情報を蓄えているのでしょうか。

感想

「生物基礎」 (3) 生物の多様性と生態系 ア 気候とバイオーム (別紙4) 生体用プリント
落葉広葉樹と常緑広葉樹の葉の観察

目的
 2種類の樹木の葉を観察し、植物が気温に適応して生きている姿を知る。

学習

	落葉広葉樹	常緑広葉樹
分布する気候帯		
生活様式の特徴		

観察

	落葉広葉樹	常緑広葉樹
スケッチ		
特徴 厚さ、光沢		

考察

- ▶ 落葉広葉樹は、冬の低温に対してどのように適応しているか。
- ▶ 常緑広葉樹は、冬の低温に対してどのように適応しているか。

「生物」 (3) 生物の環境応答 ア 動物の反応と行動 (イ) 動物の行動

これは、東京書籍「生物」の探究活動「探究06 弱電気魚の電気定位」を元に、科学部で実験を行っているものです。いずれは、授業での生徒実験に発展させたいと考えています。（どこまで生徒実験に含めるのか、現時点ではプランができておらず実習用プリントは作成できておりません。）

以下は、教科書および指導書からの抜粋です。オシロスコープや記載されている機材に不慣れであったり、測定方法の細かいところがわからなかったりと、実際に実験をやらうとするとさまざまな壁がありました。教科書会社に問い合わせ、丁寧なお返事をいただきましたが、やはり初めての実験を立ち上げるといったのは時間とお金がかかると実感しました。現在、科学部員は実験時の条件設定を終え、オリジナルな測定装置を作り、さまざまな刺激を与えた時の発電頻度の変化を調べています。

これまでえられたデータの中で、「オシロスコープを用いて測定したパルスの波形」についてどのように考察したらよいか、ご意見をいただけると幸いです。

(山口県立萩高等学校 夫婦石 (みょうといい))

教科書 弱電気魚の電気定位 (⇒本文p.255)

動物は常に受容器・神経系・効果器を駆使しながら、独自の方法で環境に関する情報を収集し、自分の体の向きへと転換させている。このような動物の定位として、コウモリの反響定位と弱電気魚の電気定位を学習した。ここでは、熱帯魚店でも販売されている弱電気魚のエレファントノーズフィッシュを材料として、動物の定位を観察する。

Step.1 エレファントノーズフィッシュの発電器官による発電の観察

ナイル川流域などに生息している中央アフリカ原産のエレファントノーズフィッシュ

(図1)は、視界が利かない泥状の水の中でも、尾ひれの柄の発電器官で放電した電気信号を頭部から腹部の背側と腹側に分布する電気受容器で受容して(図2)、その情報を処理して障害物を検出するなど、自由に泳ぐことができることが知られている。

《準備》 エレファントノーズフィッシュ、水精、記録電極、オシロスコープまたは、電

圧増幅器+コンピュータやポータブル型タブレット端末+波形表示ソフト

《方法》 水中のエレファントノーズフィッシュのそばに電極を置き(図3)、その電極を、

オシロスコープの入力端子や、ポータブル型タブレット端末やパソコンに接続した増幅器

の入力端子に接続し、電位変化が生じた場合には、その波形を観察する。

《結果》 エレファントノーズフィッシュの周囲では、0.2V程度で、時間幅が0.1ミリ秒程

度の非常に短いパルス状の発電が観察された(図4)。

指導書

・エレファントノーズフィッシュの発するパルスは離散的であるため、シングルモードでトリガをかけてメモリーに記録する。エレファントノーズフィッシュが電極に対して適切な位置となつているときにトリガボタンを押すと、トリガを超えた最初の波形がストレージオシロスコープに表示される。表示された瞬間のエレファントノーズフィッシュの位置を

「生物」 (3) 生物の環境応答 ア 動物の反応と行動 (イ) 動物の行動

確認する。表示された波形はデジタルカメラで撮影したり、トレーシングペーパーなどで書き写すなどして記録する。

現在の取り組んでいる実験とその結果(一部)

実験① エレファントノーズフィッシュの発電器官による発電の観察

実験② エレファントノーズフィッシュの発電器官の位置の確認

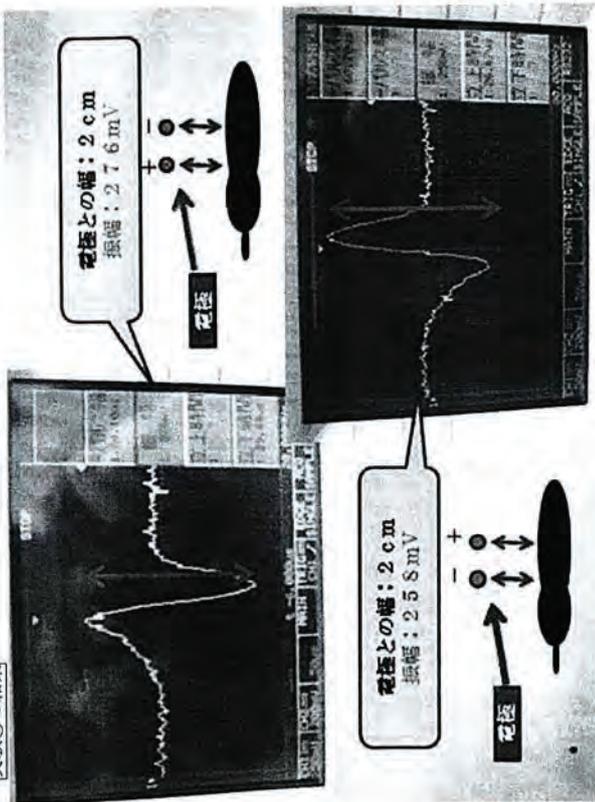
実験③ 静止時と行動時の発電頻度の差

実験④ 刺激を与えた場合の発電頻度の変化

【刺激の種類】エサ(アカムシそのもの、アカムシ液、アカムシの模型)

光(照度と色)、水流、多種の魚との混泳、同種の魚との混泳

実験①の結果



注) 上図の黒い物体は魚を表す。

魚の発電器官は、筋肉が変化しただけで図録等にあるとおりに、電池を直流つなぎにした状態です。1回の発電は、短いパルス状です。このとき、オシロスコープの電極の位置を変え替えると、波形が逆転します。この波形の解析と考察について、ご意見ください。また、水中には電場が生じているようですが、物質としては水中のイオンの移動が生じるとかんがえていいのでしょうか?あわせて、アドバイスいただけると幸いです。

(2) 課題研究発表会ワークシート ()年 1組()番 氏名()

(例)1. 各グループの研究発表を聞き、以下の適するものに○をつけなさい

研究テーマ	発表態度		発想・理論		実験方法		スライド		内容のメモ欄			
	良い	悪い	良い	悪い	適切	不適切	良い	悪い				
グリーンカーテン有用性の研究	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

よかった点	悪かった点

(3). 考察 この課題研究発表より、「生態系のバランスと保全」についてわかったことを述べよ。

<東書教科書p172～179範囲>

- ①生態系の物質循環のしくみにおいて、循環する元素を2つあげよ。()、()
- ②概観したエネルギーの流れと関連付けると、生物が有機物中の①を大気中に戻す過程でつくる物質を答えよ。()
- ③生態系を流れるエネルギーの道すじを答えよ。
(A) エネルギー⇒(B) エネルギー⇒生命活動における(C) エネルギー
- ④③のCのエネルギーを生物は地球上で再利用できるか。()
- ⑤化石燃料を使用すると発生する気体の化学式を答えよ。()
- ⑥⑤が地球表面から放射される熱を吸収して地表面に熱を放射し、地球表面の温度を上げる効果を何と呼ぶか。()
- ⑦⑥の原因となる気体を2つ以上答えよ。()、()
- ⑧窓辺にグリーンカーテンがあることで、日常的に役に立っていることは何か。列挙しなさい。

- ⑨「グリーンカーテンの有用性」で確認できた内容をすべて○をつけなさい。
・ゴーヤの収穫(同化⇒糖、タンパク質の産生) ・二酸化炭素の削減(同化)
- ・太陽からの光を遮断し、外壁の温度上昇を減じる(赤外線、放射や伝導)
- ・植物であるため、則是涼しい(蒸散)

⑩大気中の二酸化炭素濃度のグラフを比較した結果(教科書p179)どのような気候変化や生態系への影響がおこると考えられるか。予想しなさい。また、グリーンカーテン以外の取り組みについてアイデアがあれば述べてください。

「生物基礎」(3)生物の多様性と生態系 ウ生物の多様性と生態系に関する探究活動
課題研究「グリーンカーテンの有用性の研究」による授業計画案

界市立界高校 佐竹弥代

1目的 界市の市政の環境問題への取り組みの一環として配布されたゴーヤの苗でグリーンカーテンを作成し、観察・実験などを行い、環境問題を解決する方法としての実験計画、実験による検証、調査、実験データの分析・解釈など、生物学的に探究する方法を習得する。

2実験手順および結果のまとめと考察 CSS(キャリアアサイエンスセミナー)

(1) 課題研究(探求活動)の実施

高校レベルの課題研究では、そんなに学術的価値の高い事をやれる訳ではないが、課題研究(探求活動)の「手法」と「科学する心」を学ぶ事を主目的としている。課題研究(探求活動)の一連の学習(課題の設定)→「仮説を立てる」→「仮説を実証する」→「発表する」を指導し、最後に発表会を開催するものである。

ア 課題の設定

研究はまず課題の設定から始まる。科学や自然界の現象に興味を持ち、注意深く観察し、疑問を抱く所が出发点である。例えば、深海には不思議な事が沢山ある。身近な生物に興味を抱いても良いでしょう。課題は自然界に一杯転がっている。自分が興味を持った科学的、教理的な事を課題として設定していく。

このために1年次に「課題研究ガイダンス」でテーマの設定方法を学び、実際に自分の行う課題研究のテーマを設定を行う。1年次の最後に「研究テーマの企画発表会」を行う。

ここで、各自が自分の設定したテーマ、その背景、今後の課題研究の進め方などを全員の前で発表し、お互いに意見を申し合う。

イ 仮説を立てる

課題研究で大切な事は自分なりの仮説を立てることである。この仮説を立てる作業が一番重要である。単にWEBで調べたり、文献を学んだりするだけでなく、「自分の頭、自分の力で考える」ことが必要である。この活動を通して、将来「自分で解決方法を考える」手法と習慣を身に付けていく。

ウ 仮説を実証する

仮説が正しいかどうか実験・観察や定理で証明する必要がある。ノーベル賞が発見から何年も後に授与されるたりするのは、発表された仮説がその時点で実証の方法が無く、何年も経っていき活動が、主に2年次に行う。仮説を検証していく活動を、主に2年次に行う。

テーマによっては粘り強い観察や実験が必要となる。また、限られた時間内で結果を出していくマネジメント力も問われる。

エ 発表する

課題を首尾よく実証しても、その成果を人に伝え切れなければ自己満足に終わってしまう。伝え方が悪くては成果も半減してしまう。これがプレゼンテーション力である。

3年次の前半に発表会を行っている。パワーポイントを使ってサイエンス創造科全学年の生徒の前で発表している。この「課題研究発表会」は課題研究の成果を発表する場であると共に、1年生、2年生にとっては課題研究を学んでいく場にもなるのである。

学内の発表会に留まらず、優れた課題研究は界市の理科展や高校生サイエンスカフェなど外部の場でも積極的に発表するようになっている。

1951年11月、ワトソンとクリックはリン酸を内側に、塩基を外側に向けたDNAの**二本道モデル**を作成した。しかしそれは完全なる失敗作であった。失敗の原因は、フランクリンの講演を聴きに行ったワトソンが、結晶学に関してほとんど無知だったということと、彼女の容姿に気を取られて大事なことを聞き間違えた（メモすらしていなかった）ためだという。そのことを後に著書『二重らせん』の中で、ワトソン自身が語っている。

夫婦は2人で1組、染色体も2本で1組、世の中2つで1つなのが多いな。
 もしかして、DNAも()本の鎖でできているのではないかな。
 塩基が内側に向けて結合しているとしたら…、
 () 同じ・異なる)塩基同士が対にならないといけない…。
 2つの塩基が対になってDNA分子の中心に入るためには、対になったものが()になる必要がある。
 そういえば、シャルガフが塩基について論文を書いていたぞ。

I'm Mr.DNA!
 見ての通り、塩基の割合が()じやろう。これだけでも調べるのは大変だったんじゃないよ。

● DNAの塩基組成(%) (シャルガフ1949)

生物名	A	T	G	C
ヒト(肝臓)				
ウシ(肝臓)				
大腸菌				

と、と が相補的に結合して、2本の鎖をつないでいるに違いない!

祝 完成
 Congratulations, Nobel-prize!

「粗えノーベル賞！」 ()の研究 ()を作成しよう。そしてDNA分子の()を明らかにし、DNA分子の()を作成しよう。そしてノーベル賞をGETしよう。

すでに知られていた事実

- DNAは染色体の成分であり、遺伝物質である。
- DNAは3種類の物質から構成されていることが知られている。

() = DNAの基本単位

●ヌクレオチドは多数結合して、鎖状になる(ヌクレオチド鎖)。

ロザリンドには分からなくても、私には分かるんだよ。

DNAの構造発見のstory

右の写真は、私が撮影したDNAのX線回折写真よ。この写真から何が分かるかしら？

X線回折像に照らすとX線は回折され、フィルム上に斑点を落とす。すでに私はある構造をした結晶にX線を照射するとどのような回折像が現れるかを計算によって求めていた。その構造の精度はつきり決まっているんだよ!!これこそ私が求めていたものだ。

DNAは、ヌクレオチド鎖が規則正しい()状になった構造である。だが、鎖の本数までは分からない…。

実験1：生きたウミホタルの観察

1.0.0 ml. ビーカー内を泳ぎ回るウミホタルを観察。

実験2：電気刺激による発光の観察

水槽内に1.5V～2.0Vの電気を流し、電気刺激による発光の観察。

実験3 乾燥ウミホタルの発光

乾燥ウミホタルの粉末
 乾燥ウミホタルの粉末
 乾燥ウミホタルの粉末
 乾燥ウミホタルの粉末
 熱湯
 水

- ① 乾燥ウミホタルを乳鉢にいれてすりつぶす。
- ② 右図のような試験管A、C、Dを作成する。
Bは後ほど各組に渡します。
- ③ Cに、Aの水を入れ、その様子を観察する。

結果

④ 熱湯の入った試験管Bを受け取り、火傷しないように、DにBの熱湯を入れる体勢をとる。

結果

⑤ DにB内の熱湯を入れ、その様子を観察する。

結果

考察1：③と⑤のような結果になった理由を答えなさい。

結果

⑥ D内に残った液体をある程度冷やしてから、Cに入れる。

結果

考察2：⑥のような結果になった理由を答えなさい。

ルシフェラーゼのような酵素は私たちの体内にもたくさん存在します。これら酵素の反応からもわかるように、生物の生命活動の仕組みは大変複雑で神秘的なものです。今この瞬間にも私たちの体内では無数の化学反応が同時に進行しているのです。この機会に自分が今生きていることのすばらしさを実感しましょう。

「生物基礎」(1) 生物の特徴 イ 生命活動とエネルギー (ウ) 代謝のかかわる酵素

※カタラーゼの実験を行った上での発展実験

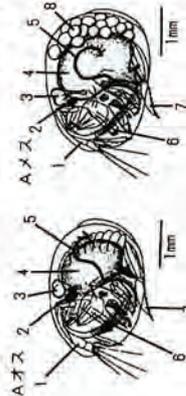
年	月	日	()	限	天候	気温
年	組	番	氏	名		
レポート提出日：平成 年 月 日						

ウミホタルの発光

この季節の夜に海に行くと、波がしらが光って見えることがあります。ピカッピカッと短く光って見えるのはヤコウチュウの発光で、ふわぁっとやわらかく青白く光って見えるのはウミホタルの発光です。このウミホタルの発光のしくみはだいぶ分かっており、1885年、ルシフェリン（発光物質）とルシフェラーゼ（酵素）が取り出され、この両者を水の中で混合すると試験管内でも発光することが確かめられました。また1992年には、霧張西高校がウミホタルに関する論文で、日本学生科学賞の入選1等を受賞しました。それでは実際にウミホタルの発光を見てみましょう。

ウミホタル

甲殻類。体長は3mm程度。夏から秋にかけての浅い波の静かな湾内で見られる。餌（魚の切り身等）を入れた、採集ピンを海底付近に設置しておけば10分程度で採集できる。



- 1：第1触角 2：複眼 3：心臓 4：消化器官 5：第7肢 6：発光腺 7：尾叉 8：卵
 出典：ウミホタルショー実行委員会のホームページ

ウミホタルの発光のしくみ

アラビノースオペロンにおける遺伝子の発現調節

兵庫県立神戸高等学校

千脇 久美子

1 目的

大腸菌の形質転換を通して、アラビノースオペロンにおける遺伝子の発現調節を確認する。
今回使用する遺伝子はオワンクラダの緑色蛍光タンパク質の遺伝子 (*GFP*) とアンピシリン耐性遺伝子 (*bla*) である。これらの遺伝子を組み込んだプラスミド DNA (pGLO) を大腸菌に導入し、大腸菌の形質がどのように変化するかを観察する。*GFP* 遺伝子が働くには、原核生物のプロモーターが必要なので、遺伝子の上流に大腸菌のアラビノースオペロンのプロモーターをつけている。このため、*GFP* 遺伝子はアラビノースで発現誘導させることができる。

2 準備

- 大腸菌 (JM109 株) コンピテントセル
- 1.5ml 用マイクロチューブ (滅菌済)
- プラスミド DNA (pGLO) 溶液
- チューブ立て
- 凍天培地プレート
- フロート
- (LB×1, LB/Amp×2, LB/Amp/Ara×1)
- LB 培地 (滅菌済)
- アイソボックス
- 95%エタノール
- マジック、テープ、ハサミ
- 42℃に調整したウォーターバス
- 37℃インキュベーター

3 方法

前準備：LB プレート1枚、LB/Amp プレート2枚、LB/Amp/Ara プレート1枚を用意し、裏にマジックでプレート名と実験者名を小さく書く。
実験前に手や机など95%エタノールで消毒を行う。

- ①1本のマイクロチューブにプラスミドDNA溶液を5μl入れ、これをA (pGLO) とする。
- ②大腸菌のコンピテントセルの入ったマイクロチューブを軽くタッピングして混ぜる。
- ③①のマイクロチューブA (pGLO) ともう1本の何も入っていないマイクロチューブB (DNA) に大腸菌のコンピテントセルを30μlずつ入れる。
- ④AとBのふたを閉め、底をタッピングし溶液を混ぜる。
- ⑤④のAとBを氷に差し込み、10分以上冷却する。
- ⑥42℃の湯に1分間入れヒートショックを行う。温度と時間厳守！！
- ⑦ヒートショック後、素早く氷に差し込み、2分以上冷却する。できるだけ素早く行うこと！！
- ⑧AとBに冷えたLB培地を100μlずつ入れ、ふたを閉める。

これで大腸菌の形質転換終了。

次は形質転換を確認するためプレートに大腸菌をまく。

⑨LB/Amp プレート1枚、LB/Amp/Ara プレート1枚とAのマイクロチューブを机上に用意する。

⑩Aを軽くタッピングして溶液を混ぜてから60μl吸い取り、プレートに滴下する。

⑪植付けループを用いて、プレート表面にできるだけ広げて、ふたを閉め逆さまにして完了。

⑫別のプレートも⑩、⑪と同じ操作を行う。

⑬LB プレート1枚、LB/Amp プレート1枚とBのマイクロチューブを机上に用意する。

⑭Bを軽くタッピングして溶液を混ぜてから60μl吸い取り、プレートに滴下する。

⑮植付けループを用いて、プレート表面にできるだけ広げて、ふたを閉め逆さまにして完了。

⑯別のプレートも⑬、⑭と同じ操作を行う。

⑰A、Bを広げたプレートを裏返して積み上げテープでくくり、37℃のインキュベーターに入れ翌日まで培養する。

⑱翌日、それぞれのプレートにコロニーが生じたか、紫外線を照射した時にコロニーが発光するかの確認を行う。

4 実験結果の予想

サンプル名	A (pGLO) LB/Amp プレート	A (pGLO) LB/Amp/Ara プレート	B (-DNA) LB プレート	B (-DNA) LB/Amp プレート
コロニーが一番多いのは？				
コロニーが生じないのは？				
コロニーは発光するか？				

5 実験結果

サンプル名	A (pGLO) LB/Amp プレート	A (pGLO) LB/Amp/Ara プレート	B (-DNA) LB プレート	B (-DNA) LB/Amp プレート
コロニーの数				
コロニーが発光するもの				

実験指導用資料（生徒用）【長田 真範】

キンギョの心臓の拍動観察

- 【目的】キンギョの心臓を摘出し、拍動を観察する。さらに、神経伝達物質に対する影響を調べる。
- 【準備】キンギョ(和金)、手網、解剖ばさみ、ピンセット、キムワイプ、キムタオル、ろ紙、シャーレ、メスアラスコ、ピペット、駒込ピペット、電子天秤、葉包紙、葉さじ、グルコース、塩化アセチルコリン、エピネフリン(アドレナリン)、リンガー液用薬品類、蒸留水、砕いた氷、ビーカー、タイマー
- 【方法】
- リンガー液(生理的塩類溶液)(A液とする。)を調整する。さらにB液、C液も調整する。
 - リンガー液(A液)は、生物図表P.148の表を参照のこと。グルコース入りとグルコースなしの2種類調整する。
 - 0.1% 塩化アセチルコリン溶液(B液)：塩化アセチルコリン1mgをリンガー液 39mL に溶かす。
 - 0.1% アドレナリン溶液(C液)：アドレナリン1mgをリンガー液 50mL に溶かす。
 - 容器に入れたキンギョを取り出し、砕いた氷にさらす。(comaという仮死状態になります。)
 - キンギョをキムタオルで包むように持ち、解剖ばさみを使って心臓を摘出する。
 - キムワイプ上などで、リンガー液を垂らして乾かないようにしながら、ピンセットで心臓以外の余分な部分を除く。(摘出後、5分で測定開始なので、速やかに作業すること。)
 - 心臓(a)をリンガー液に入れ、心臓中の血液をリンガー液に置き換えた後、1分間あたりの拍動回数を測定する。(血液が残っていると、血栓ができて拍動しなくなります。↑) 拍動の様子も観察する。
 - リンガー液(A液)に塩化アセチルコリン溶液(B液)を数滴垂らし、心臓(b)を入れて、5.と同様に拍動回数を測定、観察する。
 - 同様に、リンガー液(A液)にアドレナリン溶液(C液)を数滴垂らし、心臓(c)を入れて、5.と同様に拍動回数を測定、観察する。
 - しばらく時間が経って拍動が弱まり回数が減ってきた心臓(a)の入ったA液に、B液またはC液のどちらかを選んで加え、変化を観察する。
 - すべての測定が終わったら、【結果③】に心臓をスケッチする。

【結果①】測定結果を記録しよう。

カテゴリー	心臓	拍動回数(回/分)				拍動の大きさ (文章等で)
		0分後	5分後	10分後	15分後	
あり	Aのみ					
	A+B					
	A+C					
なし	Aのみ					
	A+B					
	A+C					

【結果②】(方法8. より)心臓(a)にB液またはC液を加えたときの変化を記録しよう。

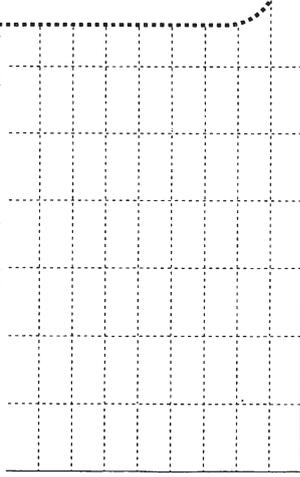
B液を加えたとき:

C液を加えたとき:

【結果③】心臓をスケッチしよう。



【考察①】【結果①】、【結果②】の数値データをグラフ化しよう。



(分後)

【考察②】大きい心臓と小さい心臓では、同条件では、同条件では、どちらが拍動する回数が多いだろうか。また、収縮のしかたはどうだろうか。

【考察③】塩化アセチルコリンおよびアドレナリンの心臓拍動に対する影響をまとめよう。

【考察④】心臓を摘出する場合と摘出しない場合を比較して、どのような違いが生じるかを考察してみよう。

「生物」(2) 生殖と発生 イ 動物の発生 (イ) 細胞の分化と形態形成

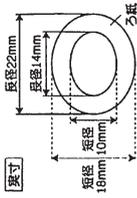
ニワトリの発生観察

1 目的

ニワトリの卵は1年中通して入手できる。ニワトリは21日で孵化する。また、器原基が明確で、手術も容易であり、ヒト胚と形態も似ていることから発生学の研究には古くから用いられてきている。本実験では、ニワトリの卵を用いて発生過程を観察し、どのような構造が確認できるかを調べることを目的とし、さらに24時間体外で培養できる実験も行い、研究にどのように応用できるかも考えてみる。

2 実験手順および結果のまとめと考察

(1) 準備
ニワトリの有精卵、卵立て用容器（ペットボトルのふた）、眼科ばさみ、実体顕微鏡、ピンセット、パスツールピペット、ろ紙（右図のように中央に穴を開けて小さく切ったもの）、生理食塩水（食塩7.2gを水1Lに溶かし、煮沸後冷やしたもの）、ティッシュペーパー、恒温器、寒天培地（ニワトリの薄い卵白(50%), 0.3% glucose, 61.5mM NaCl, 0.3% agarose)



(2) 手順

- ① ニワトリの有精卵を38℃の恒温器に入れ、いろいろな長さの時間（24時間から48時間程度）、温めておく。
- ② 卵の丸いほうを上に向け、ピンセットで先端に穴を開け、眼科ばさみを用いて、卵黄が取り出せるくらいにまで穴を大きくする。
- ③ 卵白を完全に取り除き、卵立てにたてる。
- ④ 必要に応じて胚を上側にもつくる。
- ⑤ 胚を囲むように、穴を開けたろ紙をのせ、卵黄部分にはりつける。
- ⑥ ろ紙に沿って、卵黄の膜を手早く切る。
- ⑦ ろ紙の下に生理食塩水を注入し、胚の下の卵黄を洗い流す。
- ⑧ 胚のはりついたらろ紙を、空気が入らないように注意しながら、寒天培地上に裏側（胚の腹側）を上にしてのせる。

「生物」(2) 生殖と発生 イ 動物の発生 (イ) 細胞の分化と形態形成

- ⑩ 残った卵黄は生理食塩水で洗い流し、ティッシュペーパーで吸いとる。
- ⑪ 実体顕微鏡で胚を腹側および背側から観察し、スケッチする。
- ⑫ 2日目の胚を38℃のインキュベータに入れる（newの培養）。
- ⑬ 培養した⑫を観察する。

(3) 結果

恒温器に入れて2日目と3日目の胚のスケッチ（腹側と背側）を行い、それぞれの特徴を書きなさい。

恒温器に入れて2日目の胚（腹側）	恒温器に入れて2日目の胚（背側）
------------------	------------------

恒温器に入れて2日目の胚（腹側）

恒温器に入れて2日目の胚（背側）

教師用資料

結果の各時期の特徴

2日目の胚では、頭部側には神経管が膨らんだ脳（脳胞）、眼胞、後部側には脊髄ができていっているのがわかる。腹側から観察すると、脊索も見られる。また、体節構造が見られる。

3日目の胚では、頭部が横向きに倒れ始め、脳胞が大きく発達している。誘導の連鎖で学習した眼杯が形成されているのがわかる。体節の数が増えていて、尾部にまで及んでいいる。後に羽や脚となる前肢芽、後肢芽が分化している。からだの外に発達した血管が見られ、血球が流れているのがわかる。胚をおおう膜（羊膜）も見られる。

考察の解答例

設問1.

ニワトリの卵は卵黄が大きいので、ろ紙をはりつけたり、はさみで切ったりする操作がしやすい。

設問2.

どちらも、神経管や脊索、体節構造が見られる点では共通している。一方、カエルでは、卵割は卵全体に及ぶのに対し、ニワトリの発生は卵の表面の部分で行われる点が異なっている。ニワトリの胚は卵黄上にあり、発生初期には透明性が高く平たいので、胚を卵黄から取り出すと、背側からも腹側からも観察できる。そのため、カエルの胚では外側から確認できない、脳、脊髄、眼胞や眼杯、脊索、体節、心臓、血管と血液の流れなどを観察することができる。

寒天培地の作り方

準備

- ① 薄い卵白（濃厚卵白や、卵黄をいれないこと）を100ml 集める（卵白は1個から10-15ml とれる：スーパーで買った卵を使って集めておいて冷蔵庫で保管しておく方がいい）。
 - ② 卵白を50℃のウォーターストラスにいれて温めておく。
 - ③ 1MのNaClをつくり（100mlに対して5.8g）、オートクレーブしておく
 - ④ 10%グルコース液を作り（100mlに対して10g）、オートクレーブしておく
- 作り方**
- ① 300ml三角フラスコに80ml DWおよび0.6gのアガロースをいれ、電子レンジで完全に溶かす。
 - ② 12.3mlの1M NaCl を入れる。全量を100mlのメスシリンダーに入れ、DWで95mlに合わせる
 - ③ アガロース液の入った三角フラスコを50℃のウォーターストラスに入れ、10分待つ
 - ④ 温めた卵白とアガロース液を混ぜる

設問3 new の培養を使うと、発生生物学のどのような問題が研究できるか具体例を考えなさい。

3 反省・感想

年 組 番 氏名

【生物基礎 実験】クマムシ

1, 目的

みなさんは「クマムシ」(英: water bears) という名前を聞いたことがありますか。(ゆるキャラや、お笑い芸人ではありません)

「電子レンジで加熱しても死なない」、「真空や極低温にも耐える」、「100 年以上生きる」、「放射線を浴びても平気」、「宇宙空間でも 10 日は生存」などの特徴が知られていて、地球最強の生物 とも言われています。

そんなクマムシは、身の回りのコケの中にすんでいる 1mm にも満たない生物です。名前の通りクマに似た姿をしており、4 対の足でゆっくり歩き姿から、「緩歩 (かんぽ) 動物」に分類されています。(実際はけっこう速い。節足動物に近い種類であると考えられています。)



クマムシは、身近に生えているコケや、枯れてしまった有機物を食べています。(ワムシなど他の生物を捕食する種類もいる) コンクリートや、屋根の上などに生えるコケは、他の生態系とは切り離された状態です。そのコケという生産者を中心に、いろいろな生物が小さな生態系を作っています。その中で、クマムシは一次消費者であり分解者でもあります。



クマムシの仲間には、1000 種類以上も知られていて、深海から南極まで地球のあらゆる場所で見つかっています。が、未だに謎の多い生物です。過酷な状況に耐えるのは、どのような酵素やタンパク質などを働かせているのでしょうか。その中でも、詳しく研究され飼育方法が確立されているのは、「ヨコヅナクマムシ」という種類です。このヨコヅナクマムシには、メスしかいません。交尾をせずにメス 1 匹だけで卵を産むという特徴もあります。

今回のコケは、須坂高校の敷地内のものですが、たくさんのが「横綱」がすんでいます。

2, 準備 双眼実体顕微鏡、スポイト、ピペット(小)、
シャーレ、ピンセット、コケ

3, 方法

① コケを 3 時間ほど氷にひたす。
↑ここまで準備してあります



② シャーレからコケをピンセットで取り出す。

③ シャーレに残った泥、砂粒などを双眼実体顕微鏡でじっくり探す。

※下からライトを当てるとよい。

※泥などがモゾモノと動いている場所を見つけて、探してみよう。

④ ヨコヅナクマムシを見つけたら、ピペット(小)で吸い取り、「時計皿」にのせ、動きなどをじっくり観察しよう。

4, スケッチ クマムシやその他見つけた生物

5, 感想・わかったことなど



※するどいつまや、口を開いている様子

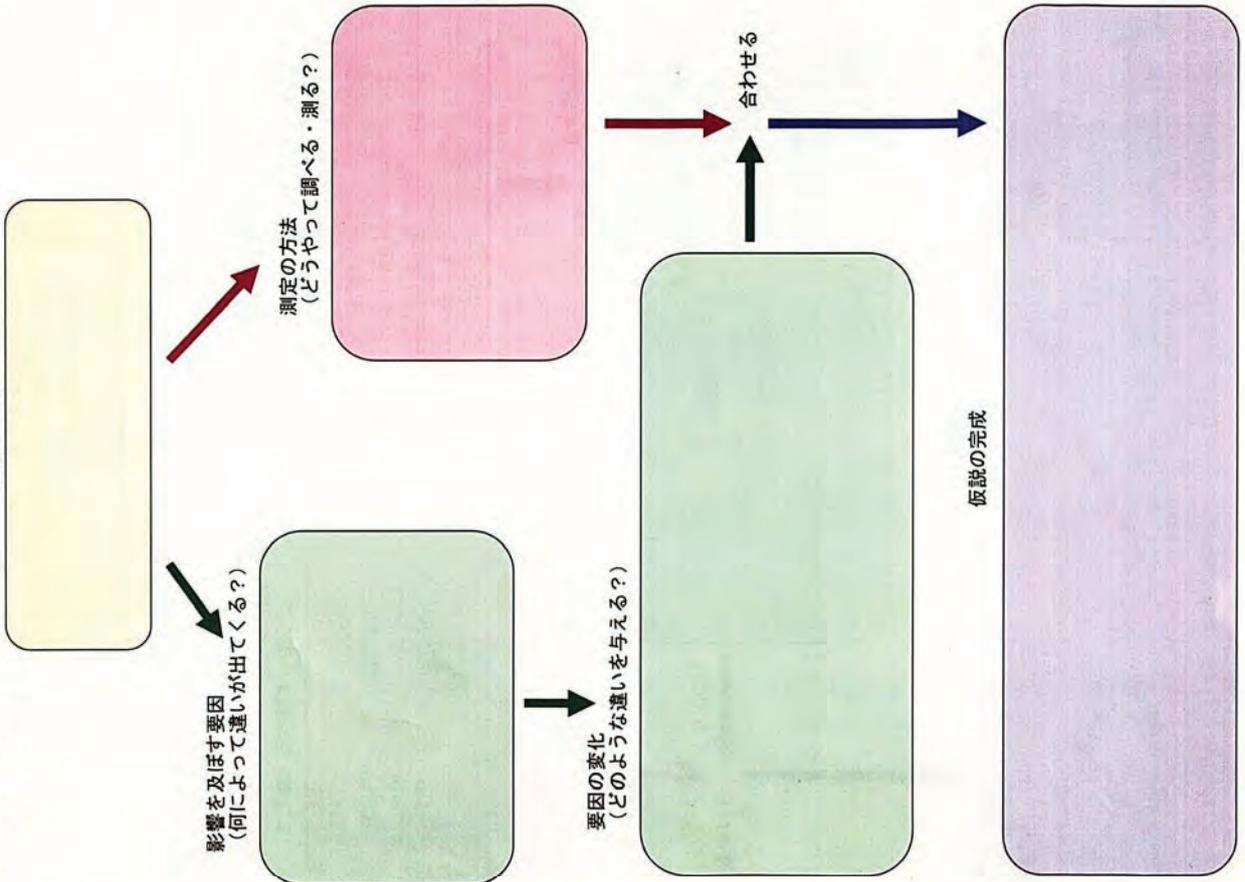


※もがきながら、引っかかるところを探している

〔生物基礎〕 (1) 生物と遺伝子 ウ生物と遺伝子に関する探究活動 (2) 生物の体内環境の維持 イ生物の体内環境に関する探究活動
 (3) 生物の多様性と生態系 W生物の多様性と生態系に関する探究活動

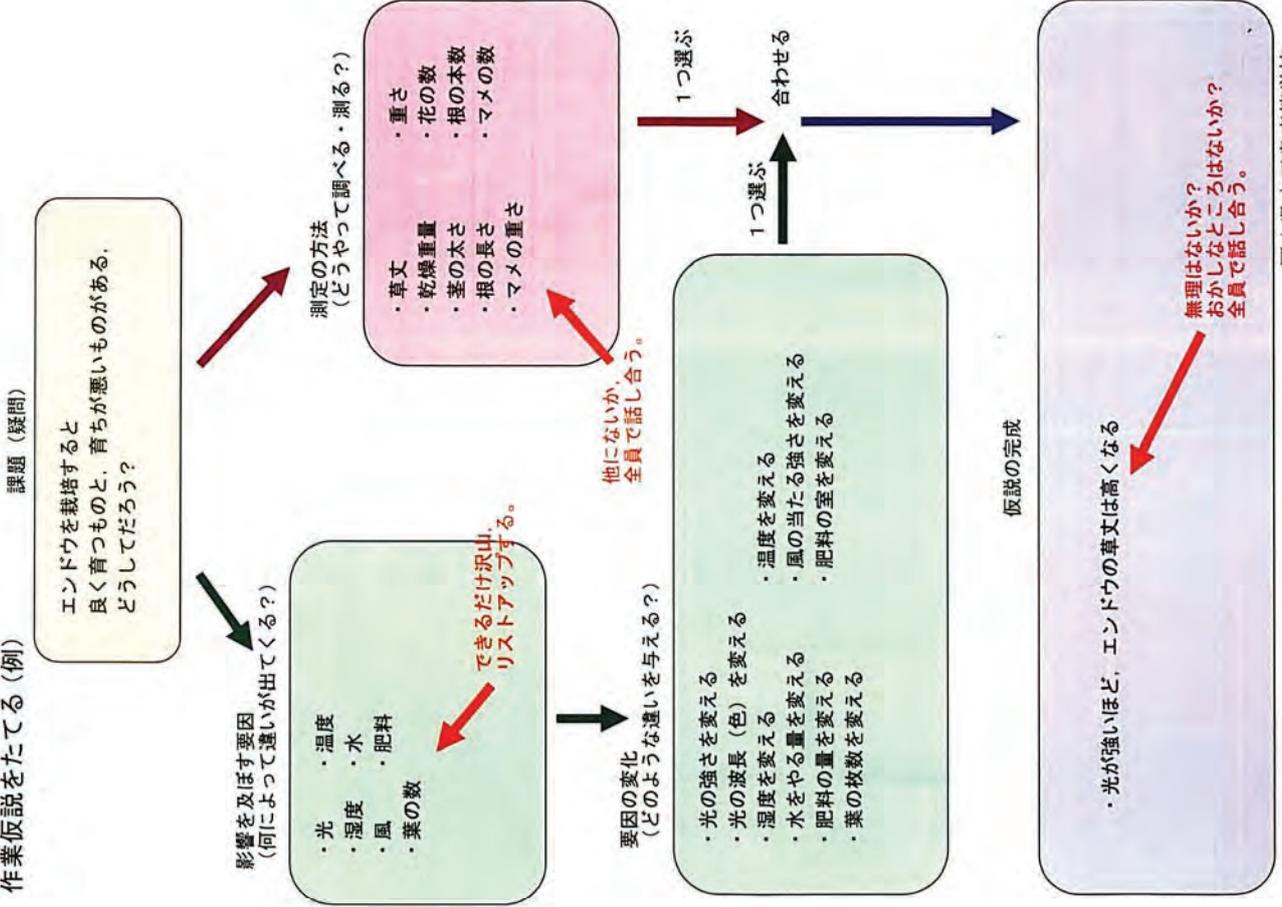
作業仮説をたてる

課題（疑問）



岡山県立玉島高等学校

作業仮説をたてる（例）



酵素ウレアーゼの性質

【目的】ダイズからウレアーゼを抽出し、ウレアーゼのはたらき、酵素の性質について調べる。

【準備】ミキサーで砕いたダイズ フェノールフタレイン 蒸留水 3%尿素水溶液
 0.1mol/L 硫酸銅(II)水溶液 pH試験紙
 50mLビーカー 試験管 4本 駒込ピペット 2本 試験管立て 葉さじ 漏斗 ろ紙

【操作】

- ①ダイズ粉末約2gを50mLビーカーに入れ、蒸留水20mLを加えてよく攪拌し5分ほどおく。
 ※この間にひだつきろ紙をつくる。
- ②100mLビーカーに水道水50mL程度入れ、お湯を沸かす。
- ③(1)のダイズ液をろ過する。試験管に直接漏斗をたて、ろ液を1mLとる。これを試験管に3本つくり、それぞれ試験管A・B・Cとする。
- ④試験管Aをお湯に10分間ほどつける。
- ⑤試験管Bに0.1mol/L硫酸銅(II)水溶液を駒込ピペットで10滴加え軽く振り混ぜる。
- ⑥試験管A、B、Cに尿素水溶液を駒込ピペットで3mLずつ加える。
- ⑦10分ほど放置したあと、試験管A～CにpH試験紙を浸し、pHを調べる。
- ⑧試験管A～Cにフェノールフタレイン液を1滴ずつ加え、変化を観察する。

【結果と考察】

①操作(7)の結果から、試験管A、B、CのpHはいくらか。

②操作(8)における各試験管の色の変化はどうであったか。

③操作(7)、(8)のような結果が得られた理由を述べよ。

【感想・質問】

年 組 号 名前 共同実験者： 天気 室温

卵白の電気泳動

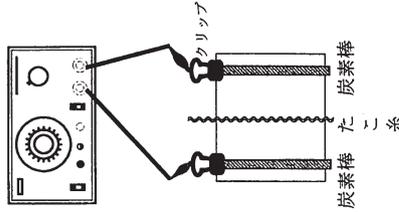
【目的】卵白のタンパク質が電気泳動により陽極(または陰極)に移動することを理解する。

【準備】卵白1個分 0.1mol/L 硫酸 0.1mol/L 硝酸ナトリウム水溶液 ニンヒドリン溶液(小さじ1杯程度を蒸留水約5mLに溶かす) 300mLビーカー ガラス板(7cm×7cm程度) ろ紙(ガラス板の大きさに切ったもの) 炭素棒 クリップ2個 リード線 直流電源装置 ホットプレートもしくはドライヤー たこ糸 ピンセット ガラス棒 駒込ピペット 3本 pH試験紙

【操作】

- (1)卵白を300mLビーカーに取り出し、ガラス棒で攪拌しながら駒込ピペットで硫酸を加え、pHを4.6に調整する。
 ※加える硫酸は15mL程度。
 ※pHは5mm幅に切ったpH試験紙をピンセットで液につけて調べる。
- (2)8cm長のたこ糸を卵白溶液に浸す。
- (3)ろ紙をガラス板の上に置き、駒込ピペットで硝酸ナトリウム水溶液をろ紙にかけて湿らせる。
- (4)ろ紙の両端に炭素棒をクリップで挟んで取り付ける。
- (5)ピンセットでたこ糸を取り出し、ろ紙の中央に真っ直ぐに置く。
- (6)クリップにリード線を取り付け、電源装置につなぐ。
- (7)30Vの直流電圧をかけ、1分後にpH試験紙を炭素棒の内側のろ紙の上に置き、両電極付近のpHを調べる。その後10分程度電気分解する。
- (8)電源装置からガラス板をはずし、駒込ピペットでニンヒドリン溶液をろ紙にかける。
- (9)ドライヤーでガラス板を乾かしながら加熱する。

電源装置



【結果と考察】

①操作(7)の結果から、左右の電極付近のpHはいくらか。また、陰極、陽極でどのような反応が起こったか。

(陰極)

(陽極)

②操作(9)で、ろ紙上にどのような変化が見られたか。

③タンパク質はこの電気泳動で陽極、陰極のどちらに移動したか。

【感想・質問】

年 組 号 名前 共同実験者： 天気 室温

参考：萬木眞 卵白アルブミンを用いた実験の教材化(平成20年度理化学協会書受賞研究論文)
 ※北海道旭川西高等学校 萬木 眞先生(平成20年当時勤務・現在ご退職)に、この場で紹介・発表することを快く承けて頂きました。感謝申し上げます。

- 「生物」 (2) 生殖と発生 エ：生殖と発生に関する探究活動
 (3) 生物の環境応答 ア：動物の反応と行動

「プラナリア」という生物

プラナリアとは？

- ・扁形動物門ウスムシ綱ウスムシ目(総称)
- ・全細胞のうち 10%以上にもおよぶ幹細胞をもち、新しい再生能力をもつ
→ 発生生物学
- ・眼にはレンズがなく、光の方向は感じるができる。
- ・雌雄同体で、水質や温度などの環境に応じて 1 回以上/月の分裂(無性生殖)を行う。
- ・秋から冬に生殖器官が発達すると、交尾(有性生殖)を行う。

実験1 肉眼での観察

シャーレ内のプラナリアを肉眼で観察する。形・大きさ・色などの外見や、どこをどのように動いているか(またははいないか)などの行動はどうだろうか？

特徴や気づいたことをグループで話し、些細なことでも記録しておきましょう。

実験2 摂食行動の観察

断食中のプラナリアに餌(アカムシ)を与え、感知してから食べるまでの行動、および食べ方やその様子はどうか。

プラナリアのシャーレにそとアカムシを入れ、餌を入れる前のプラナリアの行動(実験1の観察と比較し、その変化を観察する。

①肉眼で行動の変化を観察

②肉眼で食事の様子を観察

③顕微鏡で食事の様子を観察

①どのように餌に近づいた？
なぜそのような行動をした？
餌があることをどのように感知した？

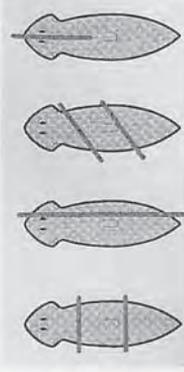
②口はどこにあるのだろうか？

③咽頭をどのように使っている？
食べたアカムシの色の広がり方から、腸管の分布がどうなっているのか考えてみよう。

実験3 切断実験

プラナリアは、その再生能力から切断・再生実験の研究に用いられることが多い。水中では動き回っているので簡単に切れない。水で湿らせた紙の上においてから切る。いろいろな切り方を試してみよう。当然のことですが、プラナリアも生き物です。遊び半分ではできず、後々にどのようなようになるのかをよく考え、プラナリアの胸を借りつもりで実験させてもらいましょう。

切られたプラナリアがどのような動きをするのか、切った切り口はどのようなになっているのかを観察する。



これまでの観察や聞いたことをふまえ、また、厳しい自然環境を生き抜く生物の戦略として考えられそうなことを想像して、以下の問いを考えてみよう。

Q、切断実験には1週間ほど断食させた固体を使う。その理由は？

ミヤコグサから考える生物の「共生」

ミヤコグサは、道端などでも見られる野草です。ダイズやエンドウなどと同じマメ科の植物で、背丈は20～40cm、種子をまいてから2～4ヶ月ほどで黄色い小さな花を咲かせ、その後種子ができてきます。

現代の農業は集約型の大規模農業です。たくさんの化学肥料を与え、農産物を効率的に生産しています。特に植物には、窒素・リン・カリウムの3つの肥料が必要で、これらは三大肥料と呼ばれています。この中でも窒素は、植物がタンパク質や核酸(DNA)を作るのに必要な元素で、昔から土壌を肥沃にするために、マメ科植物の力が利用されてきました。窒素の化学肥料が広く利用されるようになったのは20世紀初めからです。それ以前は人や家畜の糞尿、堆肥、油粕など様々な肥料が用いられてきました。現在でも、ダイズは休耕田の転作作物として栽培され、水田ではレンゲを緑肥として植え、田植えを行う前には水田にすき込んで利用しています。

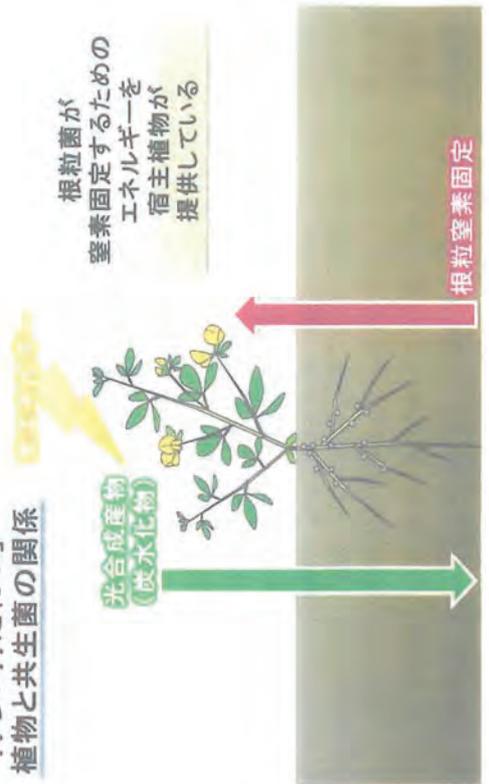
マメ科植物と根粒菌・・・「共生」ということ

マメ科植物の大きな特徴は、根に「根粒菌」とよばれる微生物(バクテリア)が棲み着いていることです。ミヤコグサに根粒菌が付着すると、ミヤコグサの根には「根粒」とよばれる直径1～2mmのこぶができてきます。根粒菌はこのこぶの中で、植物が光合成で作ったエネルギーを分けもらい、そのエネルギーを使って、空気中の窒素ガスをアンモニア(NH₃)に変える化学反応を起こします。

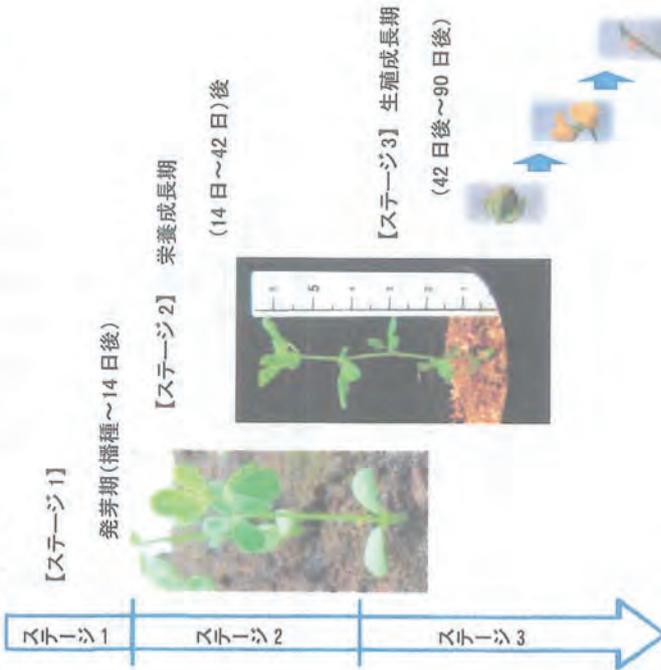
植物の米穀のうち、窒素は大気中には窒素ガスが大気中に存在しますが、植物は窒素ガスを直接利用することが出来ません。植物はこれを、硝酸イオン(NO₃⁻)やアンモニウムイオン(NH₄⁺)の形で、根から取り込んで利用します。窒素ガスは、硝酸イオンやアンモニウムイオンとなって初めて、植物が利用できるのです。

窒素ガスを植物が利用できる形に変えることを「窒素固定」といいます。そして植物は、窒素固定によってアンモニアをつくり、それを排泄物質としてタンパク質を作ります。このようにして根粒菌とミヤコグサは、お互いが助け合う「持ちつ持たれつ」の関係を作っています。生物ではこのような関係を「共生」といいます。生物が行う窒素固定について、農耕地における固定量が約9000万tと見積もられ、その大部分は、食用及び牧草のマメ科植物によるものと考えられます。

「持ちつ持たれつ」植物と共生菌の関係



根粒菌を接種したミヤコグサと、接種しないミヤコグサの成長を比較することによって、マメ科植物と根粒菌との共生関係を調べる。



実験の方法

ミヤコグサは種子の殻が硬く、種子をまいただけでは発芽しません。サンドペーパーで種子の表面を削り、皮を薄くした上で1日水に浸けておきます。

- ① 湿らせたろ紙の上に表面を削った種子を置き、発芽させます。
- ② 発芽した種子を、パーミュキュライトという土に播種していきます。
*パーミュキュライトは、栄養分を含まない土です。
*パーミュキュライトは、根粒菌を含むすべての微生物を殺菌するために、事前に121℃で殺菌しておきます。
- ③ 根粒菌を水に溶かし、ミヤコグサにふりかけます。(これで接種できます。)
*これで接種したミヤコグサと未接種のミヤコグサが用意できます。
*通常根粒菌は、1～1.5ヶ月でミヤコグサに付着します。
- ④ 播種した苗を人工気象器の中に入れて、生育状況を観察します。
*人工気象器は温度や明るさを管理できる、小さな温室のような装置です。
*人工気象器の中の環境は、気温：25℃ 明期：16時間 暗期：8時間とします。
- ⑤ 2日に1回、10mlづつ水をやり、また適当な時期に栄養分を与えます。
*通常与える水はイオン交換水です。(栄養分を含んていません。)
- ⑥ 観察では、2日ごとの葉の枚数を数えます。*葉の枚数でその個体の成長の度合いを測定します。

(本日の実験)

注意点

- 40倍の対物レンズは絶対に使用しない。
- (1) 卵（未受精卵）をスライトで取り、時計皿に2〜3滴たらす。
 - (2) 低倍率で検鏡して卵を探す。
 - (3) 高倍率にして卵をスケッチする。
 - (4) 精子をスライトで取り、卵の入っている時計皿に1滴たらす。
 - (5) 卵に集まってくる精子の様子をスケッチする。

注意点

- 精子は透明で小さいので、絞りを絞ってコントラストを強くしないと見えない。
- (6) 受精膜のあがってくる様子をスケッチする。
 - (7) 受精卵をスケッチする。

結果

未受精卵	卵に集まる精子の様子
受精膜の形成過程の様子	受精卵

気付いたこと

反省・感想

ウニの受精

年 月 日

目的

パフンウニを使い、動物の卵と精子を観察する。また、受精の過程を観察する。

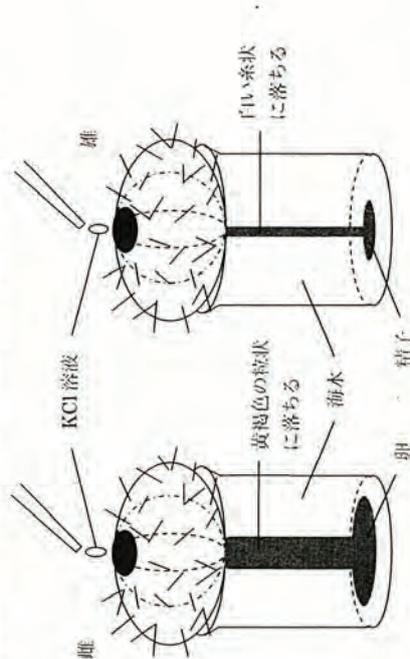
準備

- 器具：[1人ずつ] 顕微鏡、時計皿、
 [2人班] スライト (2本)、ピーカー (100mL：卵用、50mL：精子用)
 材料：パフンウニ

方法

(教卓)

- (1) ウニの口器 (アリストテレスの提灯) のまわりにはさみを入れて切り、口器をピンセットで取り出し、逆さにして体液を出す。傷口から内部を観察すると、成熟した卵巣は黄褐色、精巣は白味がかかった茶褐色をしているので、雌雄の区別がつく。
- (2) 海水を満たしたピーカーあるいはプラスチックの上に、ウニを、傷口を上にしてのせ、傷口から0.5mol/L KCl溶液を数滴たらす。まもなく卵あるいは精子が生殖孔から放出される。



- (3) 卵は新しい海水で洗って保管する。精子を保管する場合は、海水と混ぜないよう時計皿などに放精させておくか、精巣ごと取り出しておく。使用する直前に海水に入れる。精子をすぐに使用する場合は海水中に放精させてもよいが、海水中では精子は泳ぎ回るのですぐ弱る。

No.1の試験管では血液凝固が起こる（ ）。

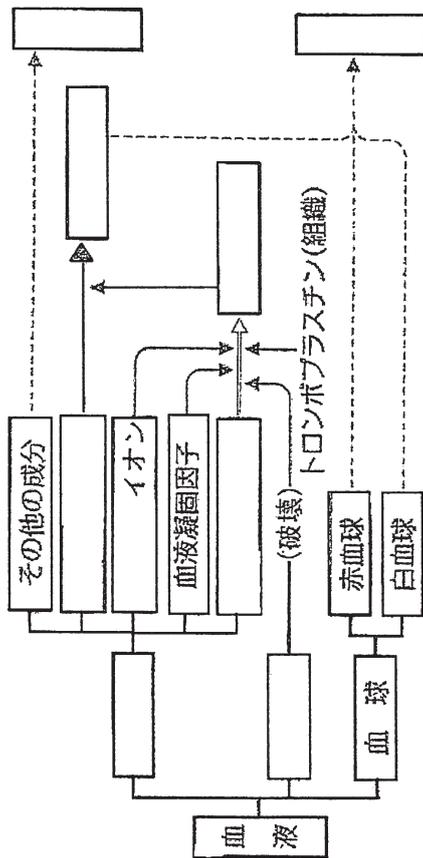
なぜならば、血液にクエン酸ナトリウムが混ぜられおり、そのためにカルシウムイオンがなくなつたためである。このため塩化（ ）を混ぜなかつたNo.1の試験管では血液凝固が起こらなかつた。

No.2の試験管では血液凝固が起き、（ ）とよばれるかたまりが出来た。

No.3の試験管では血液は低温に保つたために酵素である（ ）の働きが抑えられて血液凝固が進まなかつた。

No.4の試験管では割りばしに付着した（ ）を取り除いたために、試験管に残った血液は凝固しなかつた。

No.5の試験管で見られた白いかたまりは、（ ）とよばれる繊維質で血しよう中には（ ）として存在している。



【語群】

血漿 血小板 血しよう カルシウム トロンピン
 プロトロンビン フィブリン フィブリノーゲン

方法II 【呼吸色素の変化】

1. プタの血液を三角フラスコにとる。
2. 1に酸素と二酸化炭素を交互に加え、色の変化を見る。

結果 【呼吸色素の変化】

酸素を加えたとき	
二酸化炭素を加えたとき	

高校 年 組 番 氏名
 頁へ

「生物基礎」(2) 生物の体内環境の維持 ア 生物の体内環境 (ア) 体内環境

本日の流れ

- ①血液凝固実験開始
- ②血液凝固実験の静置中にプタの心臓観察 (表)
- ③血液凝固実験の結果観察
- ④呼吸色素の観察

実験 血液凝固と呼吸色素の性質

目的 プタの血液を様々な条件下に置き、血液凝固の仕組みへの理解を深める。また、赤血球に含まれる呼吸色素の性質を調べる。

準備 ビーカー 試験管 三角フラスコ 駒込ピペット 割りばし 酸素ボンベ

二酸化炭素ボンベ 塩化カルシウム溶液 プタの血液 (クエン酸ナトリウム処理してあるもの)
 カルシウムイオンをなくして血液凝固をとめる)

方法I 【血液凝固】

1. 試験管 No.1～4 それぞれに、血液を3ml入れる。
2. 試験管 No.5に5管にうすめた血しようを3ml入れる。
3. 試験管 No.2～5 それぞれに塩化カルシウム溶液を3mlずつ入れ、良く振り混ぜる。
4. 40度ほどの湯と氷水が入ったビーカーに入れ、静置。
5. No.1・2・5の試験管は湯の入ったビーカーに入れ、静置。
 No.3の試験管は氷水の入ったビーカーに入れ、静置。
6. 5分後、それぞれの試験管における変化を観察する。

試験管 No	1	2	3	4	5
血液	○	○	○	○	○
塩化カルシウム	○	○	○	○	○
湯につける	○	○	○	○	○
氷につける	○	○	○	○	○
割りばしで巻き取る	○	○	○	○	○
血しよう	○	○	○	○	○

結果と考察 【血液凝固】

各試験管における結果をまとめる。血液凝固が起きた試験管○、起きなかつた試験管×。

試験管 No	1	2	3	4	5
結果					

「生物」 (1) 生命現象と物質 ウ 遺伝情報の発現 (ア) 遺伝情報の発現

刻まれたメッセージは何??

～DNA ストラップをつくらう!!～

年 組 番 氏名 _____

<目的>

自分でDNA 模型を作製することにより、DNA の構造を理解するとともに、塩基部分にメッセージを刻むことで、DNA の複製・転写・翻訳の流れを理解する。

<方法>

① リン酸、デオキシリボース、チミン、シトシン、アデニン、グアニンの色を決める。

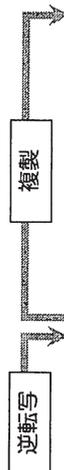
リン酸 丸ビーズA	ペア			
	デオキシリボース 丸ビーズB	チミン (T) 管ビーズA	シトシン (C) 管ビーズB	アデニン (A) 管ビーズC
				グアニン (G) 管ビーズD

塩基の種類	ペア	
	DNA	RNA

② 書き込みたいメッセージを決める。

③ 6 ページのコード表1を使って mRNA の塩基配列と DNA の塩基配列、ビーズの色を書く。

1. 表1からひらがなに
対応するコードンを拾う



No.	書き込みメッセージ	mRNA の塩基配列		ラギング鎖		リーディング鎖 (読まれる側)	
		DNA の塩基配列	DNA の色順	DNA の塩基配列	DNA の色順	DNA の塩基配列	DNA の色順
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

2. mRNA に相補的な塩基配列を書いた後、
U (ウラシル) を T (チミン) に変える

3. DNA (ラギング鎖) に対して
相補的な塩基配列を入れる

「生物」

(1) 生命現象と物質 ウ 遺伝情報の発現 (ア) 遺伝情報の発現
※DNA の T が RNA では U になること、相補性により A と T (U)、C と G が対になっていることに注意!
ex. mRNA が U ならば DNA (ラギング鎖) は T、DNA (リーディング鎖) が A である。
※管ビーズの色ペアがあっているか必ず確認する (色を間違えるとメッセージが読みとれない)

④ カップに必要な分のビーズを入れる。

物質名	リン酸	デオキシリボース	チミン (ウラシル)	シトシン	アデニン	グアニン
色						
個数	24 個	24 個				

⑤ ストラップコードに 65cm ほどのワイヤーを通して、ワイヤーをねじって
ストラップコードとワイヤーを固定する (図1)。

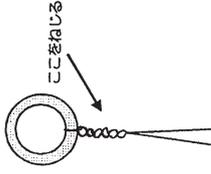


図1

⑥ 2本のワイヤーを揃えて、金の管ビーズに通す。管ビーズを移動させて、
ねじった部分を隠す (図2)。

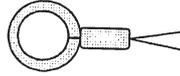


図2

⑦ 2本のワイヤーを開いて、片方にはNo.1の管ビーズ (読まれる側)、
丸ビーズB、丸ビーズAを、もう片方にはNo.1の管ビーズ、丸ビーズ
Bを図3のように通して、絞る。

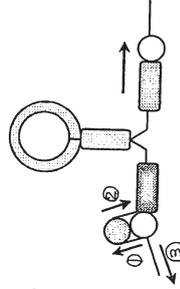


図3

⑧ 次にそれぞれのワイヤーに丸ビーズA、丸ビーズB、管ビーズの順
番で入れた後、ワイヤーを図4のように絞る。

※②でつくった表と一致しているか必ず確認すること。
色のペアを間違えると二重らせんにならない。

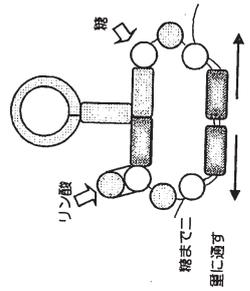


図4

理科実験：電気泳動によるDNA鑑定

班 名前

1 目的

これまでの授業で、DNAが遺伝子の本体であること、ブロッコリを用いたDNAの抽出実験や制限酵素について学んできた。今回は制限酵素を利用して、4種類のDNAを切断し、その断片を電気泳動することにより長さごとに分離し、DNAを分析して調べる。

2、実験動機の設定

ある日、家に帰ると楽しみにしていたジュースが誰かに飲み干されていた。そのジュースは、コップに入れて、冷蔵庫で冷やしておいた。そこで、憤慨した私は、そのコップを調べた。そこから、あるDNAが検出された。家族構成は、父、母、私の3人家族。コップから検出されたDNAをサンプルX、父のDNAをサンプル1、母のDNAをサンプル2、私のDNAをサンプル3とした。そして、4つのDNAをDNA鑑定することにした。
なお、この話は全てフィクションである。

【準備】

- ・器具
 - 37℃恒温槽、電気泳動装置 (Mupid-2 Plus)、マイクロピペット、フロート、マイクロピペット用チップ、マイクロチューブ、紫外線照射装置
- ・薬品
 - DNAサンプル1、DNAサンプル2、DNAサンプル3、制限酵素 (*Hind* III)、制限酵素バッファ、DNAマーカー、ローディングバッファ、40倍濃縮電気泳動バッファ、アガロース

※ バッファとは緩衝液のこと (pHの変化が少ないよう調製された溶液)。

【実験方法】

1) 電気泳動槽の準備

電気泳動槽に電気泳動バッファ (約 300ml) を加え、電気泳動槽内のマイナス極側にウエル (穴) が来るようにアガロースゲルをセットする。アガロースゲルが電極と平行になるようにセットする。スゲルが電極と平行になるようにセットしてください。

2) DNA サンプルの調製

本キット添付のローディングバッファを 3ml ずつ反応の終了した DNA サンプルに加え、よく混ぜる (合計 13ml)。DNA マーカーにも 3ml のローディングバッファを加えてよく混ぜる。混ぜたら、5 分間、室温もしくは氷上で静置しておく。

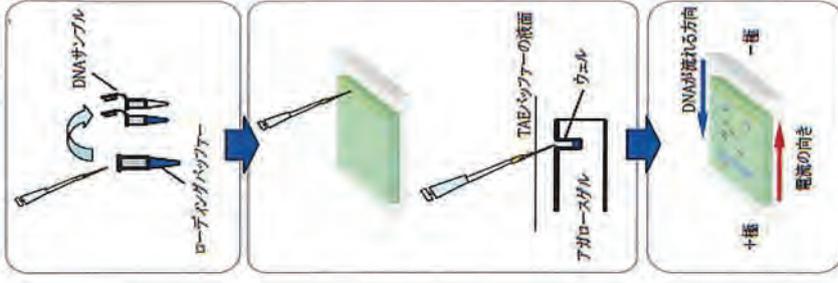
3) DNA サンプルの注入 (アプライ)

DNA サンプル全量を別々のウエルにアプライする。アプライは、図のようにチップの先をウエル内まで入れないようにする。チップの先端でウエルを破壊しないよう、細心の注意をする。

4) アガロースゲル電気泳動

電気泳動槽の電源スイッチを入れ、電気泳動を開始する。DNA はプラス極側に移動する。感電に注意すること。(参考: Mupid-2 Plus での電気泳動条件は 100 ボルトで 20 分程度)

※ 今回使用する制限酵素 (*Hind* III) は酵素反応の最適温度が 37℃ で、最適 pH は 7.5 である。



講義「才能ある生徒を伸ばすための方策」の提出課題

①「拡充」可能な内容/技能

- ・大腸菌の形質転換の実験から、本邦に形質転換しているのか。
- ・DNAを合成してみる。(PCR, 電気泳動による) など。各校での準備はとて(新しい)で教育委員会、総合教育センターなどで県企業として、産業的に実験できることを考えたい。
- ・身近な生物についてDNA分析、タンパク質分析をする。7番番について調べ、その7番について調べる。食料、腐敗でどのような成分が変化するか調べるなど。

自分たちのチームが主に 行った実験内容

- ・大腸菌の形質転換。
- ・プラスミドDNAを合成する。
- ・タンパク質を合成する。
(電気泳動によるDNA分析、試験管内での転写と翻訳の再現、PCRによるDNA増幅、電気泳動によるタンパク質分析)

②「早修」可能な内容/技能

- ・後述と異なる結果が出た場合は、次に検証の内容に応じて、実験方法を発表すると思いたい。
- ・DNAを再合成して検証
→ DNAの電気泳動
- ・DNAを合成して同じ生物で発現形質転換する。
→ 塩基配列を調べる
- ・塩基配列を調べる。塩基配列を調べる。
→ 塩基配列を調べる

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分析: 同じ生物でも発現形質転換の異なるDNAを(塩基配列が)異なるものを合成して発現する。
タンパク質分析: 形質転換した塩基配列を調べる。塩基配列を調べる。

①「拡充」可能な内容/技能

- 生物
- タンパク質の4次構造
- サリシットペプシン → SDS-PAGEで確認

自分たちのチームが主に 行った実験内容

- タンパク質分析
- ① 目視
- ② SDS-PAGEによるタンパク質MW分析
- ③ MALDI-TOFMSによるタンパク質のMW分析
(アミノ酸配列の決定)

②「早修」可能な内容/技能

- 生物
- アミノ酸配列の決定
(イオン交換・ゲル電泳を利用)
- 生物
- 1-ベル質変量のTOFMS
の原理を学ぶ
- 各自、探求し発表するところ

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

1-ベル質変量の測定方法、現象を説明しよう

①「拡充」可能な内容/技能

・パソコンを使ってアミノ酸に翻訳するサイト等々多くの労力と時間とを短縮する(探索活動)
 ↓
 解決すべき課題についての情報の収集、検索、計測、制御、結果の集計、処理などにおいて、コンピュータや情報通信ネットワークなどの効果的に活用する因子
 ↓
 分子構造も追求していき

自分たちのチームが主に
行った実験内容

翻訳-転写にDNAの塩基配列のアミノ酸に翻訳し(シーケンスの比較から)予想されたGFP発色団形式の機構がどこかを考察する。

②「早修」可能な内容/技能

・手作業のアミノ酸に翻訳する作業
 ・インサートした部分の同定
 ↓
 「生物基礎」の遺伝情報とタンパク質の合成は中学生でも可能

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

記号を解釈して翻訳する点や、インサート部分の同定、また発色する部分を発見し分子構造から光の波長の吸収を推定すること

①「拡充」可能な内容/技能

DNAの電気泳動実験を行うにあたってTV番組でもよく話題になるDNA鑑定を行うことにより(そのデータを取り入れる)、ゲーム性もある。生徒の興味感度が向上しDNA鑑定の理解も進むと思っております。

自分たちのチームが主に
行った実験内容

DNAサンプルの電気泳動実験、制限酵素を使用し、DNAサンプルの違いを確認する

②「早修」可能な内容/技能

中学校の理科ではDNAの遺伝子の本体を学習はせん。行う実験もDNAの抽出までです。早修として制限酵素でDNAを切断させること、実験として電気泳動実験を行うことが出来ると思っております。

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と言葉は、いろいろ方面で聞くことはあるが、実際に見て、具体的にその用途を知ることは、なかなか難しいと思っております。制限酵素を用いた電気泳動実験を行うことで、具体的に理解が深まり、興味を持ってもらえると思っております。

①「拡充」可能な内容/技能

②の実験は、一般の生徒に考察をさせると逆に混乱し、理解させるべき焦点が「ぼやける可能性」があるが、才能児にとっては、このような考える過程が「おもしろく思えるのではなか」と感じる。分析機器の原理についても、難解ではあるが、科学的思考力に長けた生徒であれば、説明をしっかりとしてもらった方が、理解が深まり、納得できるのではなかと思う。

②「早修」可能な内容/技能

タンパク質のみに、教科書の中で繰り返し出てくる内容については、最初に出てきた段階で、後の内容を先取り学習させておくと満足するのではなか。知識の習得は短時間でできると思われるので、その分、浮いた時間で発展的内容や実験を行うことが期待できる。「単位の修得」までには至らなか、彼らの知的欲求に応えるため、「単元」を早修することは工夫次第で可能である。

自分たちのチームが主に
行った実験内容

- ① タンパク質の電気泳動による分析
- ② 電気泳動と機器による分析結果の比較

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

実験結果が「くい草」ところをどうしてなのか考えるところ。才能のある生徒は考えることが好きなので、なぜそうなるのかを考える部分に最も夢中になるのではなかと思う。

①「拡充」可能な内容/技能

電気泳動のしくみ
泳動結果を考察するのではなく、なぜ分子量によって流れる速さがちがうのかを考へさせる。

②「早修」可能な内容/技能

TOFMSの原理
田中耕一さんの仕事を自分で調べて理解する。

自分たちのチームが主に
行った実験内容

- 電気泳動とMALDI-TOFMSによるタンパク質の分析

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

「電気泳動の電圧やバッファの条件を少しづつ変えて最適の泳動条件を調べる」というような課題（興味を持てば妥協することなく、こつこつ調べていきそうな気がする。）

光ける

①「拡充」可能な内容/技能

GFPが光る仕組みについて
物理、化学、生物の各分野の
知識を融合可能な形で学ぶ。

物理分野... 蛍光現象について 波長とエネルギーの関係が学ぶ。

化学分野... GFPの立体構造の分子モデルを通して、どの部分が発色団となっているかを学ぶ。その際、タンパク質の立体構造がその物質の特徴を示していることに意識させる。

生物分野... GFPの発色団となるアミノ酸配列と導入したプラスミドDNAの塩基配列との関連を調べる。またGFP以外の光るタンパク質 (RFP, DFP, BFP)

について、発色団のアミノ酸配列、DNAの塩基配列を調べる。GFPの色の違いを探る。

自分たちのチームが主に
行った実験内容

コムキ+胚芽を用いた
試験管内での転写と
翻訳の再現

※ 高校1年「生物基礎」
の授業で実施することを想定。

GFPの確認は紫外線
照射でのみ行う

②「早修」可能な内容/技能

電気泳動によるDNAの分析
→ 電気泳動の原理

PCRによるDNAの増幅
→ PCRの原理

電気泳動によるタンパク質の分析
→ DNAとタンパク質の
電気泳動の違い。



電気泳動の結果を、目的物か
らみているか、また目的物以外の
バンドか、どうして見られるかを
考察。

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

- ・ 紫外線照射による発色の有無以外で、GFPを確認する方法は有るのか。
- ・ なぜ、緑色にGFPは発光するのか。
- ・ 緑色以外に発光するタンパク質は存在するか。
- ・ なぜ、オワンクラゲにこのようなタンパク質が存在するのか。

細胞

①「拡充」可能な内容/技能

C. 遺伝暗号とそこから合成される
タンパク質の分析。

DNAの塩基配列から、合成されるタンパク質が決定されることか理解できれば、タンパク質によって生体内外へ出現させる材料に影響を指導しても、生徒は十分に理解できると思われる。

自分たちのチームが主に
行った実験内容

- A 無細胞合成系によるタンパク質の合成
- B. タンパク質のSDS-PAGE
- C. 遺伝暗号と、そこから合成されるタンパク質の分析。

②「早修」可能な内容/技能

B. タンパク質のSDS-PAGE。

DNAの電気泳動を正しく理解できる生徒には、SDS-PAGEの手法を講義すると、両分析をより深く理解できると思われる。

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

A. 無細胞合成系によるタンパク質の合成

生物の特性を決定しているものは、タンパク質であり、その合成情報であるDNAではない、ということに正しく理解し、かつDNAの重要性を認識できる生徒は、通常の合成過程ではない無細胞系に興味・関心を持つと思われる。

①「拡充」可能な内容/技能

・細胞交換で、非互換細胞交換
実験のことで経験させることで、法則や
倫理的なことで考えさせる。

自分たちのチームが主に
行った実験内容

- ・大腸菌の細胞交換実験
- ・無細胞タンパク質合成系を用いた実験

②「早修」可能な内容/技能

・無細胞タンパク質合成系を用いて、セントラルドグマを
実感し、身に付けていく。

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

同じ遺伝情報が発現するのに、細胞内、細胞外、この二つを経験し、共通して無細胞タンパク質合成系で実感したところ。

①「拡充」可能な内容/技能

宇宙キャットがあるのは
文理問わず実施可能
セントラルドグマの理解につながる

自分たちのチームが主に
行った実験内容

- ・タンパク質合成
- ・PCR

②「早修」可能な内容/技能

小人数で、全て実施。
高校ではマイクロピペットを
使用する時に注意すること。

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

実験操作もいろいろあるが、宇宙キャット、発色反応から
仕組みを覚えていくところである

①「拡充」可能な内容/技能

実際に野生から
おもしろそうな形質を示す
生物を採集してその遺伝子
を大腸菌に導入する。
与えられるすでに特定された
遺伝子だけでなく自ら有用
な遺伝子を探ることが
重要だと感じる。

自分たちのチームが主に
行った実験内容

組換えDNAの作製
遺伝子導入

②「早修」可能な内容/技能

電気泳動の技術は
教科書に載っていると
はいえ、高校現場で
実験が行われるのが
あたり前という状況では
ないもので、これをしっかり
身につけることは早修と
いえる。

・全教科が完璧ではなくても、
特定の科目だけが突出している
生徒がその分野だけでも上の
学年、学校で学べるようにすれば、
意欲を持って取り組むだろう。

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなおとろ/夢中になりそうなおとろ

GFP 遺伝子だけではなく、どんな遺伝子でも導入することができるのではないかと。
医療の分野はもちろん、無機的な分野にも生かせるのではないかと。(DNA コンピューター、
高効率で光エネルギーを変換 など)

①「拡充」可能な内容/技能

試験管内での転写
と翻訳の再現

化学にもDNAがあること、
最後に生物・化学を連携して
考えられる。

自分たちのチームが主に
行った実験内容

大腸菌の形質転換
電気泳動によるDNAの分析
試験管内での転写と翻訳の
再現。
PCRによるDNAの増幅
蛍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「早修」可能な内容/技能

(大学にしかない)
高価な装置をつかうもの。
より考察が必要なもの。

③才能ある生徒が特に興味を示しそうなおとろ/夢中になりそうなおとろ

電気泳動などの結果から、DNAの長さや、分子量の違い、~~タンパク質の分子量~~
など、より深く考えよう。

①「拡充」可能な内容/技能

- ・7タグDNAからのインサートDNAの取り出しも自分達で行う
- ・大腸菌のコンテホセルの作成を行う。条件を変えて、コロニーの出現率で結果を見て考察。

自分たちのチームが主に
行った実験内容

大腸菌の形質転換と
電気泳動によるDNA分析

②「早修」可能な内容/技能

大腸菌を含めた細菌類についての
基本知識と培養、DNA分析
による同定作業 (ティンバーズの
使用方法) 等。

③才能ある生徒が特に興味を示しそうところ/夢中になりそうところ

①「拡充」可能な内容/技能

暗号解読
→ アミノ酸配列

自分たちのチームが主に
行った実験内容

DNA塩基配列
と9-107質の構造

②「早修」可能な内容/技能

立体構造
染色のメカニズム

③才能ある生徒が特に興味を示しそうところ/夢中になりそうところ

立体構造、構造と色の関係

①「拡充」可能な内容／技能

- ・今後この分野のことかみこころの考察
- ・様々な資料を用いた比較

②「早修」可能な内容／技能

- ・ヒートマップの使い方をヒートマップの使用法
- ・実験そのもの

自分たちのチームが主に
行った実験内容

- 遺伝子組み換え
- 無相対系タンパク合成
- 電気泳動におけるタンパク質
- 電気泳動によるDNA分析

③才能ある生徒が特に興味を示しそうところ／夢中になりそうところ

- ・自分で実験系を組み立てる

参加者の発表スライド 【チームG】



クラゲのタンパク質を他の生物に作らせる

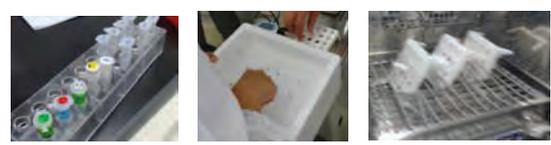
クラゲやサンゴのDNAを大腸菌に入れたらどうなるか？

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る。
 大腸菌の場合は、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として利用する。
 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う。
 このようにして作製した組み換えDNA(プラスミドDNA)を大腸菌に導入し、形質転換を起こす。

今回は、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...GFP)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を導入する。

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
インサートDNA	2μL (G)	2μL (R)	0	2μL (G)
ベクターDNA	2μL	2μL	2μL	2μL
酵素溶液 (ライゲース)	4μL	4μL	4μL	0
水	0	0	2μL	4μL



プラスミドDNAによる大腸菌の形質転換

[1] タカラJM109大腸菌と、実験「プラスミドの作製」で反応させたチューブA～Dを混合し、LB寒天プレート37℃で一晩培養する。

[2] 生化JM109大腸菌と、あらかじめインサートDNAを接続した環状プラスミド(G緑, Bu青, R赤, O黄)と、pBSのみのものを混合する。

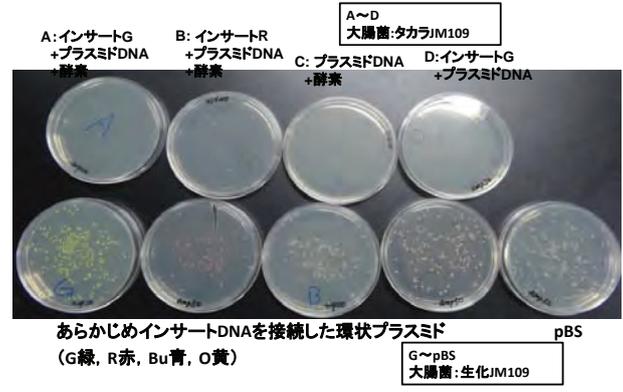
[3] 上の[1][2]をLB寒天プレート37℃で一晩培養する。

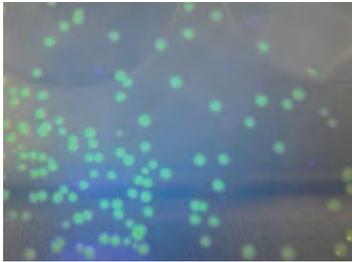


渡辺の予想

- ①チューブA, Bではそれぞれ緑色, 赤色に光るコロニーができる。
- ②チューブC, DのDNAではコロニーはできない。
- ③チューブA, Bを電気泳動すると、3種類(インサート・ベクター・インサート+ベクター)の長さのDNAが確認できる。
- ④チューブCでは、ベクターの整数倍の大きさのDNAが多い。
- ⑤チューブDは、ライゲーションされないので、2種類(インサート, ベクター)の長さ。

培養した結果(グループG)





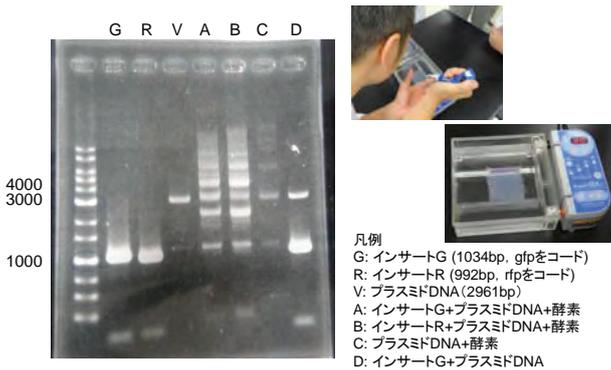
あらかじめインサートDNAを接続した環状プラスミドは、どれも大腸菌にうまく導入され、良い結果になった。しかし、自分たちでインサートとベクターを接続したはずのプラスミドでは、コロニーがほとんどできなかった。

他の班との比較

表 形質転換コロニーの出現数

	A 遺伝子G+ プラスミド+ 酵素	B 遺伝子R+ プラスミド+ 酵素	C プラスミド+ 酵素	D 遺伝子G+ プラスミド
グループG	0	6	0	1*
グループB	70(白15)	9(白2)	(白2)	0
グループR	1	2	0	0
グループO	0	1(白4)	3*	0
グループW	7	7	0	0

電気泳動の結果

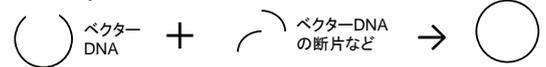


考察(1)

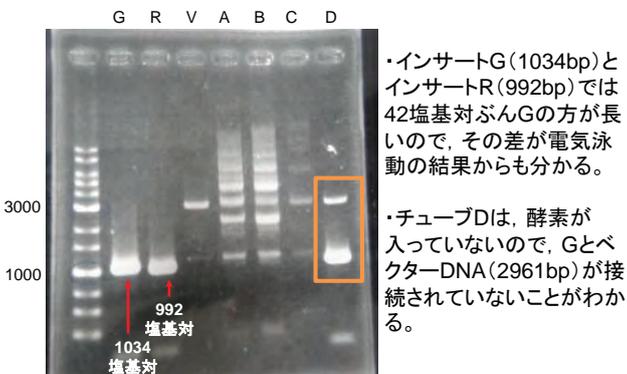
・自分たちのグループ(G)は、Aでは光るコロニーができなかった。また、他の班も、A、Bはコロニー数が少ない。電気泳動の結果を見ると、4000bpのあたりにバンドが確認される。目的のプラスミドはできたが、それが大腸菌に導入されなかったのか、目的のプラスミドができなかったのかは不明。

・Bでは赤く光るコロニーができたので、ベクターとインサートDNAが接続され、大腸菌に導入され形質転換した。

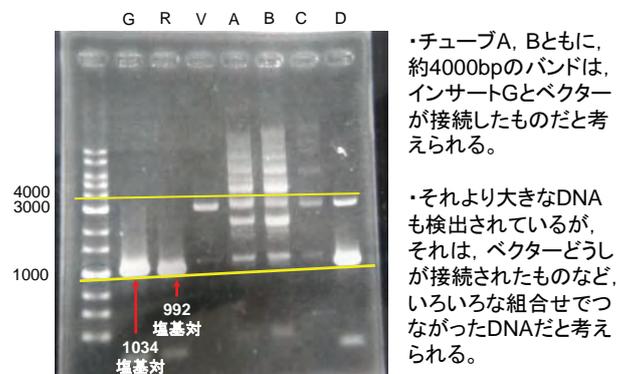
・他のグループで見られる白いコロニーは、下のように入ってきたプラスミドが導入され、耐性を得てコロニーを作ったのではないか。



考察(2)

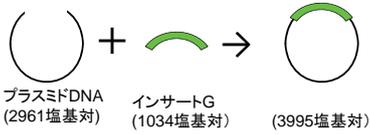


考察(3)

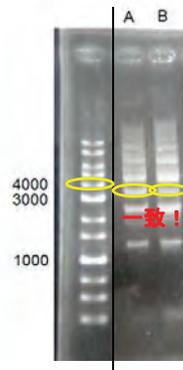


考察(4)

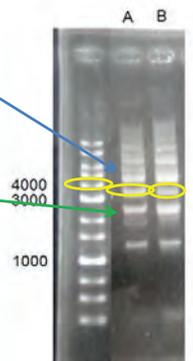
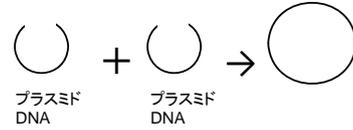
Aにおいてつくりたかったのは...



Bにおいてつくりたかったのは...



考察(5)



図のようなことが起こり、予想と違って、いろいろな大きさのDNAができてしまうと考えられる。右の電気泳動の結果からは、Aで  ができているようにみえるので、緑色に光るコロニーが生じなかったのは残念である。

考察(6)

• A, Bでのコロニーが少なかった理由として考えられること

- ①操作ミス→大腸菌もしくはAやBをきちんと計量できていなかった。
- ②目的の環状プラスミド(約4000bp)が少なかった。4000bpのあたりに、バンドは確認できるが、それだけでは目的のプラスミドがあるとは言えない。
- ③生化JM109で行ったものは、温度や時間等の条件は同じでも、多数のコロニーが生じたので、タカラJM109の活性が落ちていたことも考えられる。

参加者の発表スライド 【チームB】

プラスミドDNAを分析する (PCRによるDNAの増幅)

B班 チームブルー

土井 哲士(徳島県立阿波高等学校)
大石 英一(長野県伊那北高等学校)
國定 義憲(岡山県立津山高等学校)
八木 歩(名古屋市立北高等学校)

培養で出たコロニー ①



1, G

2, B

3, R



4, O



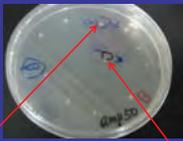
5, pBS

培養で出たコロニー ②



6, AG

7, AW



8, BR

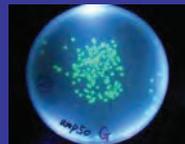


9, BW



10, CW

培養で出たコロニー(LED)①



1, G



2, B



3, R



4, O



5, pBS

培養で出たコロニー(LED) ②



6, AG

7, AW



8, BR



9, BW



10, CW

実験操作2-1

(1)大腸菌の菌体を用いたPCR

①G, B, R, OおよびpBSのプラスミドDNAを導入した大腸菌5種を準備

②インサートを加えたプラスミドのプレートから緑(AG)と白(AW)、赤(BR)と白(BW)、ベクターのみ(C)から作成のプレートのコロニーの大腸菌5種を準備

大腸菌のコロニーをチップの先端につけ、PCR反応溶液29μLに加え軽く混ぜた。

実験操作2-1

(2) プラスミドDNAを用いたPCR

プラスミドDNA(G, B, R, O, pBS)の溶液2 μ Lを、PCR反応溶液29 μ Lに加え軽く混ぜた。

(1)(2)をサーマルサイクラーで増幅。

反応終了後、DNA断片を電気泳動により分析。

プライマーの配列

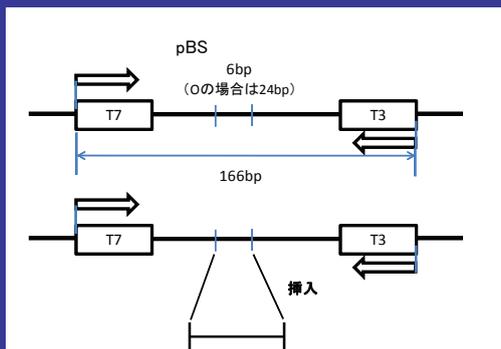
FWプライマー

TAATACGACTCACTATAGGG

RVプライマー

AATTAACCCTCACTAAAGGG

PCRで増幅される断片



電気泳動で得られるバンドの計算

	制限酵素処理で除去される塩基対(bp)	挿入される塩基対(bp)	PCRで増幅される塩基対(プライマー含む)
pBS	—	—	166
G	6	1022	1182
B	6	1022	1182
R	6	980	1140
O	24	1027	1169

電気泳動時に並べた順番

DNAを導入した大腸菌コロニーより

1,G 2,B 3,R 4,O 5,pBS

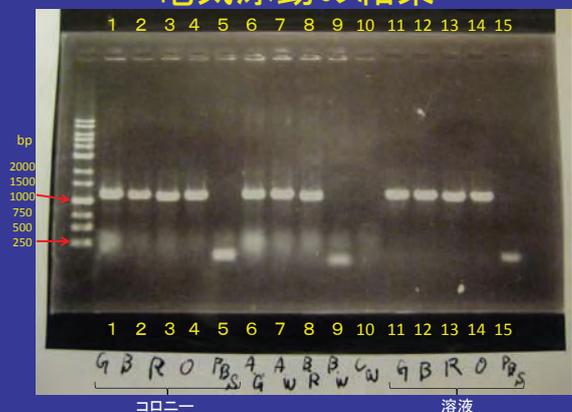
インサートを加えたプラスミドのプレートより

6,AG 7,AW 8,BR 9,BW 10,CW

プラスミドDNAより

11,G 12,B 13,R 14,O 15,pBS

電気泳動の結果



考察①

- Aのプレートから白いコロニーがみられた。PCRの結果では1000bp付近にバンドがみられた(計算によると1182bp)。
- インサートが挿入されたにもかかわらずコロニーがあることから、どこかで塩基が置換した、欠損しフレームシフトしたことが考えられる。

考察②

- Bのプレートから白いコロニーがみられた。PCRの結果では250bpより短いバンド(pBluescript II KS (+/-)と同じバンドで計算によると166bp)がみられた。
- 制限酵素処理が片側のみ行われたものがセルフライゲーションした。
- 制限酵素で全く切断されていないプラスミドが混在して形質転換されてしまった。

考察③

- Cのプレートから白いコロニーがみられた。PCRの結果ではバンドがみられなかった。
- アンピシリン耐性菌の混入

参加者の発表スライド【チームR】

試験管内における 転写と翻訳の結果

チームレッド

千脇 久美子(兵庫県立神戸高等学校)
大嶋 成幸(岡山県立玉島高等学校)
柳沢 温郷(安田女子中学高等学校)
山本 修平(和歌山県立青陵高等学校)

試験管内での転写反応の流れ

- チューブ a, b, cは、プラスミドDNAを加えたもの、RNA分解酵素を加えたもの、プラスミドDNAを加えていないものである。
- RNAの検出のため、各チューブにリボグリーン溶液を加え、ブルーのLEDの光を照射し確認する。

転写反応(溶液の組成)

溶液	チューブ a	チューブ b	チューブ c
蒸留水	8 μ L	8 μ L	10 μ L
転写反応用緩衝液	4 μ L	4 μ L	4 μ L
リボヌクレオチド溶液	2 μ L	2 μ L	2 μ L
RNA 分解酵素阻害剤	2 μ L	0 μ L	2 μ L
RNA 分解酵素	0 μ L	2 μ L	0 μ L
RNA ポリメラーゼ	2 μ L	2 μ L	2 μ L
プラスミド DNA	2 μ L	2 μ L	0 μ L
合計	20 μ L	20 μ L	20 μ L

転写反応の結果(リボグリーン染色)



転写反応の結果(リボグリーン染色) 拡大



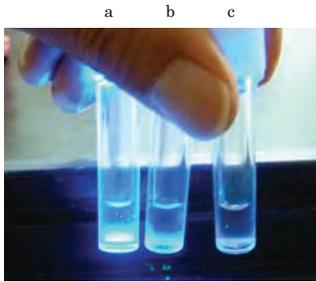
左よりチューブ a, b, c

チューブ aのみが、濁っており、LEDの光に蛍光色を発したことから、転写されたことが確認できた。

翻訳反応までの流れ

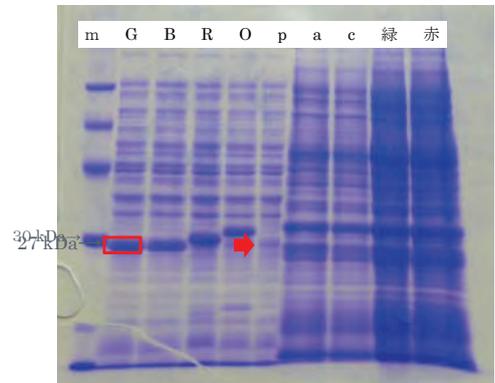
- キャップ付き透明平底のチューブにアミノ酸溶液、小麦胚芽抽出液、転写反応で用いたチューブ a, b, cを加える。(本班は転写で用いたチューブ bも用いた。)
- 上に記した透明チューブを3時間経過後、ブラックライトを照射し、違いがあるかを観察することにより、タンパク質検出の確認をする。
- 電気泳動によりタンパク質の分析を行う。

翻訳の結果

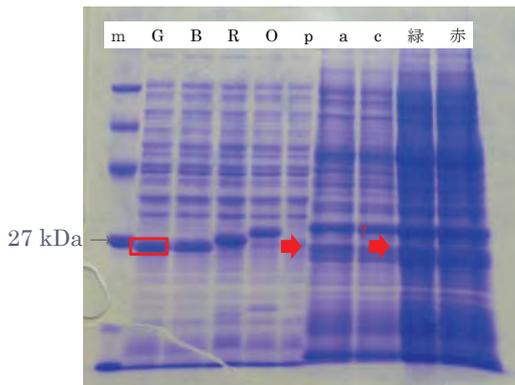


転写反応があったチューブaのみが2層に分かれ、タンパク質が合成されているのが、確認できた。

タンパク質の電気泳動結果



タンパク質の電気泳動結果



考察

- 実際に電気泳動のバンドを比較することにより、タンパク質の違いが確認できた。
- 電気泳動のaより、GFPの27kDa付近にバンドが確認できた。
- 電気泳動のcの30kDa付近にあるバンドがどうして現れたのかは分からなかった。

参加者の発表スライド 【チーム0】

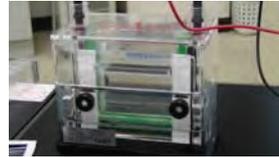
SDS-PAGE、MALDI-TOFMSによる タンパク質解析について

チームオレンジ

夫婦石 敬(山口県立萩高等学校)
長田 真範(奈良県立奈良北高等学校)
穴見 美希(熊本県立第一高等学校)
吉岡 智春(東京都立葛西南高等学校)

タンパク質の分析に使用した器具および機器

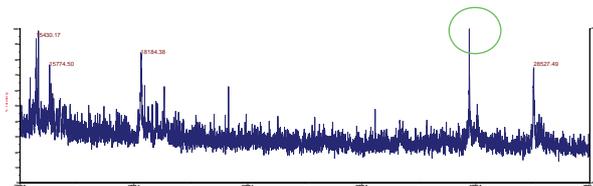
SDS-PAGE



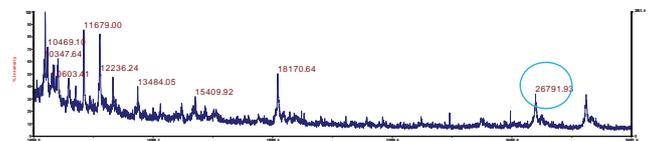
MALDI-TOFMS



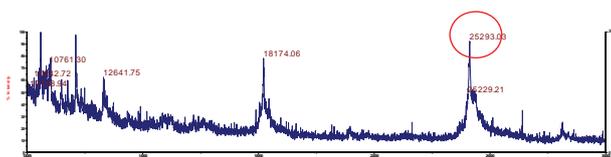
大腸菌内で合成した蛍光タンパク質 MALDI-TOFMSによる分子量測定 【GFP】



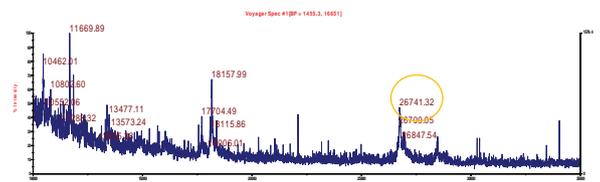
大腸菌内で合成した蛍光タンパク質 MALDI-TOFMSによる分子量測定 【BFP】



大腸菌内で合成した蛍光タンパク質 MALDI-TOFMSによる分子量測定 【RFP】



大腸菌内で合成した蛍光タンパク質 MALDI-TOFMSによる分子量測定 【OFP】

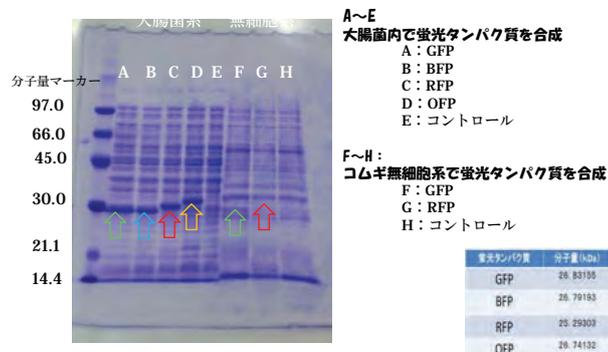


MALDI-TOFMSによる分子量測定

蛍光タンパク質	分子量 (kDa)
GFP	26.83155
BFP	26.79193
RFP	25.29303
OFP	26.74132

- GFP,BFP,OFPは、ほぼ同じ分子量(約26.7~26.8 kDa)である。
- RFPのみ、やや分子量が小さい。

SDS-PAGEによる分子量の推定



MALDI-TOFMSで得られた分子量との比較 (大腸菌内で合成された蛍光タンパク質の比較)

- 全体的にSDS-PAGEで推定された分子量の方が大きい。
- RFPの分子量は他の蛍光タンパクと比較すると最も小さいはずだが、SDS-PAGEではGFPやBFPより大きい値となっている。
- OFPの分子量はGFPやBFPと同程度であるはずだが、かなり大きい値となっている。

SDS-PAGEにおいて分子量が大きくなる理由

《アミノ酸組成による場合》

- ①タンパク質に含まれる疎水性アミノ酸が少ない。
 - SDSのドデシル基は疎水性アミノ酸残基に結合する。
 - 疎水性アミノ酸が少ない場合、十分量のSDSが結合できない。
 - マイナスの電荷を帯びる量が少なくなり泳動が遅くなる。
 - 分子量が大きくなる。

②正電荷をもつアミノ酸が多く含まれる。

- 正の電荷を多くアミノ酸の割合が多い場合、SDSによる負の電荷を打ち消す場合がある。
- 負の電荷量がすくないため、電気泳動が遅くなる。
- 分子量が大きくなる。

アミノ酸組成比較

(ア) 疎水性アミノ酸の含有数と割合

	総アミノ酸数	疎水性アミノ酸数	割合(%)
GFP	239	107	44.8
BFP	239	107	44.8
RFP	225	91	40.4
OFP	236	110	46.6

(イ) 正電荷をもつアミノ酸の含有数と割合

	総アミノ酸数	正電荷をもつアミノ酸数	割合(%)
GFP	239	35	14.6
BFP	239	36	15.1
RFP	225	34	15.1
OFP	236	36	15.3

(ウ) 負電荷をもつアミノ酸の含有数と割合

	総アミノ酸数	負電荷をもつアミノ酸数	割合(%)
GFP	239	34	14.2
BFP	239	34	14.2
RFP	225	32	14.2
OFP	236	34	14.4

各蛍光タンパク質内での疎水性アミノ酸の集合部位の比較

BFP (GFPは、目話直し配列のため省略)

M A S K G E E L I T G Y N P L I E L D G V N G H K S S E G E G D T Y S K I T I K E C T T K L P V M E T L T T I S H G V Q C S R Y P D H I
K R H D F K S A M P E E G H E R T I F R K D D G N Y K T R A S V K F E G D T V N R I E K G D I K E D G N I G H K I E Y N Y N S H N I Y M A O K O K N
S I K V N E K T R H M E D S S V C I A D H Y Q N T P G V G P V L L P O N H Y I S T O S A L S K D N E K R D H M V L L E E Y T A A G I T H G M G E L Y N

RFP

M A S S E D V K E E M R K V R M E S I N G H E F E E G E G E R P Y E Q T Q T K I K V T K G G P I P A W C I S P Q I O Y S K A Y I K H P D I
P D V I K S P P E G K W E R V N F E O G G V T I T O B S S L O D G E Y K V K R G T N P S D G P V M O K K T M G W E A S T E R M Y P E D G A
I K G E K M R I K I K D G G H Y D A E V K T T Y M A K K F N C I P E A Y K T D I K I D I T S H N E D Y T M E Q Y E R A E G R H S T G A

OFF

M A S K G E E N N M A I K E F R K V R M E S I N G H E F E E G E G E R P Y E Q T Q T K I K V T K G G P L P F A W D L S E O I T Y S K A Y I K
H P A D I P D Y K S P E G K W E R V N F E O G G V T I T O B S S L O D G E Y K V K R G T N P S D G P V M O K K T M G W E A S T E R M Y P E D G A
E D G A L K G E K M R I K I K D G G H Y T S E K T T Y K I K K V N C I P E A Y K G K I D I T S H N E D Y T M E Q Y E R A E G R H S T G M D E L Y K

疎水性アミノ酸 負電荷をもつアミノ酸 正電荷をもつアミノ酸

疎水性アミノ酸が6以上連続する部位

[]

RFPに関する考察

RFPの分子量は他の蛍光タンパクと比較すると最も小さいはずだが、SDS-PAGEではGFPやBFPより大きい値となっている。



- RFPは疎水性アミノ酸の割合が、GFPやBFPより小さいため、SDSの結合が少なく移動が遅くなっている可能性がある。
- GFPやBFPはRFPよりも疎水性アミノ酸の割合が多く、タンパク質内で疎水性アミノ酸が集合して存在している部位が2カ所あり、より多くのSDSと結合し、移動が早くなっている可能性がある。

OFFに関する考察

OFFの分子量はGFPやBFPと同程度であるはずだが、かなり大きい値となっている。



- 疎水性アミノ酸の割合はGFPやBFPよりもやや大きいですが、疎水性アミノ酸の集合部位は1カ所である。また、それ以外のアミノ酸組成に関しては、GFPやBFPと大きな差はみられなかった。したがって、アミノ酸組成が原因とは考えにくい。

《アミノ酸組成以外に、原因として考えられること》

- SDSによりタンパク分子の形は鎖状になっているはずであるが、OFF分子内には何らかの架橋があり、形によりゲルの通過速度が遅くなっているのではないだろうか。

これを検証するには、さらに実験が必要である。

おわり

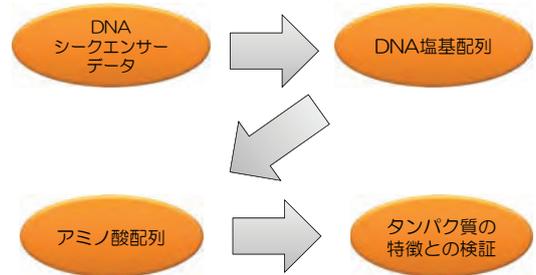
参加者の発表スライド 【チームW】

DNAの塩基配列とタンパク質の特徴

W班 チームホワイト

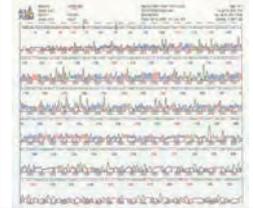
隼瀬 憲一郎(滋賀県立能登川高等学校)
佐竹 弥代(堺市立堺高等学校)
向 雅夫(板橋区立高島第一中学校)
宮越 敬記(京都市立西京高等学校)

作業の流れ

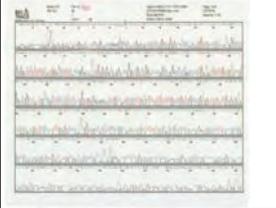


大腸菌の形質転換に使用したpBSのシーケンス結果の比較 (GFPインサートDNAのありなし)

GFPインサートなし



GFPインサートあり



インサート部位の拡大

GFPインサートなし



GFPインサートあり



GFPを発現するコードの導入を確認

DNAの塩基配列のアミノ酸への翻訳 (GFP、BFP、RFP、OPF)

遺伝子GFP

```

1  ICTAGAATTCGAGCGGGATTTATGGCTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAAATAGGC
61  CCATCAAAACAGCATTAGAAATGCTAATCAGCCCAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTGGTT
121 GCTAAAAGATAAAAATAAGTCGAGGCTGTGGTAACATATCCACAGATTAAGAAAAGTCA
181 TAAGACTTGAATCTTCAAGATTTAAAAAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT
241 TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGTCTGTTAAAGATAAGCAITTTTGTGGAGG
301 AAAACCATATGGCTAGCAAAAGGAGAAGAACTTCTCACTGGAGTTGCCAATTTGTTGG
361 AATTAGATGGTGTGTTAACGGCCACAAGTTCTGTCTGTCAGTGGAGAGGGTGAAGGTGATG
421 CAACATCGGAAAATTTACCTGAAGTTCACTGCTACTGCTGCAAGTGCCTGTTCCAT
481 GGCCAACTAGTCACTACTCTGTGCTATGGTGTCAATGCTTTTTCAAGATACCCGGATC
541 ATATGAAACGGCATGACTTTTTCAAGAGTGCATGCCAAGGTTATGTACAGGAAAGGA
601 CCATCTTCTCAAAGATGACGGCAACTACAAGACAGCTGCTGAAGTCAAGTTTGAAGGTG
661 ATACCTTGTTAATAGATCGAGTTAAAGGTATGACTTCAAGGAAGATGCCAATTC
721 TGGGACACAAATGGAAATCAACTATAACTCACACAATGTATACATCATGGCAGACAAAC
781 AAAAGAATGGAATCAAAGTGAATCTCAAGACCCGCCACAACATTGAAGATGGAAGCGTT
841 AACTAGCAGACCATTTATCAAAAATCTCAATTTGGCGATGGCCCTGCTTTTACAG
901 ACAACCATTACCTGTCACAAATCTGCTTTTCAAGATGCCAAGCAAAAGAGAGACC
961 ACATGGTCTCTTCTGAGTTTGAACAGCTGCTGGGATTACATATGGCATGGATGAACTGT
1021 ACAACTGAGGATCC
  
```

DNAの塩基配列のアミノ酸への翻訳 (GFP、BFP、RFP、OPF)

遺伝子GFP

```

1  ICTAGAATTCGAGCGGGATTTATGGCTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAAATAGGC
61  CCATCAAAACAGCATTAGAAATGCTAATCAGCCCAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTGGTT
121 GCTAAAAGATAAAAATAAGTCGAGGCTGTGGTAACATATCCACAGATTAAGAAAAGTCA
181 TAAGACTTGAATCTTCAAGATTTAAAAAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT
241 TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGTCTGTTAAAGATAAGCAITTTTGTGGAGG
301 AAAACCATATGGCTAGCAAAAGGAGAAGAACTTCTCACTGGAGTTGCCAATTTGTTGG
361 AATTAGATGGTGTGTTAACGGCCACAAGTTCTGTCTGTCAGTGGAGAGGGTGAAGGTGATG
  
```

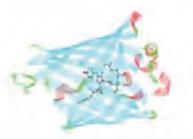
開始コドン

原核生物において、開始コドンの上流にはプリン塩基に富んだ配列が見られる

GFPの翻訳は309番目のATGからはじめる。

まとめ

- 蛍光タンパク質の発色団は、一次構造の比較から特定することができた。
- 発色のメカニズムや色の違いは、立体構造や周辺アミノ酸の影響を量子化学的に考察しなければならない。
- この分野の研究には多くの領域の知識や経験が必要であり多くの科学者が協力して研究しなければならない。



サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

香川県立三木高等学校 滝 朋子

私は、研修に参加するのが好きである。授業では、教科の内容について語るだけでなく、自分の経験や感想なども含めて語る方が、生徒は興味を持つ。ただし、浜村淳ではないので、いくら見てきたかのように語っても、限界がある。だから、様々な研修に参加するようになってきたが、実はDNAなどの微生物学についてはとても苦手で、参加が決定したとき少々後悔した。

しかし、実際に行ってみてまず印象的だったのは、講義される先生方の楽しそうな様子である。夜遅くまでのハードスケジュールの中、積極的に人と関わり、説明・議論しようとする先生方が印象に残った。特に、自分の開発した技術について熱く語る遠藤先生には驚いた。通常であればとうにご隠居様の年齢(すいません)なのに、まだまだ先を見つめて研究に取り組みたいと夢を語る先生は、すごい一言である。

また、愛媛大学の様子についても知る事が出来た。医学部で大学1年から研究室に所属して研究する、と言ったシステムは、おそらく指導する方はかなり大変だろう。けれど、そうしたやり方からも、手をかけて学生を育てていることが感じられた。

地方都市の松山にあっても、常に世界を見て研究していること、何より大学生も先生方も、自分の大学に愛情を持っている事が強く感じられ、生徒に勧めていい大学だと思った。

そして、講義や実験の中で感じたのが、やはり考察することの楽しさと重要性である。今回のプログラムの中で大変ではあったが最も印象に残ったのが、最終日の発表に向け、グループの中で話し合いながら考察をまとめた時のことである。ちょっと残念な予想外の結果について、話しあうことで理解が深まっていくことが体感されると同時に、予想通りの結果ならここまで考えられなかっただろうと思った。

生徒は、問題演習を解くのと同じように、実験でも予想外の結果は即、失敗だと受け止める。人によっては、失敗した自分はダメだと思ってしまう。しかし、生物実験では、「体細胞分裂の観察」などのオーソドックスな実験でさえも、授業を実施した時間帯や気温などの微妙な条件の違いで、うまくいかないことがよくある。その微妙な条件を整え、実験成功率を上げる事が、生物教師のスキルの一つである。しかし、予想外の結果も、その原因について互いに議論して考えを深めることができれば、予想通りの結果よりむしろ教育効果は大きいのではないかと感じた。

大切なのは、仮説に合う実験結果を出すことではなく、実験結果に合わせた考察ができる事である。生物選択者の中には、「生物は暗記すれば何とかなる。」と考えて選択する者も多い。それだけでなく最近では、分からない事があればすぐに塾の先生や、Google、掲示板などに頼る生徒が多い。だからこそ、「何故こうなったのか？」の問いに自分なりに考えてみる事、特に友人との会話を通して考えを深める楽しさを味わう事ができるような実験指導のあり方はないか、考えてみたいと思った。

サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

和歌山県立青陵・きのくに青雲高等学校

山本 修平

キャンプに参加することになって、どのような内容なのかを調べ、自分の中で前向きな気持ちと、少し後ろ向きな気持ちが入り混じっていることに気付いた。そして、愛媛大学から資料が送られてきて、ポスター作製の事前学習を知り、何をしようかという迷いが大きくなってきた。だが、冷静になり、普段学校でやっている内容を作れば良いと考え、落ち着いてきた。セントラルドグマについて、今までの勤務校で実験を行ったことがなく、授業で活かせるネタを少しでも吸収できればと思うと、このキャンプを楽しもうという気持ちが生まれてきた。

キャンプには、始発の電車に乗り和歌山を出発した。普段の出張で電車を利用する時は、目的地に着くだけで疲れているが、今回の愛媛では全くそのようなことはなかった。松山駅に到着し、チンチン電車に乗り、松山城が見え隠れしていると、愛媛大学に着いた。会場で受付を済まし、ポスターを貼っている先生方の様子を見て、開講式の前に始まっていることを実感した。

実習では、試験管の中の発光タンパク質を実際に見て、学校で生徒に実験を体験させることの大切さを感じた。キャンプ前の事前アンケートで、それぞれの実験の経験の有無についての質問があった。経験したことがある実験は、教員免許更新時に行ったものだが、どのようなことをしたのか、あまり記憶にない。だが、今回の実習は次から次へと作業があったため、技術的なことも含めて、自分の中に残るものであった。キャンプでは、とにかく時間が経つのが早かった。実習は私の頭の中が整理できていないうちに進んでいき、普段の勉強不足を痛感した。宿舎に帰って復習をしようと考えていたが、それもなかなか出来なかった。

キャンプに参加して、冊子に書かれているねらいだけでなく、色々なことに結び付けて、考えさせられる内容が多かった。才能の豊かな生徒を育てる講義があったが、教員の資質や学校の設備だけでなく、義務教育の中でも飛び級の制度が必要なのではと、考えたりした。また、愛媛県は教育が盛んな土地柄であるが、その中で愛媛大学が果たしている役割が大きいことを感じとれた。愛媛大学は、戦略を持って積極的に攻めて独自性を持ち、予算を獲得し、したたかに学校をアピールする。そして、人を集め、人を育てる。学校現場だけでなく、愛媛大学の姿勢は、地方・学校が生き残るためには、非常に大切なことだと思い、勉強になった。今回の経験は大きな刺激となり、視野が広がったのは確かである。勤務校に戻り、いつもの多忙な生活であるが、これをいろいろな方法、機会ですべて還元できるように工夫していきたい。

最後になりましたが、林先生を始め愛媛大学の先生方、TAの学生さん、JSTの方々、受講された先生方、たくさんの方に本当にお世話になりました。このキャンプに参加できたことに感謝いたします。どうも、ありがとうございました。

サイエンス・リーダーズ・キャンプを終えて

徳島県立阿波高等学校 土井哲士

帰りのバスの中でサイエンス・リーダーズ・キャンプを振り返り、教科指導を方向転換しないといけないと思った。ポスターセッション、実験実習、講義、先生方との談笑などを通して学んだことは、新鮮でとてもありがたいことだった。SLCを終えてさらに学んだ。「理科好きの子供を増やす。さらに、子供の才能を見出し伸ばす。」それが理科教員としての使命である。そのために、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は、理科教員としての責任だ。科学技術系人材を育成するために理数教育を推進することは、国の喫緊の課題となっている。そこで、国が施策として推進しているのが「理科好きの子供の裾野の拡大」と「子供の才能を見出し伸ばす取組の充実」である。と、文部科学白書に記されている。

そのような施策があることなど当然知らず、SLCに参加しなければ、教科指導に方向転換の必要性すら感じるができなかったと思う。『「探究活動」では、——(中略)——生物学的に探究する方法を習得させ、報告書を作成させたり、発表を行う機会を設けたりすることが求められる。』と、新学習指導要領に書かれている。同感だ。生き物の探究なしに生物は学ぶことはできない。大学時代は毎日のように、実験や観察、実地研修、自然や生き物と関わり学んできた。しかし、高校生にとって「探究活動」をすることは「理想的な活動」であると考えていた。近年の私は、「演習と実験、どちらが大事か。」と問われれば迷わず演習を選んできた。大事なのは、わかりやすい授業と演習問題のわかりやすい解法解説。得点力向上のため時間をかけてしっかり教える。「進路保障、進路目標の達成のためだ。」と一生懸命に演習を頑張ってきた。受験のために早く教科書を終わらせて、演習で力をつけることが、私の務めだと考えるようになっていた。

SLCでは、無細胞タンパク質合成技術やPCR法、電気泳動を利用して、実験技術の修得だけでなく探究活動を体感してきた。次世代の生命科学教育の本質が見えてきたような気がした。生命活動を利用してヒトの生活を豊かにする。生命活動を利用するために、目に見えないことを見えるようにする。分子生物学は、教科書で見ただけの未知の領域だった。どのような技術が何のために利用されているのか、想像の世界で授業を行ってきた。実際に体験してみると意外と楽しく、教科書の内容がより深く理解でき、生徒にもさせたくなくなった。「楽しく学ばなければ何も残らない。」林先生が最後におっしゃった言葉がとても印象的だった。SLCの実施に際しご尽力くださった方々に心よりお礼申し上げるとともに、今後もSLCが続くことと、多くの先生方がSLCに参加することを期待する。

平成26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～を受講して

山口県立萩高等学校 夫婦石 敬

まず、受講の機会を与えていただいたことに感謝しております。愛媛大学の先生方、学生の方、JSTの方、ありがとうございました。

新課程の専門生物では遺伝子中心に多くの生命現象が語られています。これまでは、現在の生物学の最先端は「遺伝子」であると感じていたのですが、このたびの研修で「タンパク質研究」へと大きくシフトしていることを知り、最先端の知見にふれることができ大変勉強になりました。また愛媛大学を初めて訪問しましたが、穏やかな大学らしい美しいキャンパスで、進路指導に関しても得ることの多い4日間でした。

このキャンプを通して、明日からの授業に即役立つ知識は多数得られましたが、特に、タンパク質の解析方法(質量分析)について、またコムギ無細胞系を用いたタンパク質合成実験については、すぐにでも生徒に還元しなければと強く感じるものでした。バイオテクノロジーとして資料集や教科書に記載されているのは、主に遺伝子組換え技術やDNAの解析方法で、タンパク質の解析についてはあまり記載されていません。田中博士がノーベル賞を取られた技術がどのようなもので、どのように現在の科学に役立つのか今回初めて気づくことができ、タンパク質研究のおもしろさを生徒に伝えることのできる経験をさせていただきました。また、遺伝子組換え実験も、これまで技術的・金銭的にハードルの高い活動であったため、教科書の内容の中でも生徒が興味・関心をもつ分野であるにもかかわらず、実験が行えないことを私の力量不足と反省しておりましたが、キットがあり、金額的にも実施可能なことから、来年度にむけて準備をおこなう予定です。(今年度は、実施可能な教科をうけもっておりません。) キャンプで学んだことがすべて理解できているとは言えないため、これから自分なりに講座内容をまとめていくつもりです。また、全国の先生方と共に学ぶ機会は、ともすれば現状に甘んじてしまう年齢にとって、大いに刺激となりました。このネットワークをこれからも活用させていただきます。

「サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して」

堺市立堺高等学校 佐竹弥代

私は、これからの若い高校理科教員の皆さんに本プログラム受講を強くお勧めします。理由はいろいろありますが、以下に列挙させていただきます。

【推薦理由】

- ①教師陣が素晴らしく、研究施設も素晴らしい。
- ②ともに学ぶ高校教諭がとても優秀である。
- ③実験・講義内容が最先端である。
- ④宿泊を伴い、開催地が遠い。朝早くから夜遅くまで実験が行われる。
- ⑤課題が厳しく、内容を求められる。受講後も研究を継続し、報告する必要がある。

【①～⑤について説明と所感】

①林教授、片山教授を始めとし、オンライン講義で教科書に出てくるアメリカの遠藤弥重太教授の授業を受講できた。また、国立教育政策研究所の鳩貝教授やJSTの中井調査員等の手厚いサポートがあつ

た。施設も驚くべき規模でした。普通の夏期研修ではありえない事であり、恵まれました。

②人柄も見識も素晴らしい先生方ばかりでした。自分も頑張ろうと心から思えました。本当にありがとうございました。研究会の膨大な教材を提供して下さい、実験にご意見を頂戴しました。今後ともよろしくご指導ください。

③日々、研究が進み、大学の基礎実験内容も変化している。それに伴い、新教育課程では新しい内容を

盛り込んでいるが、実際には現場が追いつかず、机上での学習が大半となる。教師が実際に最先端を

体験し、理解を深めた上で簡便に教育活動にあたるべきである。

④学校に軸足をおいた従来の生活で、純粋に研究に没頭することはなかなか困難である。この研修期間

の間だけは、睡眠時間以外はすべて勉強に取り組む生活ができた。

⑤教師といえど、研修期間は学生の身。課題が厳しいのはつらい。しかし、課せられるものがないと、なかなか人間はがんばれない。きちんと最後まで課題達成を見届ける愛媛大学の誠意に感謝している。

また、受講後、このキャンプで仕入れた内容を生徒や同僚、既知の先生に伝えたい思いがある。きちんと授けていただいたものを堺市の教育活動に還元する必要があると感じている。

今、研修を終えて改めて「ヒトは進歩することを望む生き物だなあ。」という思いを強くしています。昨日の自分よりも1cmでも1mmでも進歩したことに喜びを感じています。現場に戻り、教科指導、学級指導にあわただしい中でも時折、研修のことをニヤリと思い出します。この夏は特別で贅沢な夏でした。

サイエンス・リーダーズ・キャンプ感想

広島県立竹原高等学校 丸川 晋一

林先生を初め実習や講義で多くの指導をいただいた先生方、わけの分からぬ大人たちに親切丁寧にサポートして下さった愛媛大学・大学院の学生の方々、全国から熱い情熱を持って集まった同志である中学高校の先生方、JSTの職員の方々、その他本研修に関わる全ての皆様に感謝を申し上げます。どうもありがとうございました。

私は、広島県教育委員会の推薦という形でこのキャンプに参加しました。実は、昨年も受講を勧められていたのですが、進路指導主事としての仕事も多忙で他の用事も重なったためお断りしていました。今年も忙しいことには変わりはありませんが、参加して本当に良かったと思っています。来年も同様のキャンプを企画されると思いますが、広島で他の先生方に参加を強く勧めておこうと思います。

私の専門は生態学です。学生の頃も白衣など着ることはほぼなく、作業着で泥と水をかぶって研究を行っていました。今回の、実習とは正反対(?)の研究です。生化学や分子生物学の分野の知識や技能が不足している自覚はありましたので、教員になってから積極的に研修を受けたり専門書を読んだりしながら学んできました。大腸菌の形質転換実験も10年前から取り組んできました。しかし、現行の学習指導要領でDNAやタンパク質などの分子がこれまで以上に大きく取り上げられ、そこには未知の内容も多く、自身の知識の浅さを再認識しているところでした。今回、最先端の研究に触れ、多くのことを学ぶことができました。教員としても少し成長できたと実感しています。

初日から、充実したキャンプで、ほぼ全ての実習・講義で時間延長。内容はハードでしたが、時間が流れるのが速くあっという間の4日間でした。私自身は、形質転換や電気泳動の経験があったので、実験内容はスムーズに理解できました。無細胞系の実験は初めてでしたが、操作自体は特別難しいものではなく器具や薬品などの条件さえ整えられれば高校生でも十分に実施できる内容だと感じました。特に、最終日の発表に向けて、班で準備した時間をもっとも重要だったと思います。ひとつの結果に対しあらゆる考えをぶつけ合う。出した結論が正解だったか誤りだったかがはっきりしない部分もありますが、ディスカッションが楽しいものだと思えました。普段の授業で、この楽しさを伝えられているか、自問すると答えはNOです。(知識を)教えることに偏った授業をしています。今すぐは変えられないけれど、いずれは考えることや議論することが楽しいと言える生徒を育てていきたい。そう思えたことが、このキャンプを通して得られたもっとも大事なことのように思えます。

初心に戻る

滋賀県立能登川高等学校 隼瀬憲一郎

平成 26 年度サイエンスリーダーズキャンプに参加して実習、講義、班内での考察と、4日間どっぷり理科漬けの毎日を過ごし、大学時代の大好きだった研究独特の雰囲気を楽しみました。講師の先生方をはじめ、TA や JST の方々には大変感謝しております。また他の理科教員の先生方との交流は良い刺激となり、それぞれお持ちの高度な見識には驚かされました。今は自分がいかに無知であったかを痛感しております。今までの私はというと、勤務先では日々生徒指導や保護者対応に明け暮れ、実験といえば例年通りに決められたものをこなす毎日。他の諸先生方が精力的に理科教育に取り組み、その成果を上げておられるというのに情けない限りです。初任のころは自作模型作りに明け暮れ、ホームセンターやスーパー、実験に使える素材を探す日々を送っていたのに、忙殺されるなかで理科教員としての本分を忘れていました。

今回の研修では、無細胞系タンパク質合成をはじめ、多くの先端技術を学ぶことができ、間違いなく理科教員としての資質向上につながりましたが、私にとって一番の成果は、熱意に溢れていた初心に戻れたことだと思います。それはハードスケジュールにも関わらず、林先生や片山先生をはじめ、講師先生方の熱心な指導に、理科教育に対する真摯な姿勢を見たからだだと思います。また、ともに研修に参加した先生方との熱い討論や分析、考察も、忘れていた探究の楽しさを思い出させてくれました。

この熱意が冷めないうちに、以下のことを今年度中に取り組みでみたいと思います。それぞれが生徒たちの興味関心得て、探究心や学力向上につながれば幸いです。他にも模索中のものがありますが、授業のめどが立ち次第実行します。

化学:「酸化還元反応」・・・酸化鉄とアルミニウムのテルミット反応

水を入れたビーカーの上に三角架と湿らせたろ紙を置き、その上で酸化鉄とアルミニウムの混合粉末を燃焼させる。導火線にはマグネシウムリボンを使用

生物:「自作内耳模型」・・・すでに作成した半規管模型に追加

雨どいを利用して、うずまき細管内のリンパ液の動きを再現する。

来年度使用予定(今年度は生物基礎も生物も担当していないため)

:「陥入模型」・・・すでに作成したものの改良

卵黄腺ができる様子がよくわかるように、風船か着色粘土を用いて、

動的に説明できるもの来年度使用予定(〃)

平成 26 年度 サイエンス・リーダーズ・キャンプを受講して

兵庫県立神戸高等学校 千脇 久美子

今年、SSH の指定校である本校に赴任し、自然科学に興味・関心の高い生徒達にどのような授業や実験を行えばよいものか頭を悩ましていました。また、新課程のどの教科書にも大きくとりあげられている遺伝子関係の実験に対し、自分の力不足を感じていました。そのようなときにサイエンス・リーダーズ・キャンプの存在を知り、幸運にも受講の機会を与えていただきました。研修期間中、愛媛大学の先生や大学院生の方々、JST の職員の方々には、大変お世話になりありがとうございました。

コムギ胚芽を用いた無細胞タンパク質合成は、大腸菌を使わずに試験管内でセントラルドグマを見ることができる画期的な実験でした。操作が安全で簡単、薬品等の準備も実験キットがあるため手軽にできるなど、時間が無い現場には大変ありがたいことです。さらに、この無細胞タンパク質合成が現在、マラリアのワクチン研究など様々なタンパク質研究に欠かせない手法であることも初めて知りました。愛媛大学プロテオサイエンスセンターの色々な研究を見学し、「ポストゲノム時代＝タンパク質の時代」を具体的にイメージできるようになりました。また、愛媛大学がタンパク質分野において充実した研究環境であることや特色ある入試制度と授業カリキュラムを持つこと、研究だけでなく教育活動にも熱心であることなど、進路指導の上で今後参考にしたいことが多くありました。

今回の研修から、発光タンパク質をテーマに物理・化学・生物からの統合的な学習が、興味・関心の高い生徒を伸ばす取り組みになるのではないかと思います。高校生には高度な内容があるかもしれませんが、「発光タンパク質」という共通テーマを各生徒が得意とする分野から調べ、それを互いに報告することで学習意欲を掻き立て、生命現象の多角的理解につながるのではないかと考えています。

3泊4日の大変充実した研修内容を、共に学んだ同僚の先生方の存在は大変大きいものでした。全国から様々な知識を持った先生方に出会い、情報交換をする中で授業の参考になることはもちろん、同じ悩みに共感し互いに励まし合うこともありました。一人の力では限界があることも多くの人の力を合わせれば乗り越えていけることを実験やグループワークを通して改めて気付くことになりました。また、大学の先生方には基本的なことから専門的なことまで丁寧に教えていただき、本当に感謝しています。研究に対する熱意だけでなく教育への関心と理解がしっかりと伝わってきました。今回の研修で出会った大学の先生方や全国の先生方とのネットワークは、今後に活かしていける大きな成果だと思います。

サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

奈良県立奈良北高等学校 長田真範

愛媛大学プロテオサイエンスセンターで実施された「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」に参加しました。開会行事もそこそこに、早速講義内容や実験手順の説明が始まり、遠方出張で少し浮かれ気分だった自分が置いて行かれそうになるのを必死で抑えてキャンプに取り組んでいくことになりました。

実験は、スケジュールびっしりで夕食後9時を過ぎるのも当たり前、学生時代に経験した終わりの時間を無視した日々を思い出させてくれました。久しぶりにマイクロピペットを使って少し緊張したこともあり、最初は要領を得なかったですが、生徒にさせている側でなく自分でやる側だったので、次第に楽しく進めていくことができました。大腸菌のコロニーやマイクロチューブの中で光る蛍光タンパク質が光るようすは想像以上に明るく、きれいにはっきりと光ったので(光って当然なのですが)感動しました。これほどはっきり光っているのがわかるなら、「無細胞タンパク質合成キット」を高校の実験でも使えるなという印象を持ちました。

ポスター発表では、自分の発表について他校の先生方の意見を聞いたり発表者に直接質問をして、有意義に過ごすことができました。各先生方の発表はユニークなものが多く、学校現場でいろいろ試行錯誤されていることがよくわかって、勇気づけられました。

大学内の研究室見学は、非常に充実した内容で、大学を離れてからこれほど中身の濃い説明と見学は初めてでした。愛媛大学でマラリアの研究が行われているということも全く知りませんでした。最先端の研究が自分の想像していたものよりかなり進んでおり、久しぶりに研究者が熱心に取り組まれている雰囲気を感じることができて、「大学でこんなことが研究されているよ」と高校生に伝えてあげたくなりました。特に生きたまま生体内を見ることができると紹介していただいたとき、驚きを隠せませんでした。機器が億単位の金額であるということもさることながら、本当に細胞が生きていて動きのある状態で映像化することができるので、医学分野にかなり大きく貢献しそうだと思えることができました。研究室のスタッフの方々の説明も丁寧で、自分の仕事を止めて行っていただき大変恐縮しましたが、研究者本人の説明はわかりやすく質問にもすぐに答えていただけたので充実感がありました。なりより研究者の研究に対する意欲が感じられ、見学中、そのパワーにずっと押されていたというのが一番の印象です。

今回の3泊4日のキャンプに参加して、自分自身が自然科学に対する関心・興味をもつことの大切さをあらためて思い起こさせてもらえる貴重な経験をさせていただいたと感じています。4日間、非常に内容の濃いプログラムに参加させていただいて感謝しております。担当の先生方、JSTの皆様をはじめ多くの関係スタッフやTAの方々に支えられた4日間でした。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

長野県伊那北高等学校 大石 英一

今回このサイエンス・リーダーズ・キャンプに参加できたことをうれしく思います。4年前、片山先生との出会いから、前任校(山梨県立甲府東高等学校)理数コースでこの実験を行い、生徒が感動し良い教材であると実感しました。その後キット化を願っていたところ実現しました。今年新課程の「生物」を担当することになり、授業でやってみようと思っていました。また2年前、現任校のある長野県上伊那地区の研修会で新課程の指導について議論している中、この実験が気になるという先生がいて、この実験をみんなでいつか体験してみたいということで、今年の夏休みにでも研修会を開催してみるかという話にもなっていました。そんな中、サイエンス・リーダーズ・キャンプのこの講座への参加の話があり、さらに理解を含めて先生方にいろいろお伝えしなければ恥ずかしいという思いで参加を決意しました。このサイエンス・リーダーズ・キャンプの講座が開催されていることは以前から知っていましたが、他の講座への参加や他の校務でこの2年間は参加できませんでしたが、いつか参加したいと考えていたところようやく実現しました。

愛媛大学の4日間は、復習していろいろ思い出すこともあれば、新たに学ぶことも多かったです。カンジダの仲間が他の生物と異なるコドンをもつことや、マラリアの研究に無細胞タンパク質合成系が適していることなどは、新たに学ぶことでした。また、大学時代、ヒトやマウスの膜タンパク質の大量発現を大腸菌で行うまくいかなかったことや大学院生時代扱ったGFPについても改めてじっくりお話が聞けたことなど、昔を思い出しながらも、現代の技術進歩を実感するすごく貴重な時間を過ごすことができました。長野県の教員になって10年になりますが、本当の意味で初心に帰ることができました。この仕事に就くにあたって、自然科学の楽しさを伝えたいとか、楽しさを知ってくれた子どもたちには、本物を見せて、自分の果たせなかった自然を解き明かすという挑戦をしてほしいそんなことを思って教員になろうとしていた自分や、それを実践しようとしていたことを思い出しました。愛媛大学の先生方、片山先生は本当にこの実験を通じて子どもたちに本物を見せたいと思われていて、われわれ高校教員がそれを共有して広めてほしいと願っているという強い思いがひしひしと感じられました。

地元に戻り、つい先日上伊那地区の研修会も無事終わりました。別の報告に詳細は書きますが先生方も沢山来ていただき、皆さん感動していました。今度は生徒に対しても行い、その様子を皆さんと共有していきたいです。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

長野県須坂高等学校 渡辺 祐介

最先端の科学技術を体験できるこのキャンプに、ぜひ参加したいと考えました。申し込む際は生物に関係する内容で希望を出したのですが、愛媛大学に決まってから、内容を詳しく調べてみました。細胞の中で行われているはずの転写・翻訳を、細胞が無い状態で行うということでしたが、そんな実験を体験できることが本当に待ち遠しく感じました。

最初に林先生がお話しされて、「理科は実験・観察やらなきゃつまらないでしょ?」と言われたのですが、進学校でそれをどうやっていこうかと常に考えて工夫をしていることだったので、学生に戻った気分で、心から共感しました。

ということで、4日間、実験や講義に本当に真剣に取り組めました。長年、教員をやっていて、研修等で講義を受ける側になることはたびたびありますが、こんなに興味を持って、今まで自分の知らなかった内容を勉強したことはあまり無かったような気がします。特に、私は生物学科卒業(卒業論文はゾウリムシの時計遺伝子)でありながら、学生時に自分では電気泳動をやったことがありませんでした。今回のキャンプでは、DNA やタンパク質の電気泳動について詳しく教えていただき、本当によく理解できました。DNA の塩基対数など、目では数えられないものを、このようなしくみでかなり正確に知ることができて、それが実際に遺伝子を結合できたかどうか確かめる手段にもなり、驚きました。

オワンクラゲの GFP や、サンゴの RFP が大腸菌によって合成されるだけでも驚きでした。しかし、さらに大腸菌を使わずにコムギ胚芽抽出液で GFP, RFP が合成されて光ったときは、素直にうれしかったです。愛媛大学では、多くの有用なタンパク質を作るために、この技術が盛んに活用されていることを聞いて、世界的にもっと注目されてもいいような気がしました。恥ずかしながら、勤務校で使っている啓林館「生物」教科書に、詳しく載っていることも教えていただき、これはぜひ生徒実験で扱おうと実感しました。また、さらっとお話しされましたが、林先生が、GFP や RFP 遺伝子の塩基配列を少し変えて、青色や黄色の蛍光タンパクを、作り出していることもとんでもなくすごいことなんじゃないかと思いました。

キャンプでは実験以外にも、貴重な講義、施設での説明等をたくさん聞かせていただきました。どれも驚くものばかりだったのですが、特に、坪井先生のマラリアワクチンの研究については、今すぐにも何かお手伝いをしたい気持ちになりました。40年間研究してきても、薬はできたが、予防接種がなかなか完成しない。そこで、マラリア原虫特有のタンパク質をワクチンとして使おうということでした。しかし、マラリアのゲノムは解読されているのに、その遺伝子が大腸菌内では働かず、マラリアのタンパク質を大量に得ることができない。しかし、小麦胚芽無細胞系合成法ではすんなりタンパク質ができたとのことでした。コムギ胚芽は遺伝子の好き嫌いが少なく、どんな生物のタンパク質も作れるということで、本当に素晴らしい技術なんだと思いました。

マラリア原虫が、ヒトの赤血球の内で増殖することや、どちらかというと植物に近く、除草剤が有効なことなど、新しく知ることばかりで本当に楽しかったです。

他の仕事の段取りをつけるのが本当に大変でしたが、それを補って余りある夏休みの4日間でした。毎年、参加したいというのが本音です。

今回は、林先生を初めとする愛媛大学のみなさま、片山先生、JST のみなさま、学生のみなさん、本当に勉強になりました。どうもありがとうございました。お世話になりました。高校現場で、生徒が理科に興味を持つようにさらに頑張ります。

平成26年度 サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

岡山県立玉島高等学校 大嶋成幸

管理職に勧められ、自分でも年齢的に最後のチャンスと思い申し込みはしたものの、リーダーズキャンプというネーミングや届いたしおりの「合宿の概要」を読むと、自分にできるかという不安でハラハラドキドキだった。特に課題となっていたポスター作成の参考にしようと、しおりに載っている前年度のプレゼン中の画像を見れば見るほど、それに写っているポスターは素晴らしい完成度で気後れした。が、生徒のために参加しようという思いでなんとか欠席することなく愛媛大学に着いた。林先生からのイントロダクションで「エンジョイサイエンス」や「観て察する」「実さい験して」の話を伺っていると、少しずつ気持ちが落ち着いてきた。

3泊4日にわたるキャンプの中で多数の実習を行った。PCRによるDNAの増幅や電気泳動も知識としては知っていても実際に行ったことはなかった。また、講義も多岐にわたっていたが、中でも印象に残った事柄は、植物であるコムギが動物であるオワンクラゲのタンパク質を無細胞で合成していることだった。遺伝情報の解読の仕組みはどの生物も同じということも知っているし、大腸菌に GFP を作らせることも知ってはいるが、驚きだった。別の講義で、酵素分子の立体構造のゆらぎによって、酵素に結合した基質の共有結合をひずませて切断するのを LEGO ブロックにたとえられていたのもおもしろいと思った。

隅田先生の才能教育のお話は興味深く、リバティ中学校の才能教育コースの生徒の話はもう少し詳しく伺いたかった。

新学習指導要領では、より生命を学習する内容がとりあげられるようになったり、教科書も大幅に改訂されたりと高校の生物教育界も変化が激しい。そんな中で分子生物学の最先端の一部を垣間見させていただいたことは大変貴重な体験となった。プロテオサイエンスセンターや、医学部の研究施設を見学させていただいたことは大いに参考になったし、教員として最先端科学やより高度な知識を吸収し続けなければならないという思いを新たにした。

実習で行ったコムギ胚芽無細胞タンパク質合成の実験は、林先生のご配慮により、8月末に岡山県総合教育センターで行った研修講座で、県内高校の生物教員に紹介することができた。参加者は十数名だったが先生方には大変好評だった。この実験はバイオハザードや生命倫理の問題がないのも生徒実験に適している。セントラルドグマを理解させるのに素晴らしい教材だと思う。機会があればさらに多くの先生方にこのキットを知らせていきたい。

最後に、林秀則先生を始め愛媛大学の先生方、片山豪先生、TAの学生やJSTの皆様にご挨拶いたします。ありがとうございました。

平成26年度 サイエンスリーダーズキャンプに参加して

岡山県立津山高等学校 教諭 國定 義憲

今回のキャンプは、岡山県教委からのキャンプの紹介と推薦での参加でした。普通科進学校はどことも同じと思いますが、補習授業の期間中、そして三者懇談の期間中でもあり、キャンプ参加までの日程は非常に厳しいものがありました。三年生の担任であったこともあり、午前中4時間の授業をし、夕方7時頃までは三者懇談という日程を終えての参加でした。

今回の内容は教科書で教えながら、実際に自分でする機会の無かった内容でした。PCRのしくみなどを授業で話しながら、実際に自分では行ったことのない分野であったので、キャンプの内容には非常に興味を持っていました。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系についても興味深く、楽しみにしていた内容でした。現場で授業を行いながら、転写・翻訳について映像で見せることはできても、実際に目的とするタンパク質が合成される課程や合成されたタンパク質を確認する方法には出会えず、生徒にとっても知識を習得するだけの分野になってしまっていたと思います。これほど簡単にマイクロチューブの中で転写・翻訳が進み、タンパク質が合成されていく様子を生徒に経験させることができるのは驚きであり、今後の授業を考えて行く上で、非常に効果の高い実験を知ることができたと喜んでいきます。高校で実習を行うには予算等の大きな制約があり、今回行った全て実施することは難しいですが、コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系については、本校でも実施できないか考えて行きたいと思います。

教育課程が変わり、分子生物学分野について新しい内容を生徒に指導しなければならなくなり、今回のキャンプで行った内容は、経験しておくことが必須の分野と考えていました。厳しい日程の中ではありましたが、参加させていただいたことで今後に生きる内容をいただけたと思っています。

また、プロテオサイエンスセンターだけでなく、医学部の研究施設を見学させていただいたり、ご説明いただけたことは本当に大きな収穫でした。高校生物教員の授業で行う内容が、理・工・農学部だけでなく、医学研究にどうつながるか指導していく手がかりになりました。短い時間でしたが、非常に勉強になった見学でした。

4日間の日程を夏休み中に確保するのは、私にとって厳しいものでしたが、今回のキャンプの4日間は、参加までの労力と比べても余りある収穫を得られたと思っています。今回学んだことを、今後生徒に還元していけるよう、今後も勉強していきたいと思っています。

「サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して」

熊本県立第一高等学校 穴見 美希

タンパク質の質量分析に関するノーベル賞受賞からわずか数年で、装置は研究機関に普及し、タンパク質解析に一般的に用いられている。装置の原理の理解や有用性、分析結果の考察には物化生の各分野の知識が必要にもかかわらず高校の理科は4分野にきれいに分けられ、科目を履修しなければ、その分野は未習得のまま生徒は次の段階へ進み、そのフォローが大学に積み残されていく。しかし、現行の教育課程では十分な授業時間を確保できず、また、基本的知識が不十分な生徒に高度な知識を教えても仕方がないと勝手にあきらめていた。

今回、タンパク質や DNA については高校生程度の知識しかなく、大きな不安を抱えての参加で、「細胞内で起こっている反応を実験し、しかも可視化する」ことは専門外の者にとっては信じがたい体験だった。しかし無細胞タンパク質合成技術がこの実験の高校での実施を可能にしている事実を知り、これまで最先端技術と教科書の古典的学習を切り離していたことが、様々な授業の可能性を閉ざしていたことを痛感した。コムギ胚芽抽出液ならばキットを用いて安心、安全に実験でき、しかも植物や原始的生物から人間まで遺伝情報解読のしくみは万物共通という生命の不思議を感じる事ができる。最新技術とは、先端研究の現場でのみ使われるものではなく、教育現場の可能性まで広げてくれるものだと感じた。さらに、キャンプで高度な内容の講義を受け、実験を経験していく過程で、曖昧模糊としていた自分の知識が徐々に明瞭になり、理解が深まっていくことを実感した。そして、マラリアワクチン研究などの講義を受けることにより、雲の上の話と思っていた研究が高校の授業の延長線上にあるものだと気づいたときに、生化学についてもっと勉強したいという思いが生まれた。教師が最先端の研究、教材に通じ、それを教えるスキルをもつことで、今回私自身が体験したように生徒の知的好奇心を刺激することができるかもしれない。進学校、専門高校など高校現場の状況は多様で、「生命を理解するための教育」の目的、実践方法は学校により大きく異なるが、DNA や RNA のはたらきが実験現象として確認でき、さらにそのしくみが理解できたときの感動はすべての生徒に味わってもらいたいものであり、そこから感じられる生命の神秘や尊厳は、生徒の進路にかかわらず共通して伝えなければならないものである。また、今回のキャンプでは、現在の大学教育、研究に関する情報を得られたことも高校教師として生徒の将来を考える上で大いに参考になった。自分の狭い見聞の範囲内でしか進路指導を行っていなかった怠慢を深く反省した。

最後に、キャンプに際しご尽力下さったすべての関係者の皆様に改めて感謝申し上げます。ありがとうございました。

サイエンス・リーダーズ・キャンプ感想

京都市立西京高等学校 宮越 敬記

今回、サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して、多くの刺激を受け、今後の教育活動において大きな分岐点になると感じています。

まず、「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、参加者の先生方が日ごろ様々な工夫を凝らして実践されていることを感じました。同じ実験であっても、より生徒にわかりやすく、より簡単な操作で行える教材の開発を心がけていこうと思いました。

次に、大学の先生方の講義や研究室の見学です。最先端の科学を研究なさっている先生方は話し始められると話が終わらないのではないかと思うくらい、その研究に対する情熱がよく伝わりました。また、研究室の見学では日ごろ見ることのできない実験機器や施設を見ることで、先端技術に触れていることを感じました。

最も大きな刺激としては、実習です。現在の分子生物学の基本であるセントラルドグマを実験室で体験できたことが今後の授業を変えることになると思います。今までは本で読んだ知識の伝達でしかなかった講義でしたが、実際に自分が実験を行ったことで、より具体的に講義を行うことができ、生徒の理解の向上につながると思います。また、今回体験した実習内容の一部でも生徒の実習に組み込めば、今までの講義だけの授業を改善できます。キャンプを終えた今、実際の生徒を相手にこの実践を行うことを楽しみにしています。

また、最終日のグループ発表では、データの解析を行い、結果を考察する過程で、様々な領域の知識が必要になりました。特に発光のメカニズムの考察には、タンパク質の構造と量子化学の知識が必要となり、これまであまり触れなかった領域に接することとなりました。キャンプ後の事後課題において、量子化学に特に興味を持ちましたので、今後少しずつでも学んでいこうと思っています。私自身がそうであったように、生徒もこの実習内容の一部でも体験することで、何かしらの興味関心を持ってくれ、このことが将来の進路決定に役に立てればと思います。

今回のキャンプに参加して、最新の生化学を学ぶことができましたが、今後も積極的にこのような機会を生かし、自己研鑽に励んでいきたいと思っています。また、参加者の先生方の学校や地域の様子などを交流させていただき、このつながりを今後も大切にさせていただきたいと思いました。

最後に、林先生をはじめ多くの先生方、TAのみなさま、JSTの関係者の方々の多大なるご尽力のもと、今回のキャンプが開催されていることに大きな感謝をしております。今後もこのような機会を設けていただき、多くの先生方が参加されることで、日本の理科教育が発展することを望んでいます。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

広島県 安田女子中学高等学校 柳沢温郷

本校はSSH3年目を迎える学校です。従来から広島大学の先生を講師にお迎えし、高校1年生を対象に近くの広島城に生えるタンポポを使った在来種と外来種のDNA鑑定の実験を実施していましたが、せっかくの既存機器を更に有効利用させるために、今回この研修会に参加させていただき、実験のノウハウや可能性を吸収しようと考えました。

私自身化学の教員のため、タンパク質やセントラルドグマ等の内容について、ある程度の知識がありましたが、マイクロピペットの使い方や電気泳動のやり方など実際の実験テクニックについては全くの素人でした。実際講習1日目は、マイクロピペットの扱いにとっても戸惑いました。しかしながら夜に形質転換により大腸菌のコロニーが緑や赤に光った様子を見たら、「ああこれが遺伝子工学だ！！」と素直に喜び、講義で林先生も触れられた「大腸菌とオワンクラゲが同じ遺伝暗号をつかっている証拠 - セントラルドグマ」を実感しました。

プロテオサイエンスセンター等の見学では、まさに最先端の研究設備を見せていただきました。特にコムギの胚芽抽出液を使ったマラリアの研究が愛媛大学で盛んにおこなわれている理由がよく理解できました。また私自身HPLCを多少使っていた関係上、医学部での最先端のLC-MSを見学した時には、大変興味深く思いました。

3泊4日の研修を終わり、分子生物学について最先端の内容を興味深く勉強させていただいたと感じると同時に、大腸菌等を使わない無細胞系のタンパク質合成が、学校現場においても環境汚染等にそこまで気を遣うことなく実施できるという手ごたえを感じています。しかもそれが実験キットにより、「DNAがなければmRNAが合成されない」「mRNAがなければタンパク質が合成されない」ということを、GFPタンパク質の発色の有無で確認できます。

これを学校現場で有効に活用するためには、それに応じた時間配分、学校内での協力体制・理解も必要ですが、単に生徒を大学に連れて行って施設を見せるといった取り組みではなく、「教科書に載っている最先端技術を、身近な教員が生徒に内容を理解させながら指導して実施する」という形が、少しずつでも身近な形として実現できそうな気がしています。

このような有意義な4日間を過ごせたのも、多くの準備をし、また丁寧に指導して下さった林先生をはじめTAなど多くの方々のおかげだと思っています。本当にありがとうございました。

「サンエンス・リーダーズ・キャンプを終えて」

名古屋市立北高等学校 八木 歩

現在の勤務校では、生物を教える機会がないとは思いますが、化学の教科書にも DNA について少しだけですが掲載されているので、愛媛大学での研修を志望しました。セントラルドグマについては、講師時代に2年間教えたことはありますが、教科書の内容を説明して授業するのがやっとでした。今回の研修で、転写、翻訳の仕組みについて理解することができました。実験の操作自体はそれほど難しくなく、実験書に書いてある通りに進ませればできたのですが、知識がないので実験の内容をすべて理解することはできませんでした。期間が限られている中で複数の実験を行い、一つ一つの実験では時間を置かなくてはならないものもあり、待ち時間に別の実験を始めたりして混乱してしまったこともありました。生徒実験で複数の実験を行うときは、生徒が混乱しないように気を付けながら設定をしていかなくてはいけないと思いました。また、それぞれの実験でトラップが仕掛けられているとのことでしたが、知識がない分、実験の結果がどうであれ、こうなるものだと思ってしまいました。なので、どの班も同じ結果になるように、教科書の内容を実験によって確認できるような実験を設定することも大切だと思いました。その後、生徒のレベルによっては、自分たちの知識や教科書の内容と実験の結果が異なるような場合も、考察できるように仕向けていくのもいいと思いました。

今回の研修で行った、DNA の転写、翻訳の実験は現在の勤務校で行ってみようと思います。生物を履修しているのは理系だけですが、その中でも、2年特進クラスの生物選択者で行ってみようと思生物の担当教員と話し合いました。理系の一般クラスに比べると特進クラスはやる気はあるのですが、物理が苦手なので生物を選択したという者が多いので、どのように行っていくか考えていかないとけません。器具等も揃えられるか調べた上で、3学期には実験ができるように詰めていきたいと思っています。

今回の研修では、全国の教員と交流することができたのも大きな成果だったと思います。SSH校やレベルの高い高校の先生方が多く、みんな知識が豊富なので、いい刺激になりました。最終日の発表では、同じ班にプラスミドDNAについて研究してきた先生にすべて任せてしまいました。発表を聞いてやっと理解できたこともありました。生徒実験を行うまでに、もう少し勉強しようと思います。

サイエンスリーダーズキャンプに参加して

東京都立葛西南高等学校 吉岡智春

研修参加に関しては、興味深く面白い内容であるけれども迷いが正直ありました。しかし、無細胞系でタンパク合成ができるキットがあることを知り、是非自分で経験したいという気持ちが勝り、管理職に打診したことがまず最初の一步でした。その後、参加許可の通知が届き事前課題も提示される中、だんだん各県から推薦で参加されるすごい先生方が大勢いるのだらうと、とても気おくれして不安が募っていったことを覚えています。

そして実際研修終了後の第一の感想が本当に充実した楽しい?! 4日間だったということです。

充実し楽しかった内容としてはまず実験後、自分達でディスカッションができたことです。同じ班の先生方だけでなく、参加なさった先生方と異なる視点から話ができただけでなく、とても有意義でした。今まで自分が参加した場合研修では、実験後は講師の先生からの話で終了という形式が多かったので、実際実験結果に関して考察を自分で考える機会があることはとても良い経験になりました。ただもう少し時間が欲しかったです。そして改めて「観察」「実験」「考察」このサイクルが大切だと痛感しました。現在全員必修の授業では講義が多く、実験を行ったとしてもしっかりと考察する時間が取れない状況です。このスタイルを何とか工夫し、改善していきたいと思いました。

次に先生方の講義です。隅田先生の話聞いて、日本ではまだまだ画一的な物差しで図っている場合が多く、才能ある生徒の才能を伸ばす環境が整っていないと感じました。それと同じく林先生の話では「トップを伸ばし、底辺を広げる」このことは日本でもっと力を入れて取り組むべきだと思いました。高井先生の遺伝暗号に関する話では衝撃を受けたことを覚えています。生命の偶然というか必然の現象がとても不思議で神秘的だと改めて思いました。本当に生き物って何なのだろうと再び考えてしまいました。

「Enjoy Science」「自分が楽しまなければ」という言葉がとても力強く、自分を後押しをしてもらった感がありました。今後もこの無細胞系タンパク質合成の実験を始め様々な実験を行っていきたくと思いました。

最後に実験は準備が大変だと思います。その準備を朝早くそして夜遅くまでTAの方や愛媛大学の先生方がキャンプが始まる前からお膳立てしていただき、当日もほとんど実験という作業だけをすればよい状態になっており、至れり尽くせりの状況に感謝しています。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に参加して

滋賀県立八幡高等学校 富田 鮎美

今回のサイエンス・リーダーズ・キャンプに参加したことは私にとって非常に大きな財産となりました。

日々の授業をしながら感じることは生徒の『目に見えないものは信じない』という姿勢であり、生活経験の乏しさや見えないものをイメージする力がなく、目に見える世界から目に見えない世界まで幅広く取り扱う化学は嫌われる存在ということでした。生徒に「化学なんていらない！！」と言われる度に悲しくなりながら、「じゃあ薬もスマートフォンも食べ物もない生活をする？今の便利な生活を捨てられるの？」と返し取り敢えず勉強に向かわせるような状態。『こうしたら少しでも生徒に興味を持ってもらえるかな…』とできるだけ生徒の日常生活と関連付けながら展開するようにと心がけてももとの生活体験が乏しいために生徒はポカーンとしているかその場の面白さにばかり…。そんな中で私自身の知識や最先端技術に対しての体験を深め、生徒が楽しめる教材を考えるヒントにしたくて今回参加したのでした。

久しぶりに体験する学生の立場…。4日間という短い期間の中でできるだけ多くのことを得られるよう作られたプログラム…。自身の理解力が追い付かず、その場その場で学んだ内容を自身の中で消化していくことは大変でしたが、本当に楽しい時間でした。「もっと時間が欲しい…」と言いながらテキストや配布資料を読み直した時間も日々の仕事に追われる今から思うととても幸せな時間だったと思います。自分たちでライゲーションしたプラスミドが組み込まれた大腸菌が光ったときや五輪カラーの大腸菌、目の前でセントラルドグマが再現されたときの感動はずっと忘れられない経験となりました。実験室を暗くして光る大腸菌を確認した時、誰よりもキャーキャーと幼い子供の様にはしゃいでいました。

また今回のキャンプは普段の授業で内容を盛り込みすぎてないかを自身に問いかけるいいきっかけともなりました。やっておかなければならない内容が目につき、焦って授業している自分がいなかった。

今回このような機会を与えてくださったすべての方々に感謝し、今回得られたものをたくさんの生徒たちに還元できるよう今後も努力していきたいと思っています。

「スキルアップに繋がられた4日間」

板橋区立高島第一中学校 向 雅生

私にとって、今回のサイエンス・リーダーズ・キャンプに参加したことは、理科教師としてスキルアップできる良い機会を頂いたと思っています。

なぜなら、これまで、普段の生活では校務などで追われ、大学などで行われている最先端の研究に触れる機会はなかなかありませんでした。特に、中学校の理科では、基礎的な学習内容であるため、専門的に踏み込んだ内容の授業を行うには常に情報収集や学ぶ意識を高めておかないと容易なことではありません。しかし、本キャンプの以下の内容により、理科教師としてスキルアップに繋がられたと思います。

まず、本キャンプの事前課題として、DNA 鑑定を題材とした新たな授業プランや指導法を考えることで、中学校の学習内容としては一歩踏み込んだ専門性のあるものを作成することができました。そして、それをポスターセッションし、いろいろな先生方からアドバイスを頂いたことで、さらにブラッシュアップできたので、ぜひ実践していきたいと考えています。しかし、一般の公立中学校では、発展的な授業を行うには設備や予算などの面に大きな課題があるため、今後大学や企業などと連携し、協力を得ながら進めていくことで解決していきたいと考えています。

次に、愛媛大学という最先端の研究が行われている現場で、実際にそれに携わっている先生方から直接、実験の手ほどきや講義を受けることができたことです。無細胞系タンパク質合成をはじめ、多くの新しい知識や実験技法にふれられただけでなく、オンライン講義でアメリカの遠藤弥重太教授の授業を受けられたことにも感動しました。また、個人的には、興味があったマラリア原虫の研究室訪問できたことや、講義懇親会で坪井教授から海外でのフィールドワークの話をも直接聞いたことも良い経験になりました。これらのことを通して、たくさんの刺激を受け、本で読んだ知識でなく、体験を伴った実のある見識が得られたと思います。このことは、授業で生徒たちに、直接または間接的に今後伝えることで、深みのある話ができると思います。

また、本キャンプでは、久しぶりに学生の立場に戻り、素晴らしい先生方と一緒に4日間を過ごせたことです。朝から晩まで、実験や講義、課題と集中力を維持するのが辛かったことも正直ありました。しかし、班の仲間と寝食を共にしながら、励まし合うことで、乗り切ることができ、有意義な研修にすることができました。各都道府県から集まった優秀な先生方と一緒に学べたことが私にとっては一番の財産になったと思います。今後、いろいろな場面で行政の枠を超えた情報交換や協力関係を作っていけたらと考えております。

最後に、林教授、片山教授をはじめ多くの先生方、TA の皆様、JST の関係者の方々には、本当にお世話になりました。また、このような機会を与えて頂いたことに心から感謝しております。今後の課題として、理科教師として更にスキルアップし、微力ながら理科教育に貢献することで、本キャンプでお世話になった方々に、少しでも恩返しができればと思います。ありがとうございました。

e-ラーニングのサイトのトップページ

日本語 (ja) ▼

2014-平成26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](#) ▶ [その他](#) ▶ [2014年度](#) ▶ [2014-scienceleaderscamp](#)[編集モードの開始](#)

本コースは、独立行政法人科学技術振興機構が主催し愛媛大学が実施する教育プログラム「平成26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」のためのコースです。

 [ニュースフォーラム](#)
 [実験観察資料集 2013版](#)

- 2月4日 [キャンプ後の取り組みに関するアンケート](#)を掲載しました。
- 11月18日 [キャンプ後の取り組みに関するお願い](#)を掲載しました。
- 11月17日 [フォーラム\(キャンプ後の取り組み\)](#)を追加
- 10月20日 [ムービーのアップと希望調査](#)
- 10月13日 [ムービーのアップとフォーラム](#)の追加
- 10月7日 サーバー障害のお知らせ、キャンプの映像のアップ
- 9月12日 DNA抽出実験のムービーをアップしました。
- 9月12日 [課題](#)を掲載しました。
- 9月11日 翻訳実験簡易版の [ムービー](#) をアップしました。
- 9月 3日 [実験資料集をアップしました。\(参考資料\)](#)
[愛大ホームページの記事にリンクしました。\(参考資料\)](#)

 [平成26年度サイエンスリーダーズキャンプ、キャンプ参加後の取り組みについて](#)

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\(授業実施、事例紹介など\)](#)

授業の実施や研修会などでの紹介例を投稿して下さい。またそれに対するコメントもどんどん投稿して下さい。

 [参考資料](#)

各種資料をアップします。ご意見、ご要望をお知らせ下さい。
利用の際は著作権等にご配慮下さい。

 [翻訳実験簡易版説明用DVD \(ダウンロード\) 280MB video/mpeg](#)
 [DNAの抽出と検証\(ダウンロード\) 265.8MB video/mpeg](#)
 [実験操作などの映像](#)

DNAやタンパク質の実験に関するムービーや画像をお持ちでしたらこちらにアップして下さい。ただしサイズの上限は20MBです。それを超える場合はお知らせ下さい。
実際に使われた様子なども一緒にお願いします。

 [キャンプ後の提出物](#)

こちらへの投稿の一部は[フォーラム「キャンプ後の取り組み」](#)に移動しました。

トピック2 キャンプの映像

キャンプの時の映像などを試験的にアップします。

閲覧用(ダウンロードも可能)の640×480のサイズのものと同ダウンロード専用の1280×720のものがあります。

まず最終日のチームGの成果発表です。見た感想や使い勝手などを書いていただけると嬉しいです。

今後、順次アップする予定です。

 [キャンプの映像のダウンロードおよび意見交換](#)

-  [SLC2014 成果報告 チームG\(視聴およびダウンロード用\)](#) 370.4MB video/mp4
-  [SLC2014 成果報告チームG\(ダウンロード専用\)](#) 340.6MB video/x-ms-wmv
-  [SLC2014 成果報告 チームB\(視聴およびダウンロード用\)](#) 184.8MB video/mp4
-  [SLC2014 成果報告 チームB\(ダウンロード専用\)](#) 244.8MB video/x-ms-wmv
-  [SLC2014 成果報告 チームR\(ダウンロード専用\)](#)
-  [SLC2014 成果報告 チームO\(ダウンロード専用\)](#) 367.8MB video/x-ms-wmv
-  [SLC2014 成果報告 チームW\(ダウンロード専用\)](#) 828.3MB video/x-ms-wmv
-  [SLC2014 講義\(8/2\): 遠藤-前半\(視聴およびダウンロード用\)](#) 581.6MB video/mp4
-  [SLC2014 講義\(8/2\): 遠藤-前半\(ダウンロード専用\)](#) 579.4MB video/x-ms-wmv
-  [SLC2014 講義: 遠藤-後半\(視聴およびダウンロード用\)](#) 613.7MB video/mp4
-  [SLC2014 講義: 遠藤-後半\(ダウンロード専用\)](#) 705.2MB video/x-ms-wmv

トピック 3

講義「生体分子って何？」—授業

—生体分子を視てみよう！パソコンで触ってみよう！—

 [Lecture-Koga-140731-Introduction-Site-140731-Final](#)

授業の説明

 [Experiment-Koga-140731-CG-140731-Final](#)

演習-140731

 [Method-Koga-140731-Final](#)

操作方法

 [PDB-Data-140731](#)

PDB-Data-140731

 [Accelrys](#)

DS Visualizer 1.6 - そのまま起動できます

Accelrys 社のご厚意により、

学校のパソコンなどで、インストールせずに起動できる、DS Visualizer 1.6 のソフトをここに掲載しています。学校のパソコンなどでは、ダウンロードし解凍後、DS Visualizer 1.6 の中の bin の中の DSVisualizer (アプリケーション)をクリックしてください。そのまま起動させてご使用ください。

このソフトの2次利用を禁止します。皆さんの「個人使用のみ」が認められています。

 [setupdsv16](#)

DS Visualizer 1.6 - 学外パソコンへのインストール用

Accelrys 社のご厚意により、

DS Visualizer 1.6 のインストール用のソフトをここに掲載しています。各自、個人用のパソコンにダウンロードし、個人用のパソコンにインストールした後にご使用ください。必要であれば、setupdsv16.exe に名前を変更してインストールしてください。ただし、windows 7 (64bit)では使用できませんのでご注意ください。

このソフトの2次利用を禁止します。皆さんの「個人使用のみ」が認められています。

トピック 4

講義「生体分子って何？」—資料

各コンテンツの表示回数

2014-平成26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](#) ▶ [その他](#) ▶ [2014年度](#) ▶ [2014-scienceleaderscamp](#) ▶ [レポート](#) ▶ [活動レポート](#)

2014-平成26年度サイエンスリーダーズキャンプ【正課外】

2013年 04月 3日(水曜日) 10:51 以降のログより計算しています。

活動	表示	関連するブログエントリー	最終アクセス
<input type="checkbox"/> ニュースフォーラム	186	-	2015年 03月 10日(火曜日) 13:52 (1 時間 18 分)
<input type="checkbox"/> 実験観察資料集 2013版	2	-	2015年 02月 15日(日曜日) 15:19 (22 日 23 時間)
<input type="checkbox"/> 平成26年度サイエンスリーダーズキャンプ、キャンプ参加後の取り組みについて	244	-	2015年 02月 16日(月曜日) 09:11 (22 日 5 時間)

トピック1 キャンプ後の取り組み

<input type="checkbox"/> キャンプ後の取り組み(授業実施、事例紹介など)	559	-	2015年 03月 10日(火曜日) 15:08 (2 分 7 秒)
<input type="checkbox"/> 参考資料	228	-	2015年 03月 10日(火曜日) 13:53 (1 時間 17 分)
<input type="checkbox"/> 翻訳実験簡易版説明用DVD (ダウンロード)	34	-	2015年 02月 27日(金曜日) 18:40 (10 日 20 時間)
<input type="checkbox"/> DNAの抽出と検証(ダウンロード)	10	-	2015年 03月 7日(土曜日) 15:07 (3 日)
<input type="checkbox"/> 実験操作などの映像	32	-	2015年 02月 26日(木曜日) 15:29 (11 日 23 時間)
<input type="checkbox"/> キャンプ後の提出物	285	-	2015年 03月 10日(火曜日) 13:54 (1 時間 16 分)

トピック2 キャンプの映像

<input type="checkbox"/> キャンプの映像のダウンロードおよび意見交換	124	-	2015年 03月 9日(月曜日) 09:46 (1 日 5 時間)
<input type="checkbox"/> SLC2014 成果報告 チームG(視聴およびダウンロード用)	15	-	2015年 02月 26日(木曜日) 15:34 (11 日 23 時間)
<input type="checkbox"/> SLC2014 成果報告チームG (ダウンロード専用)	14	-	2015年 02月 4日(水曜日) 14:35 (34 日)
<input type="checkbox"/> SLC2014 成果報告 チームB(視聴およびダウンロード用)	6	-	2015年 02月 26日(木曜日) 15:35 (11 日 23 時間)
<input type="checkbox"/> SLC2014 成果報告 チームB(ダウンロード専用)	2	-	2014年 12月 15日(月曜日) 10:11 (85 日 4 時間)
<input type="checkbox"/> SLC2014 成果報告 チームR(ダウンロード専用)	2	-	2014年 12月 15日(月曜日) 10:10 (85 日 4 時間)
<input type="checkbox"/> SLC2014 成果報告 チームO(ダウンロード専用)	4	-	2015年 03月 9日(月曜日) 09:46 (1 日 5 時間)
<input type="checkbox"/> SLC2014 成果報告 チームW(ダウンロード専用)	5	-	2014年 12月 15日(月曜日) 09:56 (85 日 5 時間)
<input type="checkbox"/> SLC2014 講義(8/2):遠藤-前半 (視聴およびダウンロード用)	5	-	2015年 02月 26日(木曜日) 15:30 (11 日 23 時間)
<input type="checkbox"/> SLC2014 講義(8/2): 遠藤-前半 (ダウンロード専用)	2	-	2014年 12月 15日(月曜日) 10:01 (85 日 5 時間)

e-ラーニングのサイトへの報告一覧

2014-平成26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: 学生 ([私の通常ロールに戻る](#))

[Home](#) ▶ [マイコース](#) ▶ [その他](#) ▶ [2014年度](#) ▶ [2014-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\(授業実施、事例紹介など\)](#)

キャンプ後の取り組み(授業実施、事例紹介など)



[フォーラムを検索する](#)

授業の実施や研修会などでの紹介例を投稿して下さい。またそれに対するコメントもどんどん投稿して下さい。

[ディスカッショントピックを追加する](#)

ディスカッション	ディスカッションの開始	返信	最新の投稿
「DNA抽出と確認実験」	WATANABE Yusuke	1	HAYASHI Hidenori 2015年 02月 25日(水) 17:43
「簡易キットによる蛍光たんぱく質の合成」 堺高校 佐竹	SATAKE Miyo	1	HAYASHI Hidenori 2015年 02月 12日(木) 10:01
ブロッコリーとヒト(自分)のDNAの抽出	SATAKE Miyo	1	HAYASHI Hidenori 2015年 02月 4日(水) 14:51
GFPタンパク質の合成実験を行いました	YANAGISAWA Harukuni	0	YANAGISAWA Harukuni 2014年 12月 25日(木) 16:20
無細胞タンパク質合成の実施について	DOI Tetsuji	1	HAYASHI Hidenori 2014年 11月 17日(月) 12:22
信濃生物会で無細胞タンパク質合成キットの紹介・体験を行いました	OISHI Eiichi	0	OISHI Eiichi 2014年 11月 4日(火) 12:40
本校生徒向け教養講座で無細胞タンパク質合成キットを行いました。	OISHI Eiichi	0	OISHI Eiichi 2014年 11月 4日(火) 12:36
教えてください	WATANABE Yusuke	2	WATANABE Yusuke 2014年 10月 11日(土) 10:25
教材テキストを作ってみました	YANAGISAWA Harukuni	2	YANAGISAWA Harukuni 2014年 10月 8日(水) 08:58
簡易版翻訳授業を実施しました	MIYAKOSHI Takaki	0	MIYAKOSHI Takaki 2014年 10月 6日(月) 10:10
理科研修講座で紹介しました	OSHIMA Shigeyuki	1	HAYASHI Hidenori 2014年 09月 4日(木) 16:40

あなたは [HAYASHI Hidenori](#) としてログインしています: 学生 ([私の通常ロールに戻る](#))

e-ラーニングサイトへの報告例 研修会での紹介【大嶋 成幸】

ナビゲーション
管理

2014-平成26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](#) ▶ [その他](#) ▶ [2014年度](#) ▶ [2014-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\(授業実施、事例紹介など\)](#) ▶ [理科研修講座で紹介しました](#)

キャンプ後の取り組み(授業実施、事例紹介など)

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 ...

理科研修講座で紹介しました

2014年 09月 3日(水曜日) 20:37 - [OSHIMA Shigeyuki](#) の投稿

 [理科研修講座で紹介しました.docx](#)

高等学校理科研修講座で紹介しましたので

画像を送ります

[編集](#) | [削除](#) | [返信](#)

Re: 理科研修講座で紹介しました

2014年 09月 4日(木曜日) 16:40 - [HAYASHI Hidenori](#) の投稿

大嶋先生

無事アップされています。今後もこの調子でお願いいたします。

林 秀則
2014/0904

[親記事を表示する](#) | [編集](#) | [分割](#) | [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](#))

[2014-scienceleaderscamp](#)

研修会での紹介【大嶋 成幸】

コムギ胚芽無細胞タンパク質合成の実験（翻訳編）を理科研修講座で紹介しました

岡山県立玉島高等学校 大嶋成幸

平成 26 年 8 月 25 日（月）岡山県総合教育センターで行われた高等学校理科研修講座で、従来予定していた実験に加え、コムギ胚芽無細胞タンパク質合成キット（簡易版）を紹介しました。参加者は高校の生物教員 13 名で、参加した先生方には大変好評でした。（若手の教員の参加が少なかったのが残念）

高校生対象の実験にするなら対照実験用にスポイトを使い分ける必要がある、同梱のスポイトはもう 1 本必要と複数ご指摘がありました。



林秀則先生ありがとうございました

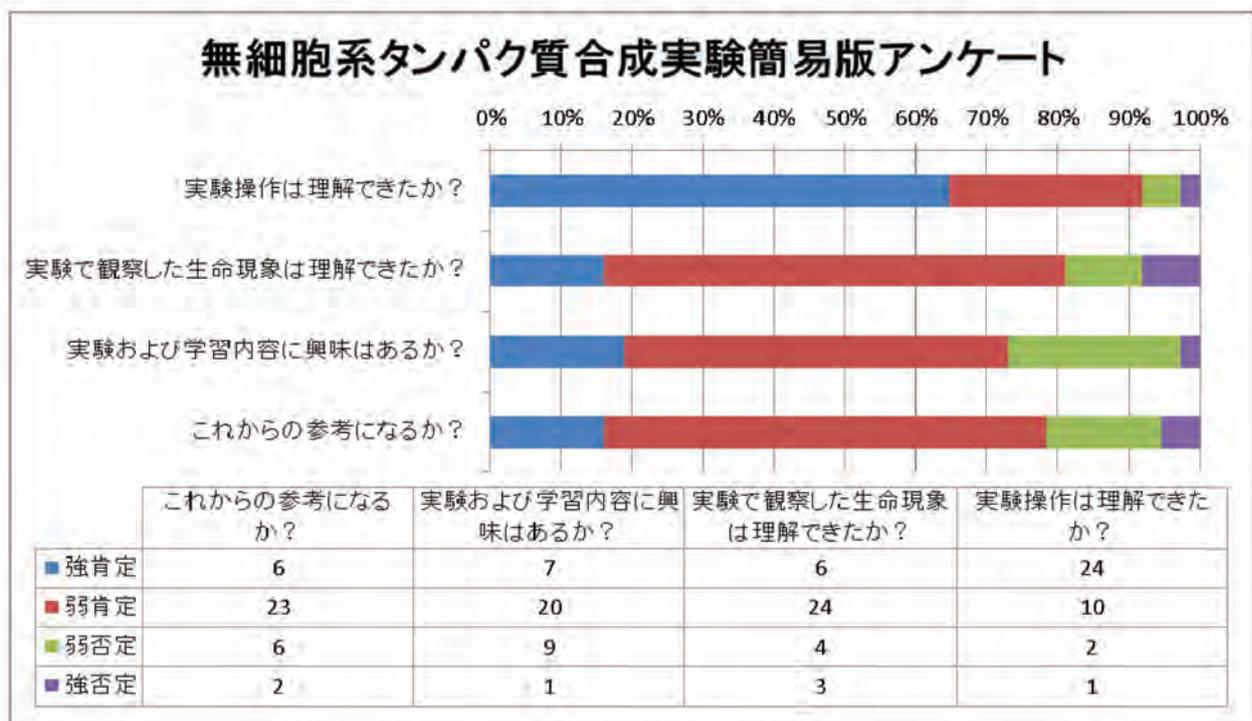
コムギ胚芽無細胞タンパク質合成の実験（翻訳編）の実施

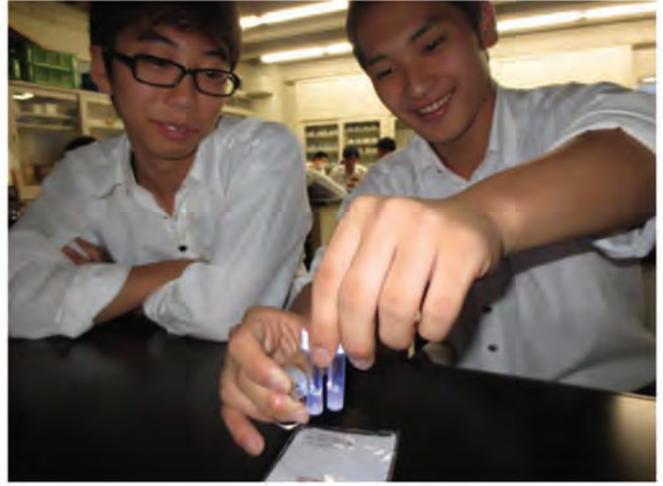
京都市立西京高等学校 宮越敬記

平成 26 年 9 月 17 日（水）に 3 年生理数化学の授業内でコムギ胚芽無細胞タンパク質合成キット（簡易版）を実施しました。2 時間連続の授業のはじめに DVD を見ながら実験を行いました。結果がでるまでの間に別紙授業プリントを用いて GFP と BFP の DNA 翻訳を行い、アミノ酸配列の違いを見つける実習を行い、青色と緑色の違いを探る考察をしました。

DNA 翻訳作業、タンパク質の性質の違いも含めてのアンケート結果であるので、弱肯定が多いが、実験そのものについてはよかったと思われる。2 時間ではタンパク質合成があまり進んでおらず、結果がもっとはっきりできればよかったのにといった意見が多かった。また、アミノ酸の配列がほんの一部違うだけでこんなに性質が変わるのかといった新たな興味関心を持つようになった感想も複数見られた。

見学した本校教員の意見として、「比較実験でわかりやすい」、「非常に考えられた内容でやってみたい」といった肯定的な意見であった。





京都市立西京高等学校のホームページの紹介記事

3年生理科（化学）でタンパク質を合成する実験を行いました！

9月17日（水）3・4限、3年4組理数化学の授業において、無細胞系タンパク質合成実験を行い、あわせてDNA翻訳、蛍光タンパク質の性質などについても学習しました。通常、タンパク質は生物細胞内で合成されるものですが、「無細胞系タンパク質合成」とは、細胞外でタンパク質を合成する技術です。

今回の実験では、愛媛大学の遠藤重弥・太特別栄誉教授が開発された乾燥コムギ胚を用いた合成技術を利用し、作業は愛媛大学プロテオサイエンスセンター様から提供していただいた「実験キット」を用いて行いました。合成したタンパク質は、平成20（2008）年にノーベル化学賞を受賞された下村修先生が発見された「緑色蛍光タンパク質(GFP)」です。実験操作は単純なもの、合成技術は最先端の科学技術です。

合成できるまでに時間がかかる（2時間程度の時間が必要です）ので、その間を利用して、このタンパク質をつくるDNAの翻訳(DNAからタンパク質をつくるアミノ酸の配列順を決定する作業)と、緑色蛍光タンパク質と青色蛍光タンパク質(BFP)との違いを考察する実習を行いました。GFP・BFPともに239個のアミノ酸配列により構成されているのですが、その違いはわずかに2箇所のみです。このわずかな相違にもかかわらず蛍光色が異なる、ということに生徒たちは大変驚いていました。

4限目の最後に、合成したタンパク質にブラックライトを当て、実際に合成できたことを確認しました。きれいな緑色蛍光が発光し、生徒たちは実験の成果を得たようです。

普段の授業はどうしても口頭での説明や映像資料などを示すことにとどまることも多いのですが、実際に手順を確かめながら行う「実験」の重要性とその過程での気づきをこれからも大切にして学習活動を進めていきたいと思います。御協力いただきました愛媛大学プロテオサイエンスセンターはじめ関係の皆様方に、感謝申し上げます。有り難うございました。

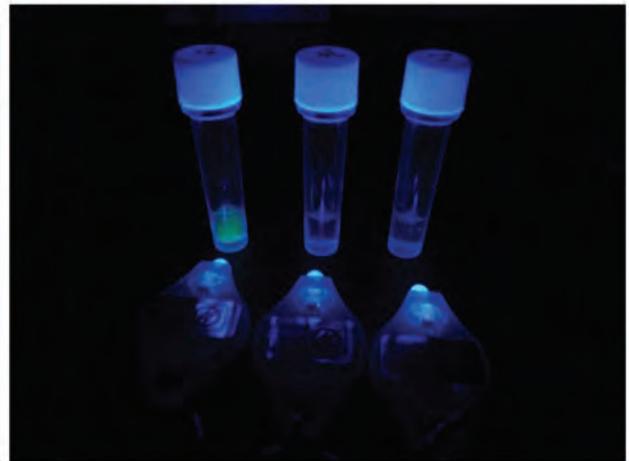
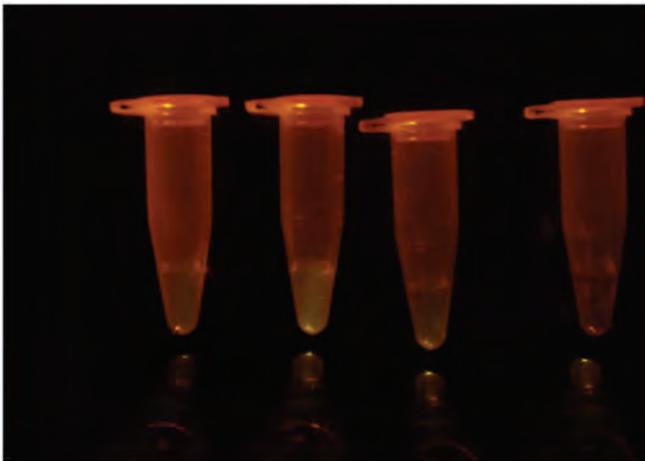
【写真】

- 1 段目 教員からの手順説明
- 2 段目 タンパク質合成実験
- 3 段目 DNAの翻訳と考察
- 4 段目 ブラックライトを当てて結果確認

クロスペン教養講座で無細胞タンパク質合成系キットを扱いました

長野県伊那北高等学校 大石 英一

10月11日(土)にクロスペン教養講座(本校2年生5名,1年生2名,合計7名)を行いました。マイクロピペットの扱いを練習し、転写反応を行い、待ち時間で転写・翻訳反応についてとGFPについての講義を行い、転写反応の確認を行い、翻訳反応をセットするところまで行いました。連休明けの生徒も反応がうまくいっていました。観察に来た生徒はみんな感動していました。11月にまとめの会を行いたいと考えております。



研修会での紹介【大石 英一】

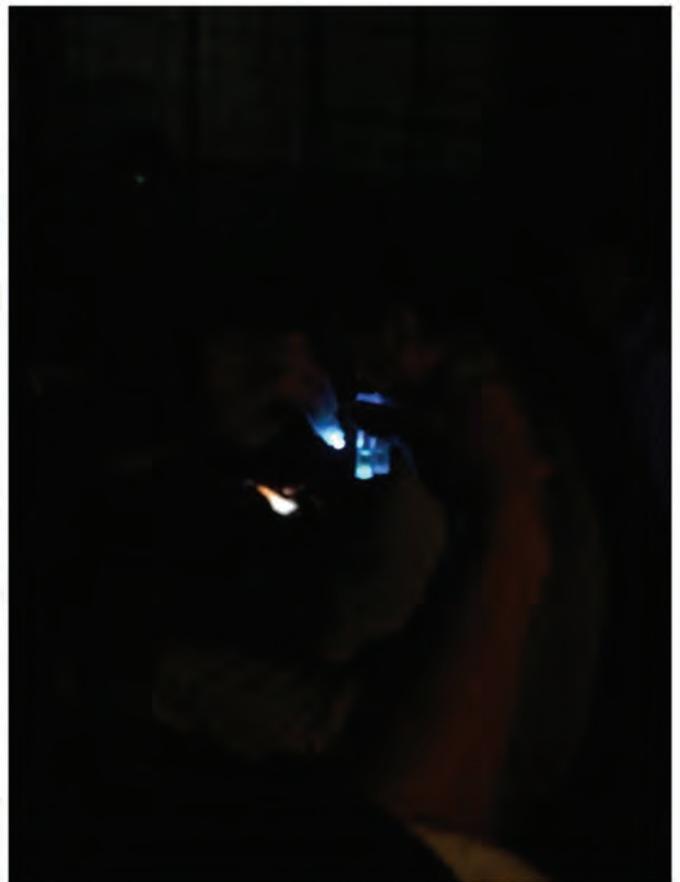
信濃生物会研究会で無細胞タンパク質合成簡略版を先生方に体験してもらいました

長野県伊那北高等学校 大石 英一

10月18日（土）に信濃生物会研究会が行われました。県内各地から生物担当の先生方に集まっていただき、無細胞タンパク質合成キット簡略版を体験していただきました（参加者数26名）。体験された先生方からの感想を書いております。

感想

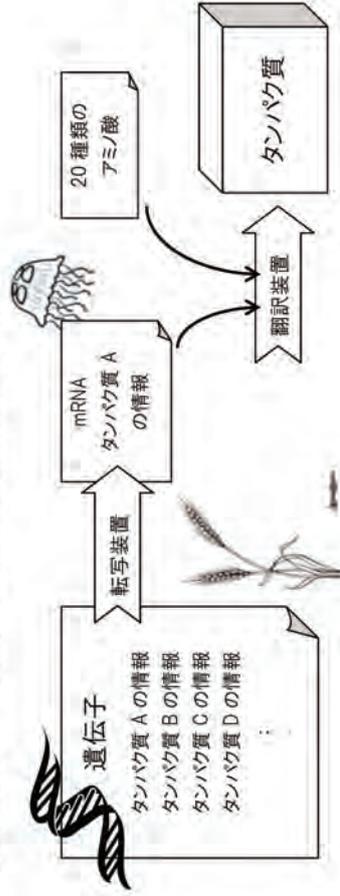
- ・3年前の研修会で無細胞タンパク質合成の演示があったが、そのころのものよりも簡略化されていてこれなら高校で実施できると思った。
- ・マイクロピペットを使わずこのくらいでできればちょうど良いと思う。



林先生キットや必要な器具等のご提供ありがとうございました。

セントラルドグマを体験する実験

●セントラルドグマの流れ（地球上の全生物に共通のしくみ）



●実験の目的
試験管内で、()と()を用いて、()を合成する。

●実験の準備
▶乾燥粉末の入った大チューブ2本（シールなしと緑または赤のシール）
▶液体の入った小チューブ（シールなしと緑または赤のシール）
▶青いキャップの小チューブ2本
▶スポイト

●準備物の説明

- ▶大きいチューブの乾燥粉末：
- ▶青いキャップの小チューブの液体：
- ▶緑シールの小さいチューブの液体：
- ▶赤シールの小さいチューブの液体：
- ▶無シールの小さいチューブの液体：

※GFP (Green Fluorescent Protein)：

※RFP (Red Fluorescent Protein)：

●予想

●実験操作

- 1 シールを貼っていない大きいチューブを軽くたたいて、粉末を底に落とし、キャップをとる。
- 2 シールを貼っていない小さいチューブの液体をスポイトでゆっくり全部吸い取る（約0.05ml）。
- 3 この液体を大きいチューブの粉末に注ぎ、粉末を完全に溶かす。
- 4 青いキャップの小チューブから溶液をスポイトで全部吸い取る（0.3ml）。
- 5 この溶液を、大きいチューブの溶液の上に、ゆっくり注ぎ込み、混ぜないで置いておく。（注ぐときは、チューブを斜めにして、スポイトの先を液に近づける。）
- 6 同じ操作を緑または赤のシールを貼ったチューブで行う。
- 7 2種類の大きいチューブを静かに並べて立てて反応させる。
- 8 UV-LED ライトで、タンパク質合成の有無を調べる。

●準備物の説明

- ▶乾燥粉末：小麦胚芽抽出液の乾燥粉末
- ▶青いキャップの小チューブの液体：20種類のアミノ酸を含む液体
- ▶緑シールの小チューブの液体：緑色蛍光タンパク質(GFP)の mRNA を含む液体。
- ▶赤シールの小チューブの液体：赤色蛍光タンパク質(RFP)の mRNA を含む液体。
- ▶シールなしの小チューブの液体：mRNA なし。
- ※ GFP (Green Fluorescent Protein)
- ※ RFP (Red Fluorescent Protein)

無細胞タンパク質合成キット（簡易版）による生徒実験の実施

徳島県立阿波高等学校 教諭 土井哲士

対象 第2学年理系，33名(男子19名，女子16名)

日時 平成26年11月11日(火) 1限，放課後(10分程度)

実施の流れ

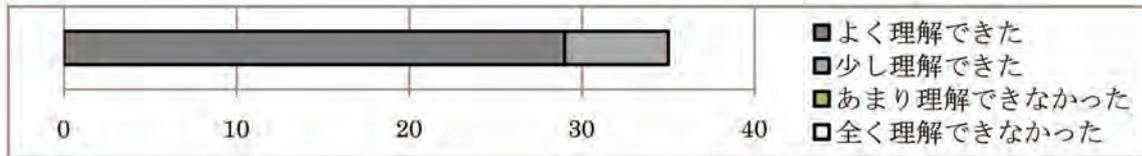
1限目は，セントラルドグマの復習と実験の説明をしたのち，無細胞タンパク質合成キット(簡易版)を使用して各試薬を混合しました。小麦胚芽抽出液を利用して，オワンクラゲから発見された GFP の mRNA を試験管内で翻訳するというので，セントラルドグマについての理解が深まったようです。また，ダウンロードしたムービーを見ながら実験を行いました，生徒たちにはとてもわかりやすく好評でした。なお，ワークシートは slc でいただいた資料をもとに作成したものです。

放課後は，合成された GFP と RFP を UV-LED を用いて観察しました。翻訳の時間に6時間以上とることができたので，GFP と RFP の蛍光色をはっきりと観察できました。翻訳が行われたことにも，タンパク質が光ることにも，生徒たちはとても興味を持ちました。実験前と比較すると，多くの生徒がセントラルドグマについて理解が深まり，興味を持つことができたようです。先生方からは，「簡単な作業で生命現象を観察できるのがとてもよい。」と好評でした。

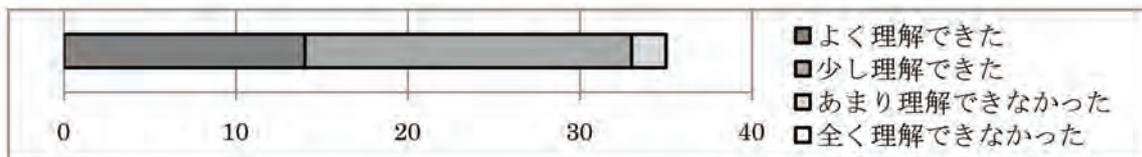


アンケート結果

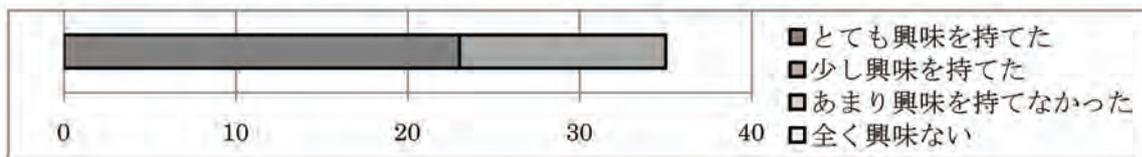
① 実験操作は理解できましたか？



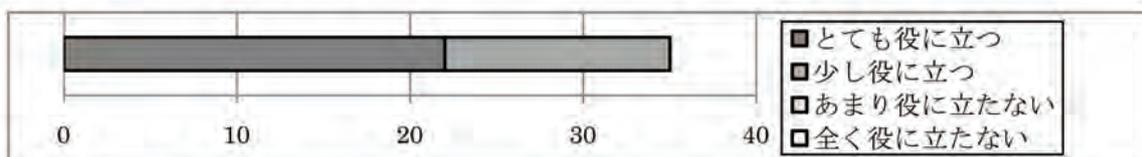
② 実験前と比べて、セントラルドグマについて理解できましたか？



③ 実験前と比べて、セントラルドグマについて興味を持ってましたか？



④ 実験操作および学習内容はこれからの勉強や研究の参考になりますか？



感想（自由記述）

今までに経験したことがなかったような事件ができておもしろかった。今回の実験で、前よりも生物に対する関心・意欲が高まった。現代の技術に触れることができるよい機会になった。

蛍光により結果を楽しく観察できた。実験手順が少し難しいところもあったが、動画を見ながらだったのでわかりやすかった。

目では本来見えないことが、蛍光することで確認でき、とても興味深かった。新しい技術で実験することができ、進路決定に役立てたいと思った。

簡単な操作でセントラルドグマのことがよくわかった。セントラルドグマよりも詳しい内容に興味をもつことができた。

ただ言葉を覚えているだけだったが、実験をしたことによって仕組みがよくわかり、以前より理解ができた。

蛍光タンパク質により、タンパク質合成の有無を判断しやすかった。

GFPをつかって 「セントラルドグマ」を 理解しよう

GFP (Green Fluorescent Protein) は、紫外線を当てると緑色に光るタンパク質です。GFPは239個のアミノ酸が結合したタンパク質ですが、そのうち65番~67番までのアミノ酸が、特徴的な並び方をしています。この部分のアミノ酸が、セリン-チロシン-グリシン のように結合すると、この部分の構造が変化し、紫外線を吸収するようになります。吸収された紫外線は、すぐに緑色の蛍光として放出されます。



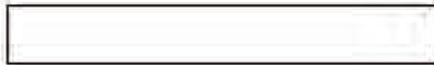
GFPは1960年代に、下村修さんによって「オワンクラゲ」という光るクラゲから取り出されました。下村さんは、「GFPの蛍光を出す部分の化学構造を解明した1979年で、化学者としての仕事は終わり。その時点でGFPは、美しい緑の光を放つ不思議なタンパク質にすぎず、何の用途もなかった。」とおっしゃっています。

ところがこのGFPが1990年頃からの遺伝子工学の発展に伴って、生命科学やバイオテクノロジーの研究に幅広く使われるようになり、今や欠かせない実験のツールになりました。

光るタンパク質を細胞や大腸菌の調べたい部分にくっつけると、その部分から放出される蛍光により、その部分の状態やはたらきが見えるからです。下村さんはこの業績により、2008年ノーベル化学賞を受賞されました。

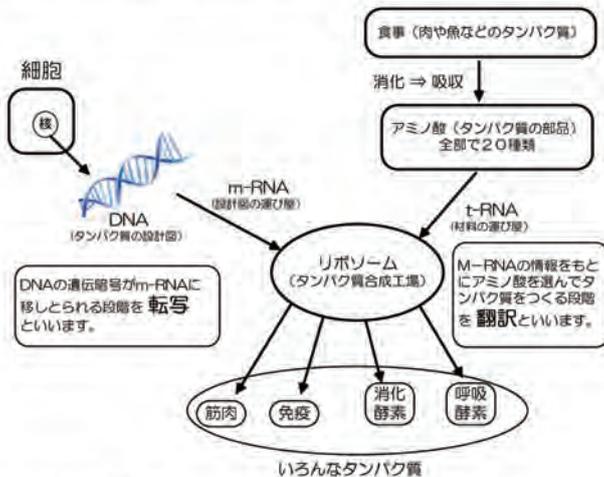


GFPタンパク質をもつ下村修博士



(1) 遺伝情報の流れ

遺伝子の正体は、DNAといわれる二重らせんをもった物質です。DNAは細胞の核の中に入っています。人間の細胞の数は約60兆個といわれますが、それぞれの細胞に核があり、DNAはその中に入っています。よく「DNAは設計図」といわれますが、それはタンパク質の設計図ということです。タンパク質は生物にとってとても大切な物質です。単に筋肉を作るというだけではなく、消化や呼吸に必要な酵素や、病気を予防するための免疫にもそれぞれ特有のタンパク質が関わっています。ヒトの遺伝子中には約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が、正確な数はまだわかっていません。



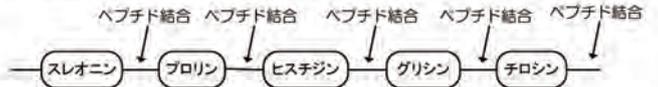
(2) タンパク質について

タンパク質とはアミノ酸とよばれる物質が長く連なった物質です。ヒトが必要とするアミノ酸は全部で20種類あり、この20種類のアミノ酸が長く連なることでタンパク質を作ります。たとえば今回つくる GFP という紫外線で緑色に光るタンパク質は、239個のアミノ酸が結合して連なったタンパク質です。アミノ酸の並び方が少しでも違えば、全く別のタンパク質になります。

ヒトに必要なアミノ酸

アラニン シスチン アスパラギン酸 グルタミン酸 フェニルアラニン グリシン
 ヒスチジン イソロイシン リジン ロイシン メチオニン アスパラギン
 プロリン グルタミン アルギニン セリン スレオニン バリン トリプトファン
 チロシン

タンパク質はアミノ酸がペプチド結合で連なった物質 (例)



(3) 遺伝暗号について

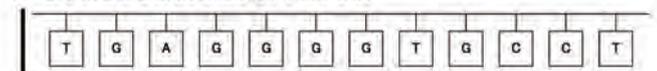
遺伝子の正体は、DNAといわれる二重らせんをもった物質です。DNAは細胞の核の中に入っています。DNAにコードされているタンパク質の設計図(遺伝暗号)は、m-RNAという物質にコピーされて、リボソームというタンパク質合成工場へ運ばれます。リボソームではその設計図をもとに、t-RNAが運んできたアミノ酸(部品)を組み立てて、タンパク質を合成します。

DNA中では、遺伝子の暗号はA(アデニン) T(チミン) G(グアニン) C(シトシン) という4つの塩基と呼ばれる物質でコードされています。一方RNAでは、A(アデニン) U(ウラシル) G(グアニン) C(シトシン) の4つの塩基でコードされています。そしてこれらの塩基は結合する相手が決まっています。

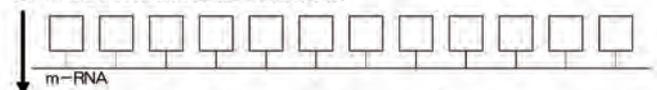
	DNA	DNA ⇒ RNA	
塩基の組み合わせ	A-T	A ⇒ U	T ⇒ A
	G-C	G ⇒ C	C ⇒ G

□はDNAの塩基

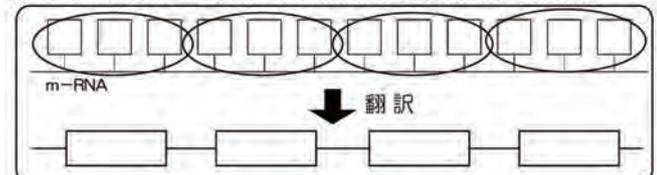
① DNAの二重らせんがほどけて1本鎖になる。



② m-RNAがDNAの遺伝暗号を転写する。



③ m-RNAがリボソームに移動し、遺伝暗号がアミノ酸の順番に翻訳される。



リボソーム (t-RNAがアミノ酸(タンパク質の原料)を運んでくる。)

遺伝暗号は、大腸菌でもヒトでも、全く同じものを使っています。

遺伝情報は DNA ⇒ m-RNA ⇒ リボソーム の順番に伝えられ、しかもこの遺伝暗号は、細菌からヒトまで **共通** です。

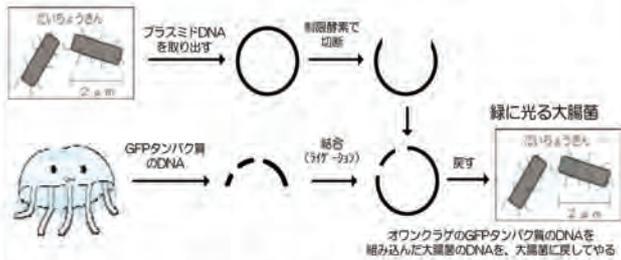
これは、「セントラルドグマ」とよばれています。

「遺伝の暗号が地球上のすべての生物で同じ」ということはとても重要なことです。

これにより、ヒトの遺伝子を大腸菌に組み入れて人間の薬を作ったり、オワンクラゲの光るタンパク質を大腸菌に組み込むと、「光る大腸菌」ができます。

これが「遺伝子組み換え」という技術であり、この技術が生命工学（バイオテクノロジー）として、現在医学や農業の分野で目覚ましい発展を遂げています。

遺伝子組み換えの例



新しくできた大腸菌は、通常に環境には存在しない、「遺伝子組み換え生物」です。外に漏れないように、取扱いには注意が必要です。日本では「遺伝子組み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）」によって、その取扱いが厳しく規制されています。

*ヒトの遺伝子（ゲノム）は、約30億対の塩基でできています。そのうちの約2%がたんぱく質の設計図であり、残り98%はタンパク質を作る時期を決めたり、または量を調節したりと、タンパク質の制御を担っているといわれています。しかし詳しいことはまだわかっていません。

マイクロピペットの使い方

マイクロピペットは少量の体積を正確に測り取る実験器具です。DNA分析など生命科学系の実験には欠かせません。

(1) 単位について

1 L = 1000 () 1 mL = 1000 ()

(例題) (1) 10 μL = () mL

(2) 200 μL = () mL

(2) マイクロピペットの使い方

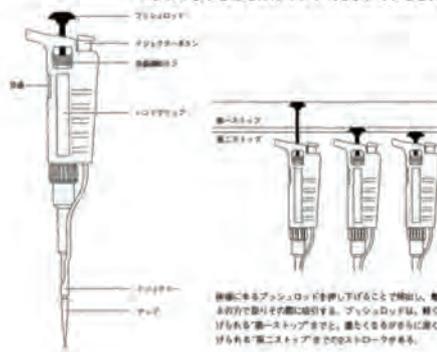
- ① チップをしっかりつける。
- ② 第1ストップまで押し下げて、溶液をしっかり吸う。
(注) チップを溶液にあまり深く差し込まない!!
吸い込む途中でチップを液から出さない!!
- ③ 溶液を出す時は、まず第1ストップまで押し、チップの先に残っている溶液を出すために、さらに第2ストップまで押す。

★ マイクロピペットを使って、以下の体積の溶液を正確に測り取ってみましょう。

- (1) 100 μL (2) 10 μL

★ 100 μLの溶液に更に10 μLの溶液を加えます。その後プッシュロッドをゆっくり押し下げて、液をかき混ぜてみましょう。

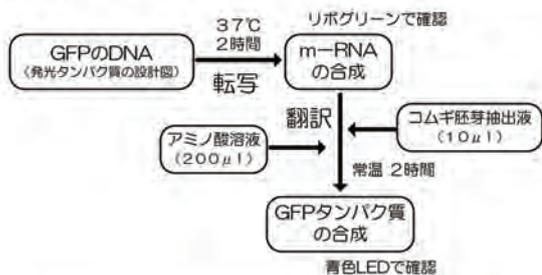
このような操作をピペティングといいますが、*ゆっくりやることがポイントです。早くやると、空気の泡ができてしまいます。



セントラルドグマの流れで GFP タンパク質をつくる実験

遺伝情報は、設計図（DNA）を m-RNA が転写し、タンパク質合成工場（リボソーム）でアミノ酸が指定されてタンパク質に翻訳されるという流れになっています。

今回の実験ではタンパク質合成の材料（アミノ酸）としてコムギ胚芽の抽出液を用い、オワンクラゲの GFP-DNA から m-RNA が転写され、それをもとに GFP タンパク質が合成されることを確認します。



準備物 (試薬)

試薬	チューブ A	チューブ B
蒸留水 ①	3 μl	5 μl
転写反応用緩衝液 ②	4 μl	4 μl
リブグリーン溶液 ③	2 μl	2 μl
* RNA 分解阻害剤 ④	2 μl	2 μl
* RNA 合成酵素 ⑤	2 μl	2 μl
* GFP の DNA 溶液 ⑥	2 μl	0 μl
合計	15 μl	15 μl

* は特に高温で失活（こわれてはたらかなくなる）しやすい物質です。必ず氷上で置いておきましょう。

m-RNA の合成 (転写反応)

- ① マイクロチューブを2本 (A・B) 用意し、マイクロピペットで上表のように試薬を混ぜ合わせます。マイクロチューブにすべて入れたら、適切な離器で軽くスピンドウします。(壁面についている試薬をすべて下に落とすためです。)
- ② 37℃で2時間置き、反応させます。(保温にはヒートブロックまたはウォーターバスを使います。) 2時間後チューブ A・B ではどのような違いが出るか予想しましょう。

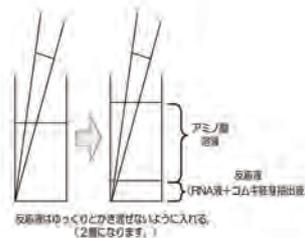
2時間後、m-RNA ができたかどうか確認します。

- ③ まず A・B 2つのチューブを見比べてみます。にごり方に違いはありますか？
- ④ (1/1000に薄めた) リボグリーン溶液 200 μl を別の2つのチューブに取り、それぞれにチューブ A・B の反応液を 2 μl 加えてかき混ぜます。
* リボグリーンは m-RNA を光らせる試薬です。
* かかはんは、ピペティングという操作で、ゆっくり行います。
- ⑤ 青色 LED ライトを照射し、オレンジフィルターを通して確認します。
* 光って見えれば、m-RNA ができています。

GFP タンパク質の合成 (翻訳反応)

試薬	平底①	平底②	
コムギ胚芽抽出液 ⑦	10 μl	10 μl	m-RNA が GFP を合成する材料です。
アミノ酸溶液 ⑧	200 μl	200 μl	

- ⑥ 2本の透明な平底チューブ (①・②) に、アミノ酸溶液をそれぞれ 200 μl とりず。
- ⑦ マイクロチューブ (A・B) の残りの溶液 (約 13 μl) にコムギ胚芽抽出液 10 μl を入れ、穏やかにピペティングします。
⑧ ⑦のそれぞれの溶液を平底①・②チューブの下部から **ゆっくり加え、混ぜない** ように、2層にします。
***ここポイントです!!**
- ⑨ 常温で2時間ほど置き、反応させます。UV-LED ライトを当ててみましょう。
* GFP タンパク質ができていたら、緑色に光ります。



実験の結果をまとめましょう (平底チューブ①・②の比較と考察)

授業の実施【柳沢 温郷】

2014-平成26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](#) ▶ [その他](#) ▶ [2014年度](#) ▶ [2014-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\(授業実施、事例紹介など\)](#) ▶ [GFPタンパク質の合成実験を行いました](#)

キャンプ後の取り組み(授業実施、事例紹介など)



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タンパク質の合成実験を行いました

2014年 12月 25日(木曜日) 16:20 - [YANAGISAWA Harukuni](#) の投稿

広島安田女子の柳沢です。

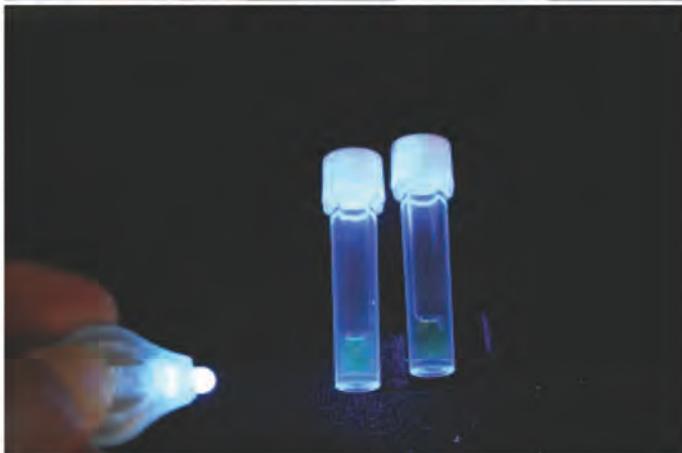
12月23日に本校科学部の部員4名をTAとし、本校生徒9名と広島国泰寺高校の生徒7名(合計20名)で無細胞系でのGFPタンパク質の合成実験を行いました。なおこの実験講座には愛媛大学よりSLCでお世話になった神原さんにもアドバイザーとして来ていただきました。

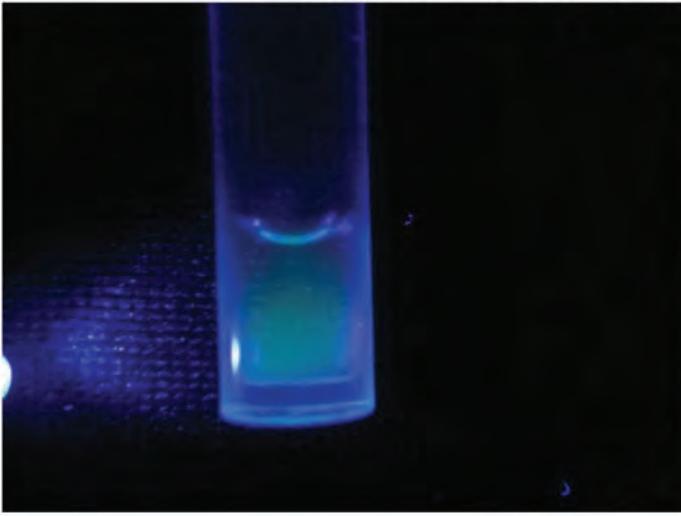
本校と国泰寺の生徒1名づつをペアにし、8組で実験を行いました。最終的にはすべてのマイクロチューブを緑色に光らせることができました。アンケートの結果も生徒の満足度は高く、セントラルドグマに対する理解度は高まったものと思います。

一つ残念だったのは、少し気温が低かったためか時間内にははっきりと光ったグループが少なかったことです。実験終了からさらに2時間ほど置くと、すべてのチューブが光るようになりました。

まだ少し試薬が残っているため、4月までには再度クラブ内で今度は本当の自力で挑戦したいと考えています。

この実験講座を開催するに当たっては林先生、神原さんには本当にお世話になりました。改めてお礼申し上げます。





[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](#))

2014-scienceleaderscamp

授業の実施 【佐竹 弥代】

ナビゲーション

管理

2014-平成26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](#) ▶ [その他](#) ▶ [2014年度](#) ▶ [2014-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\(授業実施、事例紹介など\)](#) ▶ [ブロッコリーとヒト\(自分\)のDNAの抽出](#)

キャンプ後の取り組み(授業実施、事例紹介など)



[フォーラムを検索する](#)

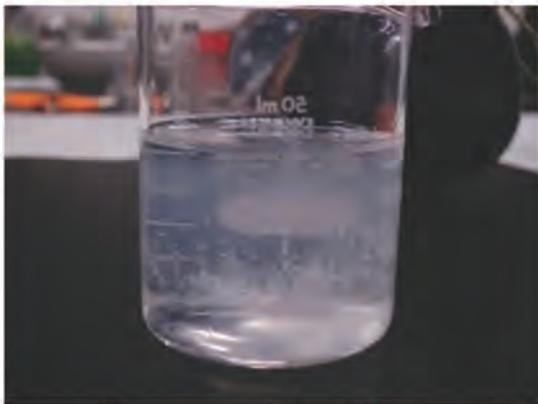
返信をネスト表示する ▼

このディスカッションを移動する ... ▼ [移動](#)

ブロッコリーとヒト(自分)のDNAの抽出

2015年 01月 19日(月曜日) 17:51 - [SATAKE Mivo](#) の投稿

教科内で研修をし、1年にサイエンス科で生物実験を行いました。愛媛大学のDVDのやり方で実験した後、同様の方法でヒトのDNAも抽出しました。自分の口内を10%食塩水20mLで舌でなでるようにゆすぎ紙コップにもどします。そこに洗剤2mLを加えて50回攪拌した後、同様にビーカー内のエタノール30mLにスポイトで滴下しました。すぐにゆらゆらとDNAが確認でき、生徒もたいへん興味をもってくれました。



[編集](#) | [削除](#) | [返信](#)

Re: ブロッコリーとヒト(自分)のDNAの抽出

2015年 02月 4日(水曜日) 14:51 - [HAYASHI Hidenori](#) の投稿

ご報告ありがとうございます。とても興味深いです。唾液からでも以外と取れるものですね？今、DNAかどうかを検証する方法がいろいろ議論されているようですので、後ほどお知らせします。

林 秀則
2015/0204

[親記事を表示する](#) | [編集](#) | [分割](#) | [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](#))

授業の実施【佐竹 弥代】

ナビゲーション

管理

2014-平成26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](#) ▶ [その他](#) ▶ [2014年度](#) ▶ [2014-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\(授業実施、事例紹介など\)](#) ▶ 「簡易キットによる蛍光たんぱく質の合成」堺高校 佐竹

キャンプ後の取り組み(授業実施、事例紹介など)



フォーラムを検索する

返信をネスト表示する ▼

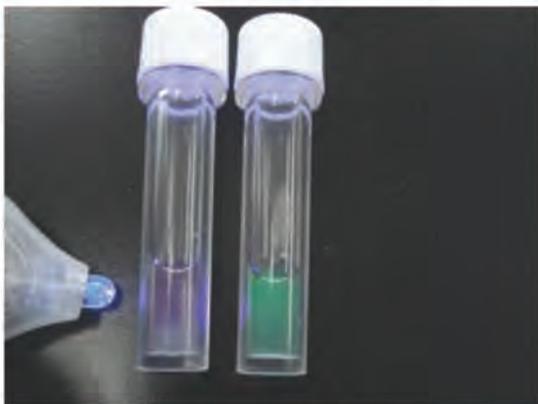
このディスカッションを移動する ... ▼ 移動

「簡易キットによる蛍光たんぱく質の合成」堺高校 佐竹

2015年 02月 10日(火曜日) 16:03 - [SATAKE Mivo](#) の投稿

[実験所感.docx](#)

1月23日に堺高校のサイエンス科の生物の授業で「簡易キットによる蛍光たんぱく質の合成」を行いました。送っていただいたキットの温度管理等も林先生に詳しく教えていただき、無事、全員が成功することができました。翻訳実験簡易版DVDを使用し、授業プリントは土井先生と柳沢先生のプリントを組み合わせたものをそのまま使わせていただきました。ありがとうございます。生徒にはたいへんわかりやすかったように思います。インフルエンザ等の欠席者が出て余った分は翌週の少人数の商業コースの生物演習で使用しました。この季節だと冷凍庫で保管すれば4日後に使用してもまったく問題ありませんでした。実験所感として同僚のコメントも寄せました。私としては、まず自分でスポイトやキット作成ができるようにして、転写にも取り組み、よりセントラルドグマに興味を持ってくれれば嬉しいです。



遺伝情報の発現の流れの中で、特に m-RNA の遺伝情報をもとにタンパク質が合成されるところを、本実験では視覚的に捉えることが可能となっている。また、分子生物学的な実験の手法にも触れることができる。GFP はセントラルドグマを理解するための材料になるだけでなく、遺伝子組換え実験などにも応用でき、また社会的にも関心が高いものであるため、教材として非常に有用であると言えるだろう。

堺高校 生物 板津直樹

「マニュアル操作（実験キット）による実験の利点と疑問点」

- 利点 説明書通りの操作を正確に行えば、生徒のレベルや教師の力量に関係なく必ず目的の結果が得られる。
- 疑問点 原理の理解や考察を怠りがちになりかねないので説明書通りの操作を行うだけにならないことが必要である。

堺高校 化学 河野玄太郎

試験管内での転写と翻訳の再現実験

松井千佳 井上潮音 巽理紗 富田菜穂子 前田結衣
兵庫県立神戸高等学校自然科学研究部生物班

<動機・目的>

従来のタンパク質合成は、大腸菌などを用いて目的の遺伝子を挿入し、細胞内で行うことが主であった。これにより遺伝子組換え生物が生じ、その扱いには注意が必要であった。細胞外で遺伝子からタンパク質合成ができると、カルタヘナ法に抵触しないので扱いが広がる。

近年、細胞外でタンパク質合成阻害物質を除去したコムギ胚芽抽出液に、RNA合成酵素などの酵素を加えることで目的とするタンパク質を合成する技術が遠藤弥重太によって開発された(2000年)。そこで細胞外でGFP遺伝子から緑色蛍光タンパク質(GFP)を合成することを試みた。

<実験内容>

1日目 転写

1 マイクロチューブ3本に反応液を調整する。(表1)

表1 反応液の組成

試薬	反応液A	反応液B	反応液C
①蒸留水	8μL	8μL	10μL
②転写反応用緩衝液	4μL	4μL	4μL
③リボヌクレオチド溶液	2μL	2μL	2μL
④RNA分解酵素溶液	0μL	2μL	0μL
⑤RNA分解酵素阻害剤溶液	2μL	0μL	2μL
⑥RNA合成酵素溶液	2μL	2μL	2μL
⑦プラスミドDNA溶液	2μL	2μL	0μL

2 転写反応を37℃で17時間。その後、4℃で約1時間保存した。

※プラスミドDNA(試薬⑦)はタンパク質合成用に作製されたGFP遺伝子を挿入したプラスミド(pEU-GFP)である。

反応液A; RNAの材料となるリボヌクレオチド溶液(試薬③)、RNA合成酵素溶液(試薬④)、GFP遺伝子を挿入したプラスミドDNA溶液(試薬⑦)が入っているため、転写に必要な条件はそろっている。よって転写は起きると考えられる。
反応液B; 反応液Aと同様に転写に必要な条件はそろっているため転写は起きるが、RNA分解酵素溶液(試薬④)が入っているためmRNAが分解されてしまうと考えられる。

反応液C; 転写に必要なプラスミドDNA溶液(試薬⑦)が入っていないため転写は起きないと考えられる。

2日目 翻訳

1 RNA蛍光試薬(紫外線によりRNAが存在すると蛍光を発する)198μLが入ったマイクロチューブ3本に、1日目の反応溶液A、B、Cをそれぞれ2μLずつ加え、よく混合し、暗所で紫外線(302nm)を照射する。

反応液Aは蛍光がみられたが、反応液B、Cではみられなかった。

(図1) これにより反応液AのみRNAが合成された。

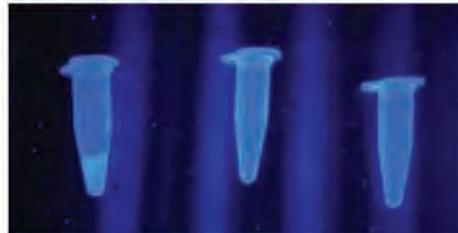


図1 合成されたRNAの可視化(左から反応液A、反応液B、反応液C)

- 2 コムギ胚芽抽出液10μLが入ったマイクロチューブ2本に、1日目の反応液A、Cの反応液をそれぞれ10μLずつ加え、穏やかに混合し溶液A'、C'を作成する。
- 3 アミノ酸溶液200μLが入ったバイアル瓶2本に溶液A'、C'をゆっくり加え、各溶液が混合せず二層となるように室温で15時間反応させた。

3日目 タンパク質の可視化

2日目のバイアル瓶に暗所で紫外線(365nm)を照射する。

反応液Aは緑色の蛍光がみられたが、反応液Cは蛍光がみられなかった。(図2)

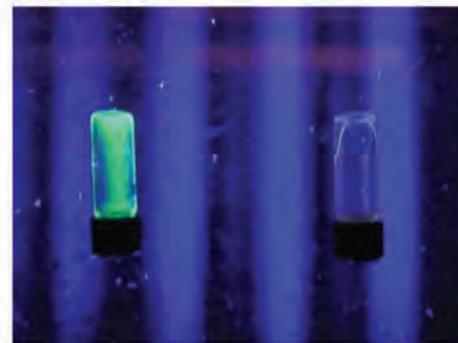


図2 タンパク質の可視化(左:反応液A、右:反応液C)

※緑色の蛍光がみられたことから緑色蛍光タンパク質(GFP)が合成されたことを確認した。

<まとめ>

反応液A; 転写反応・翻訳反応が起こり、緑色蛍光タンパク質(GFP)が合成できた。

反応液B; RNA分解酵素溶液(試薬④)を加えていたため、RNAができずGFPが合成できなかった。

反応液C; プラスミドDNA溶液(試薬⑦)を加えていないため、GFP遺伝子がなくGFPが合成できなかった。

細胞外でもコムギ胚芽抽出液を用いると遺伝子から目的とするタンパク質を合成できることを確認した。今後は細胞外のタンパク質合成をGFP遺伝子以外の遺伝子(例えばサンゴの赤色蛍光タンパク質、RFP遺伝子)でも試みたい。なお、今回の実験はセルフリースサイエンス社の転写・翻訳実験キットを使い行った。

研究会での紹介【長田 真範】

無細胞タンパク質合成の紹介をしました。

奈良県立奈良北高等学校 長田 真範

11月13日（木）に行われました平成26年度奈良県高等学校理科（生物）学習指導研究会（参加者43名）にてサイエンス・リーダーズ・キャンプの参加報告及び無細胞タンパク質合成系の説明とキットの紹介を行いました。



林 秀則 先生

先週の2/9（金）に実験が終了しました。
セルフリーサイエンス社のキット1セットと
林先生からいただいた「簡易版翻訳実験キット」から
少し試料を分けてもらう形で無事行うことができました。

キットのB液の調製をやめ1班の液量を少なくするなど
何とか3クラス分準備することができました。
液量が少なかったので、やりにくかったところもありましたが、
GFPがしっかり光ってくれたのでよかったです。

DNA→RNA（実験Ⅰ）は私（教員）が事前に行って、
生徒実験では、マイクロピペットの使い方も含め
実験Ⅱ～Ⅲを1時間に収まるようにしました。
GFPの確認（実験Ⅳ）は放課後見に来るようにしましたが、
放課後時点では気温が低いのか蛍光しませんでした。
翌日朝にははっきり蛍光したことから、
GFPができるのには数時間では短いようです。

もう少し詳しい報告は、生徒のレポートとアンケートを
見てから改めてさせていただこうと考えております。
いろいろとお世話になりありがとうございました。

奈良北高等学校

長田 真範（おさだ まさのり）

実験に関する質問【渡辺 祐介】

2014-平成26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](#) ▶ [その他](#) ▶ [2014年度](#) ▶ [2014-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\(授業実施、事例紹介など\)](#) ▶ [教えてください](#)

キャンプ後の取り組み(授業実施、事例紹介など)

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 ...

教えてください

2014年 09月 26日(金曜日) 08:03 - [WATANABE Yusuke](#) の投稿

林先生、キャンプ参加先生各位

お世話になります。

11月に、台湾から高校生が来て、体験授業をすることになりました。

DNA抽出実験をやる予定です。

いただいた動画の中でも、本当にDNAなのかをオルセインで確かめていたので、それをやろうと考えました。

調べたところ、「アクリジンオレンジ」で染めて、UV照射するとDNAが蛍光を発するというを知りました。

ところが最近、アクリジンオレンジは使われないそうです。何か問題があるのでしょうか。(発がん性など)

研修でも、この薬品の名前を聞いた記憶がないので、最近は一般的ではないのかな、と思っています。

よろしく願いいたします。

長野県須坂高校 渡辺

[編集](#) | [削除](#) | [返信](#)

Re: 教えてください

2014年 10月 7日(火曜日) 22:04 - [KATAYAMA Takeshi](#) の投稿

高崎健康福祉大学の片山豪です。

「使用されなくなっている。」という答えは明確に出せませんが、自分の考えを書きます。

アクリジンオレンジは、エチジウムブロマイドほど発がん性は高くないが、DNAにインターカレートするので、変異原性はあると言えるでしょう。

アクリジンオレンジはDNA、RNAだけではなくリソソームのような酸性オルガネラの蛍光染色にも使われる。

そういった意味で、DNAの特異性は高くない。

サイバークリーンの方がそういった意味で特異性が高い。

生細胞では排出されるが、死細胞で排出されないで細胞の生死の判定に用いられることもある。

エチジウムブロマイドやサイバークリーンほどDNAに結合してから特定波長の励起による蛍光が高くないので、染色の後洗う必要がある。

励起光のピークは502 nm で、蛍光は526 nm である。

SLCで体験した、リボグリーンのように青色の光で励起し、緑色の蛍光を発する。

DNAを確認する実験であれば、サイバークリーン(励起488nm、蛍光522nm)などのような蛍光色素の方が適していると思います。

生物基礎 「DNA 抽出と確認実験」の実施

長野県須坂高等学校 渡辺祐介

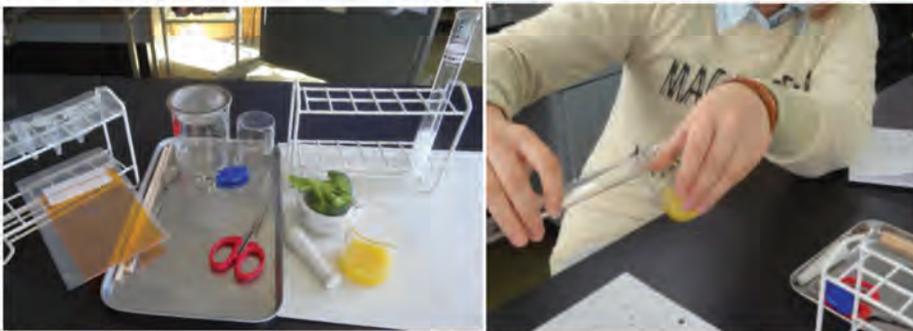
平成 26 年 11 月 4 日に、台湾高雄市立瑞祥高級中学との交流の一環として、1 学年の生物基礎の授業で、「DNA 抽出と確認実験」を行いました。

7 月にバナナの DNA を抽出する実験を行っているので、今回は 100%のジュースを材料に選びました。

また、エタノールを加えると析出する白いものが DNA であると説明していましたが、それが本当に DNA なのか確認する実験は行っていませんでした。そこで、高崎健康福祉大学の片山豪先生が教員免許更新で扱っている DNA 蛍光試薬（注：この試薬は RNA にも反応する）を用いる方法で確認実験を行いました。

事前に、パイナップルとオレンジで試したところ、パイナップルでは、白い物質が非常に少なかったのですが、オレンジではたくさん析出し、さらにそれが DNA であることも蛍光試薬で確かめることができました。

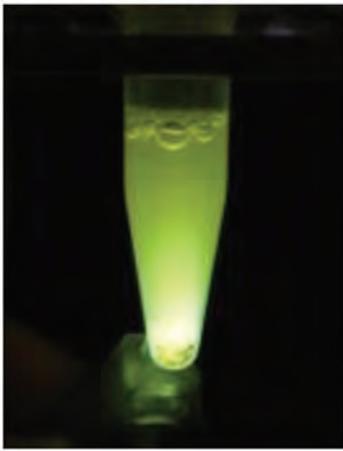
当日は、4 名の台湾の生徒を迎え、英語の資料も準備して DNA を抽出しました。台湾の生徒は、析出した DNA を見たことがないとのことで、実際に DNA が出てくると、驚いた様子でスマートフォンで撮影していました。





青色 LED

水, ブロッコリー, オレンジジュース



UV LED ブロッコリー

★平成25・26年度理数フロンティア校 研究授業★

DNA鑑定実験～犯人は誰だ？！

日時

平成27年2月14日(土)

10:45～11:35 (学校公開3校時)

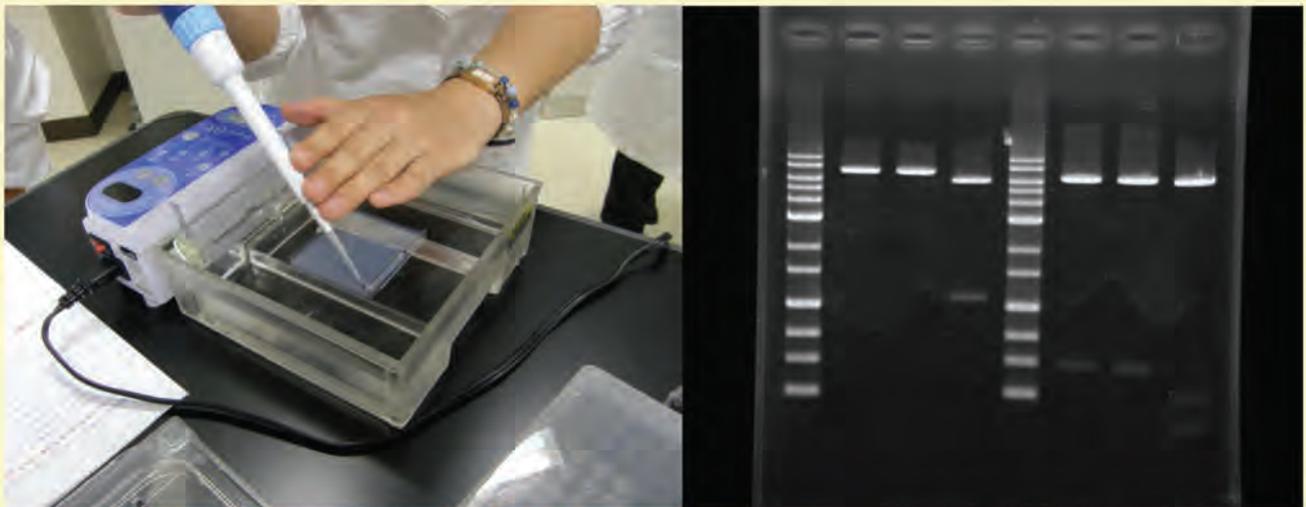
場所

板橋区立高島第一中学校 第2理科室(3階)

(都営三田線 高島平駅から徒歩7分)

授業者

向 雅生



iPS細胞やGFPなどが世間で騒がれている中、中学生が身近に感じれる分子生物学の実験を行いたいと考え、JST主催の平成26年度サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加し、愛媛大学で最先端の実験技術を学んだ。この経験から、中学校3年間で分子生物学を系統的に学ぶための指導法を考案した。この計画に賛同して頂いた株式会社リバネス、高崎健康福祉大学の協力を得て、生徒たちの興味関心を向上させる架空の事件を想定し、DNA鑑定実験を用いて推理する授業展開を試みる。生徒たちは、授業の中で、電気泳動実験を行い、DNAや制限酵素の化学的性質を学び、遺伝子についての理解を深めることで、分子生物学の魅力を体感する。

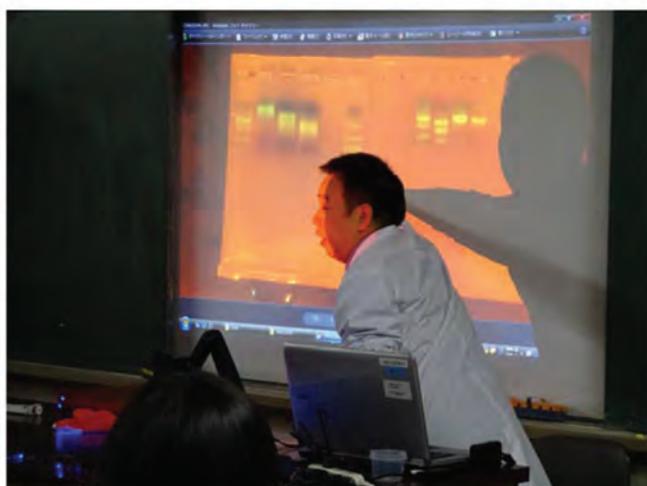
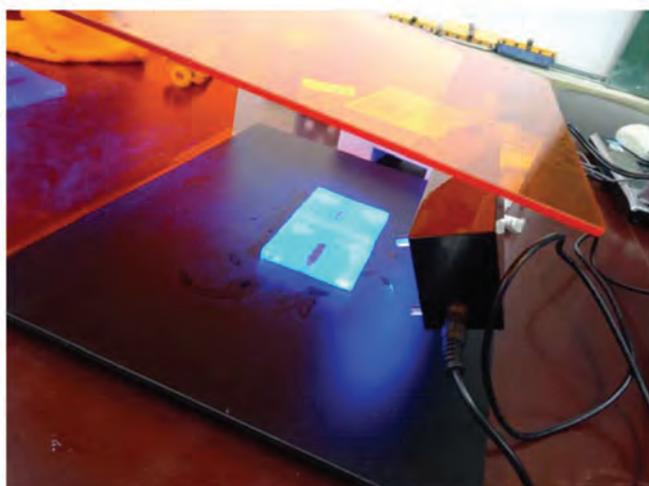
お問い合わせ: 板橋区立高島第一中学校 向 雅生

〒175-0082 東京都板橋区高島平8-26-1

TEL: 03-3936-1171 FAX: 03-3935-1558

研究授業実施の様子

平成27年2月14日(土)



緑色に輝くクラゲ



鶴岡市立加茂水族館

「オワンクラゲ」を知っていますか？緑色に光るクラゲです。緑色に光るのは、オワンクラゲが「緑色蛍光タンパク質（Green Fluorescent Protein：GFP）」をもっているからです。このタンパク質が緑色の美しい光を発するのです。

GFPは1960年代に、下村脩博士によりこのオワンクラゲから取り出されました。今、このGFPは生命科学、バイオテクノロジー、医学研究などの分野では欠かせないものとなっています。GFPにより飛躍的に進化した研究もあります。

GFPを題材にして、

- 1 タンパク質とは何か？
- 2 体(細胞)の中で、どうやってタンパク質は合成されるのか？
- 3 遺伝子とは何か？
- 4 遺伝情報が伝達されるしくみはどうなっているのか？
- 5 遺伝子組み換え技術の問題点
- 6 遺伝子組み換えー光るタンパク質技術の利用ー

を学んでいきます。

DNAの遺伝情報はどうなっているのか？ そもそもDNAの構造は？

DNAは、[] で構成されています。



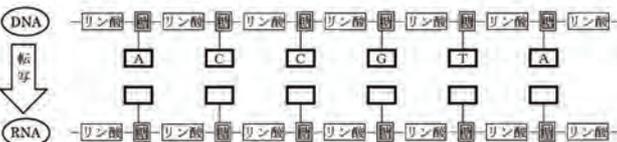
リン酸と糖の鎖に、塩基がついているような構造です。

塩基には「アデニン()、チミン()、グアニン()、シトシン()」があり、この塩基の並び方が、「遺伝情報」となるのです。なので、DNAの遺伝情報はATTGCTAG・・・等のように、「塩基配列」で表してあります。

DNAはこの鎖が2本セットになって、2本の鎖が塩基の部分で水素結合をして有名な「二重らせん構造」を形づくる。このとき2本の鎖の間で互いに結合する塩基を「相補的な塩基」といいます。

相補的な塩基は【A-T、G-C】の組み合わせです。転写では、二重らせんがほどけて、相補的な塩基がRNAに写しとられます。ただし、RNAにはチミン(T)がないので、チミンはウラシル(U)という塩基になります。つまり、DNA→RNAに転写される時 A→、T→、G→、C→ となるのです。

ここで、転写を考えてみましょう。



転写後、リボソームで、RNAの塩基配列をアミノ酸配列に代えてタンパク質を合成します。塩基3つがアミノ酸1つに対応するので、塩基9つの並びを「コドン」といいます。コドン→アミノ酸への遺伝暗号は次の通りです。

コドン/アミノ酸			
UUU / フェニルアラニン	UCU / セリン	UAU / チロシン	UGU / システイン
UUC / フェニルアラニン	UCC / セリン	UAC / チロシン	UGC / システイン
UUA / コイシン	UCA / セリン	UAA / 終点	UGA / 終点
UUG / コイシン	UCG / セリン	UAG / 終点	UGG / トリプトファン
CUU / ロイシン	CCU / プロリン	CAU / ヒスチジン	CGU / アルギニン
CUC / ロイシン	CCC / プロリン	CAC / ヒスチジン	CGC / アルギニン
CUA / ロイシン	CCA / プロリン	CAA / グルタミン	CGA / アルギニン
CUG / ロイシン	CCG / プロリン	CAG / グルタミン	CGG / アルギニン
AUU / イソロイシン	ACU / アラニン	AUU / アスパラギン	AUU / セリン
AUC / イソロイシン	ACC / アラニン	AUC / アスパラギン	ACC / セリン
AUA / イソロイシン	ACA / アスパラギン	AAA / リジン	AGA / アルギニン
AUG / メチオニン	ACG / アラニン	AAG / リジン	AGG / アルギニン
GUU / バリン	GUU / バリン	GAU / グルタミン酸	GUU / バリン
GUC / バリン	GCC / アラニン	GAC / アスパラギン酸	GGC / グリシン
GUA / バリン	GCA / アラニン	GAA / グルタミン酸	GGA / グリシン
GUG / バリン	GCG / アラニン	GAG / グルタミン酸	GGG / グリシン

この遺伝暗号をもとにRNAをアミノ酸配列に変換すると、

U G G C A U U U A G C G

アミノ酸配列・・・

このようにしてDNAの遺伝情報をもとに合成されるのです。

タンパク質とは、「生体の構造と機能、すべてに関わるもの」「多数のアミノ酸が鎖状につながった分子」などと教科書に記述してあります。タンパク質は私たちの体をつくっているだけでなく、生命活動(食べ物の消化・呼吸・成長・・・)に欠かせない物質です。私たちの生命は、タンパク質のはたらきによって支えられているのです。

私たちの体内には、数十万種のタンパク質が存在しています。タンパク質の種類は、アミノ酸の種類と数、並び方と立体構造によって決まります。

ヒトだけでなく、すべての生命体が生きる上で欠かせないのがタンパク質です。私たちの体内では、日々タンパク質が合成されています。タンパク質の材料は、アミノ酸です。材料はどこから調達するのでしょうか？

・・・食物です。タンパク質を多く含む食品は卵白、小麦、肉、魚 等です。これらを体内に取り入れ、消化することでアミノ酸に分解し、さらにそれを新しいタンパク質の材料にするのです。

タンパク質はどうやって合成されるのか？ ...設計図をもとにつくられる。

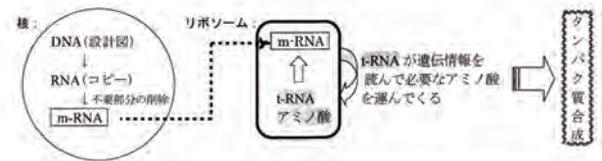
タンパク質の設計図は[]です。DNAの正式名称はデオキシリボ核酸といひ、細胞の[]の中にあります。DNAには多くの遺伝情報が含まれていて、ここに色々なタンパク質の情報(設計図)もあるのです。

DNAは設計図の原本です。大切な原本をそのまま持ち出して使うわけにはいきません。また一部の設計図が使わないのに、すべてを持ち出す必要もありません。

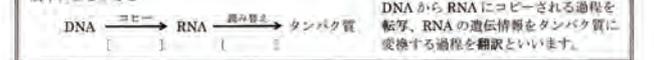
そこで原本のコピーをとります。これが[]です。RNAにコピーされた遺伝情報には不要な部分があるので、それを取り除いたものが[](メッセンジャーRNA、伝令RNA)です。

mRNAは遺伝情報をもって核の外に出て行きタンパク質の合成工場[]に移動します。mRNAは「遺伝情報」を模した設計図であり、タンパク質はアミノ酸が多数結合したものです。つまり、mRNAの情報を「アミノ酸」に読み替えてはいけません。

mRNAの情報を読んで、アミノ酸を選んでくれるのが[](トランスファーRNA、運搬RNA)です。



簡単にまとめると

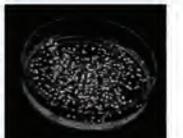


クラゲの光るタンパク質を、他の生物の細胞でつくる！

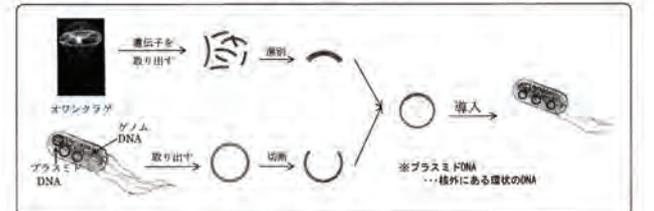
大腸菌の体内にGFPの遺伝子を導入し、大腸菌の細胞でGFPを合成する実験は、生物の授業ではよく実施されます。大腸菌の細胞内でGFPを合成すると、どうなるのでしょうか？

そうです。クラゲのように大腸菌が緑色の光を発して光ります。オワンクラゲの遺伝子を、大腸菌に導入する・・・いわゆる「遺伝子組み換え」です。

※実験で使用するのは、世間を騒がせているO-157のような病原性を持たない種類の「大腸菌」です。遺伝子組み換え実験を行った後の大腸菌も同様に病原性はありません。この大腸菌は組換えDNA実験(形質転換実験)には非常に適した生物であり、バイオテクノロジーを用いた研究では頻りに利用されています。その理由は、単細胞生物で、20分毎に増殖し、さらにこの種類の大腸菌は人間に対して毒性はなく、研究室外の環境では生育できないからです。



どのようにして大腸菌にクラゲのDNAを組み込むのでしょうか？



組み込まれた遺伝子のはたらきで、大腸菌の細胞の中でGFPが合成されます。直接GFPを細胞内に取り入れると、細胞分裂によりGFPが減少し、やがて光らなくなりますが、DNA＝「設計図」さえあれば、繰り返しGFPを合成することができるのです。

オワンクラゲのDNAを使って、大腸菌の細胞内でGFPを合成できた。これは何を意味するのでしょうか？

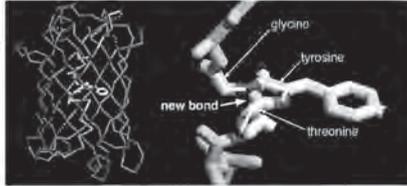
遺伝子組み換えのしくみは、万物共通！・・・だから、全く別の生物の細胞で、同じものを合成できるのです。

今回、「コムギ胚芽」を用いてタンパク質を合成します。「胚芽」とは植物の種子になる部分のことですが、生きた細胞ではありません。しかし、タンパク質合成に必要な[リボソーム]や[RNA]を含んでいます。



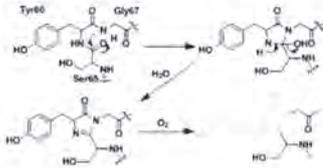
なぜ光る？GFP

GFPは、239個のアミノ酸が結合したタンパク質です。65、66、67番目に、セリン、チロシン、グリシンが結合しています。この部分の構造が変化し、紫外線や青色光を吸収して緑色の蛍光を発生します。



螺旋に折りたたまれたGFPの構造
65-66-67番目のアミノ酸は円筒の中にすっぽり包まれている。

GFPが光るには「イタオリン」というタンパク質がはたらいています。イタオリンはカルボクシムイオンとの反応により青色の光を発生する発光物質です。GFPがこの青色光をエネルギーとして吸収して不安定な状態になり、再び安定になるときに、エネルギーを緑色の光として発するのです。



GFPが緑色の光を発生するとき、この部分が酸化・酸化を起して発色団を形成します。GFPの発色団は近紫外光を吸収し、緑色可視光を放出するという特徴を持っています。

GFPは発色団を包む形で円筒構造が組まれています。この筒状構造は裏しばかりでなく、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ます。

遺伝子組み換えとバイオハザードの問題・生命倫理の問題

大腸菌を使って遺伝子組み換え実験を実施するには、法や省令において、P1レベルの感染防止措置を執ることが義務付けられています。P1レベルとは、通常の設備を備えた生物実験室で行うことが可能な遺伝子組み換え実験のことです。

もし、GFPの遺伝子が何かの植物に他の生物に入ったりしたら、生来存在しない新たな生物が自然界に広がってしまい、「遺伝子汚染」が生じる可能性があります。また、一昔前「光るメダカ」がペットとして販売され話題になったこともありますが、遺伝子組み換え技術が暴走し、人為的に作り出された生物が自然界に拡散すると、自然界の生態系に取り返しのつかない問題を引き起こしたり、また生命の尊厳を脅かすことにもなりかねません。

※元々メダカは「野井に放出された場合の生物多様性への影響に際しては評価が行われていない」ということで、「生物多様性への影響の防止」のため、販売や輸入者から回収されました。

コムギ胚芽を用いたタンパク質合成法は2000年に愛媛大学で世界で初めて確立された技術です。実験の手法は簡単ですが、世界最先端の技術です。それまで、タンパク質研究の試料調製のためには、生きた細胞を利用する以外に方法がありませんでした。しかし、この技術により試験管の中でタンパク質を自由自在に合成することができたのです。現在、この技術は生命科学研究所や医療技術・医薬品開発、その他新規バイオ産業分野の開発・開拓研究の道具として利用されてきています。

医療分野のイメージング技術

これまでの医学研究は、動物を安楽死させ、臓器や組織を取り出し顕微鏡で観察することが主体でした。

しかしこれでは、がんの転移などの細胞の動態を同一の個体で経時的に観察できませんでした。経時変化を観察するには、結果的に多くの動物を殺すことになっていました。



しかし、調べたいタンパク質に GFP を結合させると、そのタンパク質が細胞内でどのような動きをするのか観察できます。この手法により、がん細胞の増殖、アルツハイマー病の細胞死滅の様子なども観察可能になりました。生きたまま、動物の細胞の中を、外から観察できるのです。

このように、特定の分子が細胞内で、いつ、どのように、どの分子と関連して機能しているのかを可視化する技術を、蛍光イメージング技術といいます。GFP の発見により、比較的容易にタンパク質に蛍光標識をつけることができるようになりました。

2008年 ノーベル賞受賞

下村博士がオワンクラゲからの GFP を単離し、その後、マーティン・チャルフィー博士（米コロニア大学）が GFP の応用方法を開発し、遺伝子上の目印としてほぼすべての生物に利用できることを実証しました。また、ロジャー・ツェーン博士（米カリフォルニア大学）は、発光メカニズムを解明し、緑色以外の様々な色を生み出せるように GFP 遺伝子を改変する方法を開発しました。その功績により、2008年、3人の博士にノーベル賞が授与されました。

GFP の発見から実に約 50 年の時を経ての受賞でした。

参考文献・URL

- ノーベル賞の百年 創造性の基調 改訂第2版「ユニバーサル・アカデミー・プレス 開境省」<http://www.enj.go.jp/press/6802.html>
- Chem-Station : <http://www.chem-station.com/yukitopics/nobelprize2008.htm>
- Protein Data Bank Japan : <http://pdbj.org/mom/42>
- 愛媛大学 : http://www.ahime-u.ac.jp/~cellfree/new_hp/kyouiku.html
- 福岡大学 : http://www.adm.fukuoka-u.ac.jp/fu844/home2/Ronso/Yakugaku/P9-1/P0901_0143.pdf
- 鹿児島県総合教育センター : <http://www.edu.pref.kagoshima.jp/research/result/siryou/shido/h16/s01444.pdf>
- 2014 年度サイエンスリーダーズキャンプ講義「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」愛媛大学理学部 林 香樹教授「蛍光イメージング技術の最前線」愛媛大学医学部 今村健志教授

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 127～134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 156～164ページ)」において述べる。

会場、施設、機器等に関しては、問11.(1)～(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)～(6)の(4)以外は肯定が70%以上であり、スタッフからの連絡や、プログラムの運営、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.(4)「プログラムの時間設定は無理なく適切だった」に関しては否定的回答が50%程度あり、5機関全体の平均よりもさらに高く、スケジュール進行がいつも遅れ気味だったこと反映していると思われる。実施担当者としても、もっとゆったりとしたスケジュールで実施はしたいが、わざわざ遠方から来られた先生方に可能な限り多くの体験をしていただきたいと思う一方で、できるだけ効率的な運営を心がけてはいたつもりである。しかしいざ実験となると予備実験の時とは同じ様には進まなかったり、講義では時には熱弁をふるわれる先生もいたりして、進行がどうしても遅れがちになってしまった。高校で常に分単位で授業などを行っておられる先生方には担当者のアバウトな運営には馴染めなかったのであろう。

問9.(1)開催時期、問10.(1)の日程等についても否定的回答もあるが、これらに関しては各先生によって事情が異なるため、全員が良しとする時期や日程の設定は難しいと思われる。

自由記述などには

- ◆ 体力的に少し厳しい日程でした。各時間がおしぎみで、すべて遅れがちになったこと。
- ◆ とにかく盛りだくさんでいそがしかった。もう少し時間がほしいが他の仕事も考えれば仕方がない。

という極めて正常な感想もある一方で

- ◆ 「3. どちらかといえば適切ではなかった」の理由として4泊5日を希望
- ◆ 色々と許されるなら、もっと長い期間でお願いしたいです。
- ◆ できることなら時間に関係なく実験したかった。

といった非常に前向きで、担当者泣かせの感想もあった。

今後は例えば、

- ◆ テキストを事前に配布し、あらかじめ予習することが大切です。
- ◆ 実験と実験の間にもう少し時間をとって、受講者が現在の到達点を各自自ら確認できる時間をとっていただけるとよい。

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 139～154ページ

本学が実施したアンケートの設問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 156～164ページ)」において述べる。アンケートの質問事項は 135～138ページに掲載した。

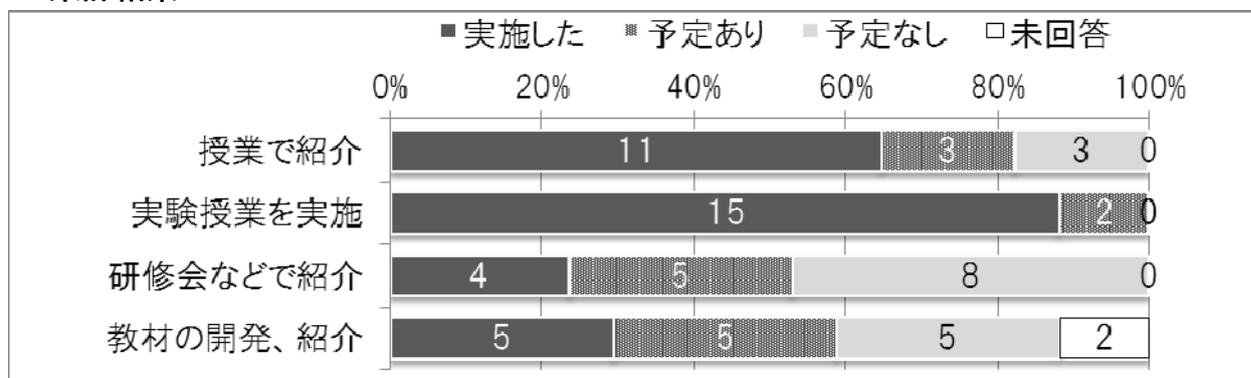
キャンプ終了後の取り組みに関するアンケート

2015年2月上旬、参加者にキャンプ後の取り組みに関して以下のようなアンケートを実施した。17名から回答があり、集計した結果(図1)、15人(回答者の88%、参加者全員の75%)がキャンプの実習に関連した実験授業を実施しており、そのうち8人が無細胞タンパク質合成の実験を実施している。教員研修会などでの紹介は4人、教材の開発が5人、また今後の予定を含めると、少なくともアンケート回答者の全員が何らかの取り組みを行うことになる。この図には示していないが、特定のグループや個人に対する指導実績として「課題研究」が4人、「科学コンテスト、研究発表会などへの参加」の指導が3人、「出展、発表などに対する受賞」が1人、「AO入試や推薦入試の実績」が4人、「その他」が6人という回答があり、この数は今後さらに増えるものと思われる。

質問事項

- (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。
 した(時期、対象の生徒や授業、時間など: _____)
 していない(今後の予定: あり、 なし)
- (2) 生化学や分子生物学的内容の実験授業を実施した
 した(時期、対象の生徒や授業、時間など: _____)
 実施内容; 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
 タンパク質の分析など(時期、対象の生徒や授業、時間 _____)
 その他(具体的に: _____)
 していない(今後の予定: あり、 なし)
- (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。
 した(時期、対象の生徒や授業、時間など: _____)
 していない(今後の予定: あり、 なし)
- (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。
 した(時期、対象の生徒や授業、時間など: _____)
 していない(今後の予定: あり、 なし)
- (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(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 _____)

図1. 集計結果



アンケートJST実施分

【愛媛大学】H26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(選択式)

	計(人)	割合(%)	5機関全体
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。(複数回答有)			
1 教育委員会から参加を勧められた	12	40.0%	24.8%
2 上司(校長、教頭など)に参加を勧められた	10	33.3%	31.6%
3 同僚に参加を勧められた	2	6.7%	6.0%
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%	2.3%
5 指導技能や知識を高めるため自ら受講を希望した	6	20.0%	33.8%
6 その他	0	0.0%	1.5%

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。(複数回答有)

1 JSTのホームページ	1	7.1%	8.0%
2 理科ねっとわーくメルマガ	1	7.1%	8.0%
3 教育委員会からの案内	7	50.0%	41.3%
4 学校内での案内	3	21.4%	36.0%
5 教育関連団体からの案内	0	0.0%	2.7%
6 その他(JSTのチラシ 1名)	2	14.3%	4.0%

問2 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	13	68.4%	83.7%
ある程度期待していた	6	31.6%	16.3%
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	9	47.4%	64.3%
ある程度期待していた	9	47.4%	31.6%
あまり期待していなかった	1	5.3%	3.1%
まったく期待していなかった	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。

とても期待していた	2	10.5%	6.6%
ある程度期待していた	10	52.6%	12.0%
あまり期待していなかった	5	26.3%	5.6%
まったく期待していなかった	2	10.5%	0.8%

(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	8	42.1%	54.1%
ある程度期待していた	7	36.8%	37.8%
あまり期待していなかった	4	21.1%	8.2%
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	4	21.1%	12.2%
やや難しい	9	47.4%	43.9%
ちょうど良い	6	31.6%	42.9%
やや易しい	0	0.0%	1.0%
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%	4.1%
やや難しい	4	21.1%	14.4%
ちょうど良い	14	73.7%	76.3%
やや易しい	0	0.0%	5.2%
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%	2.1%
やや難しい	7	36.8%	25.8%
ちょうど良い	11	57.9%	68.0%
やや易しい	0	0.0%	4.1%
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%	0.0%
やや難しい	5	26.3%	15.3%
ちょうど良い	13	68.4%	80.6%
やや易しい	0	0.0%	4.1%
易しい	0	0.0%	0.0%

【愛媛大学】H26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(選択式)

計(人)	割合(%)	5機関全体
------	-------	-------

(5) プログラム全体について

難しい	2	10.5%	2.1%
やや難しい	7	36.8%	18.6%
ちょうど良い	10	52.6%	79.4%
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・複数回答有)

【1日目】 講義「遺伝子とタンパク質ータンパク質の多様性」	0	0.0%	
【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	10.5%	
【1日目】 実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成ー1:mRNAの合成」	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:タンパク質の試験管合成」	8	42.1%	◎
【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】 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	2	10.5%	
【3日目】 実習「電子泳動によるタンパク質の分析」	1	5.3%	
【3日目】 講義「人のタンパク質は何種類？」	0	0.0%	
【3日目】 実習「質量分析によるタンパク質の分析」	0	0.0%	
【3日目】 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」	1	5.3%	
【3日目】 研究センターの見学	2	10.5%	
【4日目】 講義「生物って？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、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%	↑	71.1%
どちらかとあてはまる	4	21.1%		28.9%
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%

(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	3	15.8%	↓	33.0%
どちらかとあてはまる	13	68.4%		61.9%
どちらかといえばあてはまらない	2	10.5%		4.1%
あてはまらない	1	5.3%		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%		31.3%
どちらかとあてはまる	13	68.4%		57.3%
どちらかといえばあてはまらない	1	5.3%		10.4%
あてはまらない	1	5.3%		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	10	52.6%		61.9%
どちらかとあてはまる	7	36.8%		33.0%
どちらかといえばあてはまらない	2	10.5%		5.2%
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	14	73.7%	↑	59.8%
どちらかとあてはまる	5	26.3%		37.1%
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%		3.1%
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	11	57.9%		70.1%
どちらかとあてはまる	8	42.1%		28.9%
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%		1.0%
あてはまらない	0	0.0%		0.0%

【愛媛大学】H26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(選択式)

計(人)	割合(%)	5機関全体
------	-------	-------

問7 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%	◎	69.1%
ある程度有意義だった	4	21.1%		29.9%
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%

(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%	◎	82.5%
ある程度有意義だった	2	10.5%		16.5%
あまり有意義でなかった	1	5.3%		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%

(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	17	89.5%	↑	79.4%
ある程度有意義だった	2	10.5%		20.6%
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%

(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	12	63.2%	↑	55.1%
ある程度有意義だった	7	36.8%		39.8%
あまり有意義でなかった	0	0.0%		5.1%
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%		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	7	36.8%		40.8%
ある程度有意義だった	10	52.6%		53.1%
あまり有意義でなかった	1	5.3%		5.1%
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	1	5.3%		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	4	21.1%	↓	35.7%
ある程度有意義だった	9	47.4%		50.0%
あまり有意義でなかった	6	31.6%		14.3%
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%

(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	10	52.6%		44.9%
ある程度有意義だった	5	26.3%		42.9%
あまり有意義でなかった	4	21.1%		12.2%
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%

(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	8	42.1%		59.2%
ある程度有意義だった	10	52.6%		34.7%
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%		0.0%

(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	13	68.4%		75.5%
ある程度有意義だった	4	21.1%		19.4%
あまり有意義でなかった	2	10.5%		5.1%
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%		0.0%

【愛媛大学】H26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(選択式)

	計(人)	割合(%)	5機関全体
(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	11	57.9%	73.5%
ある程度有意義だった	6	31.6%	23.5%
あまり有意義でなかった	2	10.5%	3.1%
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%	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	6	31.6%	42.9%
ある程度有意義だった	10	52.6%	43.9%
あまり有意義でなかった	1	5.3%	12.2%
まったく有意義でなかった	2	10.5%	1.0%
そのような体験や内容がなかった	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			
有意義だった	9	47.4%	45.9%
ある程度有意義だった	7	36.8%	36.7%
あまり有意義でなかった	1	5.3%	16.3%
まったく有意義でなかった	2	10.5%	1.0%
そのような体験や内容がなかった	0	0.0%	0.0%

(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			
◎	15	78.9%	◎ 38.8%
ある程度有意義だった	2	10.5%	9.7%
あまり有意義でなかった	2	10.5%	1.5%
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	17	89.5%	◎ 81.6%
ある程度有意義だった	1	5.3%	18.4%
あまり有意義でなかった	1	5.3%	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%	61.2%
ある程度有意義だった	6	31.6%	34.7%
あまり有意義でなかった	1	5.3%	3.1%
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%	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	10	52.6%	62.2%
ある程度有意義だった	7	36.8%	32.7%
あまり有意義でなかった	2	10.5%	5.1%
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%	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	13	68.4%	71.4%
ある程度有意義だった	4	21.1%	25.5%
あまり有意義でなかった	2	10.5%	3.1%
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%	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	10	52.6%	75.5%
どちらかといえば適切だった	7	36.8%	17.3%
どちらかといえば適切ではなかった	2	10.5%	7.1%
適切ではなかった	0	0.0%	0.0%

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	6	31.6%	67.7%
どちらかといえば適切だった	8	42.1%	24.0%
どちらかといえば適切ではなかった	4	21.1%	7.3%
適切ではなかった	1	5.3%	1.0%

【愛媛大学】H26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(選択式)

計(人)	割合(%)	5機関全体
------	-------	-------

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	14	73.7%	70.1%
どちらかといえばあてはまる	3	15.8%	20.6%
どちらかといえばあてはまらない	2	10.5%	9.3%
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	17	89.5%	◎	91.8%
どちらかといえばあてはまる	1	5.3%		6.1%
どちらかといえばあてはまらない	1	5.3%		2.0%
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	16	84.2%	◎	90.8%
どちらかといえばあてはまる	3	15.8%		9.2%
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%

(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	15	78.9%		87.8%
どちらかといえばあてはまる	4	21.1%		12.2%
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%

(5) 設備や機器等は不足なくそろっていた。

あてはまる	18	94.7%	◎	89.6%
どちらかといえばあてはまる	1	5.3%		9.4%
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%

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	14	73.7%		82.7%
どちらかといえばあてはまる	4	21.1%		15.3%
どちらかといえばあてはまらない	1	5.3%		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	17	89.5%	◎	90.8%
どちらかといえばあてはまる	2	10.5%		9.2%
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	14	73.7%		79.4%
どちらかといえばあてはまる	4	21.1%		19.6%
どちらかといえばあてはまらない	1	5.3%		0.0%
あてはらない	0	0.0%		1.0%

(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	7	38.9%	↓	45.8%
どちらかといえばあてはまる	2	11.1%		32.3%
どちらかといえばあてはまらない	8	44.4%	↑	20.8%
あてはらない	1	5.6%		1.0%

(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	16	88.9%	◎	88.4%
どちらかといえばあてはまる	2	11.1%		11.6%
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	14	77.8%		67.4%
どちらかといえばあてはまる	4	22.2%		27.4%
どちらかといえばあてはまらない	0	0.0%		2.1%
あてはらない	0	0.0%		3.2%

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		
研修計画の際に知りました。		
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。		
愛媛大学の雰囲気を知る		
ポスターセッション等で実験のネタを広げること、セントラルドグマの実験を習得すること。		
生徒実験に役立つネタを探し、簡便に実現可能なものをいれたいと思っていました。		
最新の研究事情や設備を学び、生徒の指導に役立てたい。		
大学のように。自分が通っていたときと比べて変わっているところ。		
愛媛大学で行われてる研究内容		
どのような工夫をして実験に取り組んでいるのか。周囲の先生方をどのように情報交換をしているのか。		
自分が学生のときは、院生が研究で行う電気泳動を見学していた程度なので、実際に自分で実験をして、その手法を少しでも使えるようになりたかった。		
自身が経験した事のない分野にふれること。		
無細胞系のタンパク質にとっても興味がありました。		
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。		
とても良いチームですが、各自がパラバラにとりくむので内容を最初把握しにくかったです。		
化学領域の内容全般		
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
予想通りにならなかった結果の考察を議論しながらまとめていく作業が、思いの外楽しかった。(一番大変でしたが...)	結果の考察と発表	3~4
2日目です少し慣れてきて、転写と翻訳の可視化できる実験で学校で活用できると思ったため。	無細胞合成系によるタンパク質の合成	2
大腸菌が形質転換したことが視覚的にわかりやすかった。教科書で理論はわかっていたが実際にすることにより深く理解できた。勤務校でも実施する意義があると思いました。無細胞タンパク質合成技術の体験から、生徒が生命活動を探究的に調べたり考えたりできることがよくなりました。実感できました。	遺伝子を働かせる	1
高校での授業において、とりくみにくい分野の実験であったから。	無細胞合成系によるタンパク質の合成	2
簡易版の冷凍乾燥させた小麦胚芽抽出液による無細胞タンパク質合成実験の簡易版なら、高校生にとりあつかいやすいと考えます。	無細胞合成系によるタンパク質の合成	2
やった実験が何を意味するのかかわからないと、ただ実験をやった自己満足で終わり、理解とつながらないと思います。	(試験管内)	
元からマラリアには興味があった。抗体と反応するタンパク質を合成し、それをタンパク質ワクチンとして利用するというプロセスに感心した。	タンパク質はマラリアを無くす切り札	2
実習として、マラリアを扱ってみたかったというのが本音です。		
蛍光タンパクの光は美しく、教員になった身にも感動を与えてくれました。久しぶりに夜遅くまで結果を楽しむに実験ができました。	無細胞合成系によるタンパク質の合成	2
電気泳動によるタンパク質の分析を実際に体験してみたかったため	電気泳動によるタンパク質の分析	3
生きたまま体の内部を見る技術は本当にすごいなと思ったから。研究や臨床への波及も大きなものになると感じたから。	研究センターの見学	3
以前に取り組んだことがあるが、簡便キットで赤いタンパク質の発現がみられたこと。今後どうすればもっと今日興味をもてるのか考えられる機会にもなった。	無細胞合成系によるタンパク質の合成	2
教科書等の図などで理屈は分かっているつもりであったが、実際にそれが目の前の現象として体験できて感動した。	組換えDNAの作製	1
目には見えないことを結果から考察することが重要であった。		
最先端の科学技術を知っていて、遺伝子の分析やタンパク質の分析ができるスキルは教員としてももちろん必要だと思うが、それをどう教えるかが、気になる。実際、生徒に実験させる時の方法や、経費が気になってしまう。実験プリントを自分の学校の生徒に合うようにしていきたい。	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	3
医学科の研究には興味があった事と施設等について見学できてよかった。	医学科の見学	3
マラリア研究の説明を聞いて、2日目までに行った実験の内容が深まりました。	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	2
下準備はしていただいた上であることは承知していますが、こんな簡単な手順でタンパク質が合成できることを知ったため。	無細胞合成系によるタンパク質の合成	2
GFP導入により変化が目で確認でき、生徒実験としてもキット化により扱いやすい。	無細胞合成系によるタンパク質の合成	2
全ての事に良かったと思いますが、特に最後の考察を考える点がとてもおもしろかったです。また、コドン表の見方(3つ目の塩基が違っても同じアミノ酸だとか)が今まで考えていなかったのも、新しい発見です。		
コムキ胚芽抽出液によるものは、他ではなかなか経験できないことと、チューブで作成したものを、LEDによる光の照射で分かりやすくその発光を見ることができるところ。2日目の夜とそれを確認したときが一番感動したため。	無細胞合成系によるタンパク質の合成2	2

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
4日間という長い期間を楽しそうに講義お世話していただいた林先生他を見ていて、優れた人達の頑張りに刺激を受けた。
林先生や片山先生と知り合えた

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。
実験の授業で、予想外の実験結果＝失敗で終わるのではなく、その理由を議論しあって考える時間をとる。ということ。無理に1時間におさめるのではなく、考察をゆっくりとる。
本校の生徒に転写や翻訳を教えるのは難しいですが、実験にチャレンジしてみようかと考えています。
高校でも「学校で習ったことを忘れた後にも学生に残っているものがあるかどうかで評価できる」と思いました。楽しく授業を実践したいと思いました。実験の大切さを実感しました。生き物から学ぶ、生命活動を学ぶためにも、きちんと年間計画を立てて、計画的に実験をしたいと思えます。(夏休みの宿題です。)
タンパク質について。研究方法や合成したタンパクをどのように生かしているのかなど、プロテオームの意識が高まった。今まではゲノムの方がより大きなウエイトをしめており、そのような授業になっていた。これを改善していきたい。
専門性の向上と思考力を伸ばす実験や指導計画を考える。
実験指導のこともあり、知育偏重の授業をせざるを得ない場面が多い。自ら「考え」、そして皆で「議論」する。その点が重要であると再認識した。
理科好きの生徒は作るのではなく、見出すということを再認識しました。単に教科書の内容を授業するのではなく、SLCで学んだことを生かして今まで以上に広がりのある授業を展開していきたいです。
・生徒実験として無細胞系でのタンパク質合成を実施すること。 ・DNA及びタンパク質の電気泳動の準備、実施を行うこと。
自分が大学を離れてからのいろいろな分野の最先端研究を見せていただくことができました。今回見せていただいたものだけでなく、各大学、研究機関等で行われていることにもっと注目して生徒たちに伝えていけるようなことをしたいと思いました。
無細胞タンパク質合成系を授業に取り入れてみたい。
観察、実験を重視して科学の色々な現象を体験させたい。また、自分としても常に最先端の技術を知る努力をして、授業に取り入れていきたい。
・無細胞タンパク質合成実験を生徒にさせてやりたい。 ・できるだけ本物に触れさせてやりたい。 ・アミノ酸を立体的に見せること。
教材開発に熱心な先生方の取り組みを見て、私もこれまで「できない」と思っていた内容が多々ありましたので、もう一度挑戦してみようと思いました。キャンプで行った実験からもヒントを頂きました。
最先端の実験を手軽に行えるノウハウを吸収できたため、学校の機器を有効活用して生徒に体験の場を増やしていきたい。
今回、自ら授業案を作成したものについては、改良を加えて、本年度中には行ってみたいと考えている。その際に、協力をお願いすることがあるかもしれませんが、よろしく願います。

「3. どちらかといえば適切ではなかった」「4. 適切ではなかった」を選択した人のみお答えください。 (2)その理由をお教えてください。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
3)生徒を引率するサマーキャンプに入っております。あと数日早いと補習期間中ですが、イベントと重ならないためそちらの方が都合が良かったです。	7月末までに終了する日程
3)3年生の担任であり、入試、行事等を考えると今年に限ると、出やすい時期はない。	

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。
「3. どちらかといえば適切ではなかった」 4泊5日
「2. どちらかといえば適切だった」 色々と許されるなら、もっと長い期間でお願いしたいです。

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。
プロジェクターだけ△
最終日のプレゼン作成ではカメラのメモリやUSBメモリのコンピュータ接続が必須だったので事前に知らせておいてほしかった。
空港から大学まで大きな荷物を持って移動するのが大変でした。

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。
体力的に少し厳しい日程でした。
各時間がおしぎみで、すべて遅れがちになったこと。
できることなら時間に関係なく実験したかった。
問13. 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。
初めは、忙しく理解できにくいところがあったが、少しずつ慣れてきた。私の理解力や勉強不足のために余裕がなかった。しっかりと頑張らなければと思うキャンプだった。ありがとうございました。
すばらしいキャンプでした。県内の先生方との交流が少ないので、たくさんの先生方と交流でき、初心に帰ることができました。又、授業技術の足りなさも実感でき、これまでの実験も、最新技術の実験も、授業に取り入れなければ授業は楽しくないと思いました。特に夜の居酒屋で大学の先生方、JSTの方々とお話できたことが、とても刺激になりました。理科教育に対する熱意や、これまでのご苦労など…徳島では部活以外での先生方との交流はまったくしていなかったのです。又、大学の同級生とも会うことができ初心に帰れました。
テキストを事前に配布し、あらかじめ予習することが大切です。
お世話になりました。未熟な私にご指導下さりありがとうございました。より、現場で簡単に行える実験方法があれば、さらに毎回の理科の授業がレベルアップできるので企画に入れてください。「先端技術を教材化する」を今年の自分の取り組みとして課して楽しみたいです。
全国の多くの学校で夏期補習等もあるので、8月第2週あたりの日程が、参加しやすい人が多くなるように思います。
実験自体はいくら長くてもかまいませんが、日程が少しタイトな気がします。講義を1つ減らすか、もう1日日程を延ばしても良いのではないのでしょうか。
プログラム終了時間が連日9:00過ぎになるのは大変きつかったです。もう少し時間に余裕がほしかったです。
既に記載していますが、時間がおしぎみで、特に最後のプレゼン発表の考察時間が不足していたように思います。これ以上プログラムの中身を削るのは難しいと思いますが、時間的にしんどかったです。
とにかく盛りだくさんでいそがしかった。もう少し時間がほしいが他の仕事も考えれば仕方がない。
最初にテキストを見たときに、内容が盛りだくさんすぎて、消化不良にならないか心配だったのですが、周りの方々に置いていかれないように必死で頑張ってたなんとかできました。ありがとうございました。
内容が密で充実していたので、4人×3班の12人程で実施した方が、ポスターセッションの説明や実験観察の時間、他のグループとの交流の時間も十分にとれたのではないかと思います。充実した研修でした。本当にありがとうございました。
実験と実験の間にももう少し時間をとって、受講者が現在の到達点を各自自ら確認できる時間をとっていただけるとよい。
実施内容が濃いのはありがたいと思いますが、日に日に疲労がたまり、講義中に集中力を欠いてしまうことがあった。実施内容を減らせないなら、同じ内容で日程を1日のばせば、無理なくキャンプの内容を吸収できると思う。どれも内容が良いだけにもったいないです。

サイエンスリーダーズキャンプ 2014年7月30日-8月2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？

とても興味もてた 少し興味もてた あまり興味もてなかった 全く興味もてなかった

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: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)の内容は興味もてましたか？

とても興味もてた 少し興味もてた あまり興味もてなかった 全く興味もてなかった

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:遺伝暗号を見よう(高井)の内容は興味もてましたか？

とても興味もてた 少し興味もてた あまり興味もてなかった 全く興味もてなかった

講義:遺伝暗号を見よう(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)の内容は興味もてましたか？

とても興味もてた 少し興味もてた あまり興味もてなかった 全く興味もてなかった

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)の内容は興味もてましたか？

とても興味もてた 少し興味もてた あまり興味もてなかった 全く興味もてなかった

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ありましたか？

とても興味をもてた 少し興味をもてた あまり興味をもてなかった 全く興味をもてなかった

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？興味がありましたか？

とても興味をもてた 少し興味をもてた あまり興味をもてなかった 全く興味をもてなかった

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」の内容は興味がありましたか？

とても興味をもてた 少し興味をもてた あまり興味をもてなかった 全く興味をもてなかった

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」の内容は興味がありましたか？

とても興味をもてた 少し興味をもてた あまり興味をもてなかった 全く興味をもてなかった

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」の内容は興味がありましたか？

とても興味をもてた 少し興味をもてた あまり興味をもてなかった 全く興味をもてなかった

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」の内容は興味をもてましたか？

とても興味をもてた 少し興味をもてた あまり興味をもてなかった 全く興味をもてなかった

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」の内容は興味をもてましたか？

とても興味をもてた 少し興味をもてた あまり興味をもてなかった 全く興味をもてなかった

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)」での説明は興味をもてましたか？

とても興味をもてた 少し興味をもてた あまり興味をもてなかった 全く興味をもてなかった

「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

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)」での説明は興味をもてましたか？

とても興味をもてた 少し興味をもてた あまり興味をもてなかった 全く興味をもてなかった

「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

コメント(特に役に立ちそうな内容など):

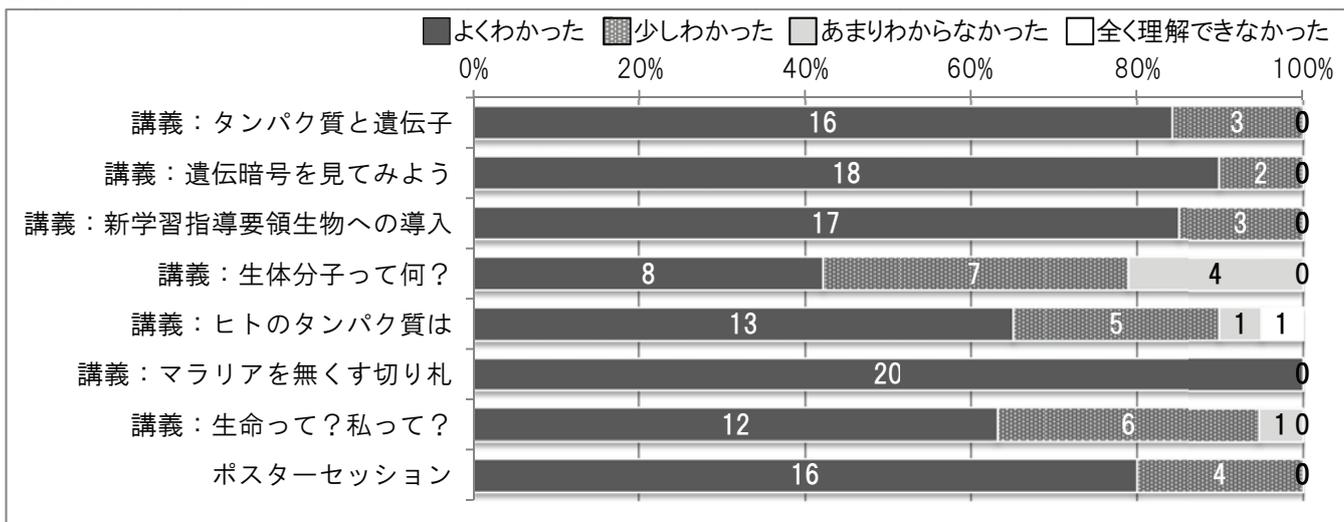
その他、研究センターの見学に関する感想、要望など自由にお書き下さい

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。

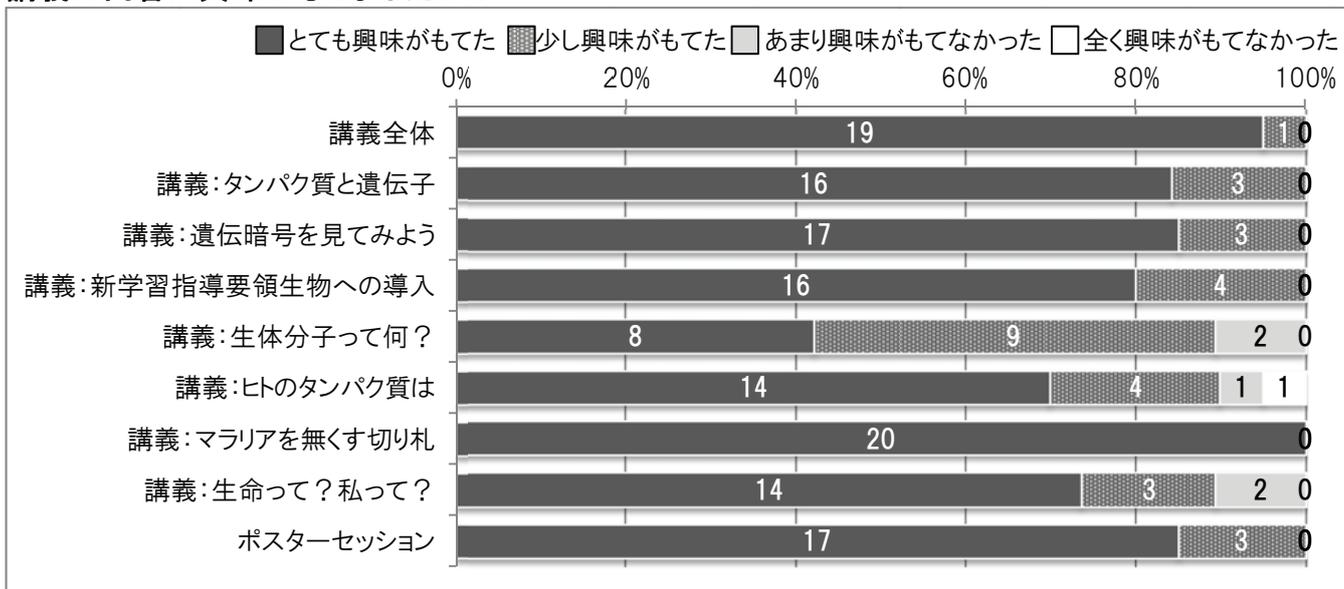
5 今後の取り組み(勤務校での授業実施、教材開発など)に関する予定や抱負などをお書き下さい。

1. 講義およびポスターセッションについて

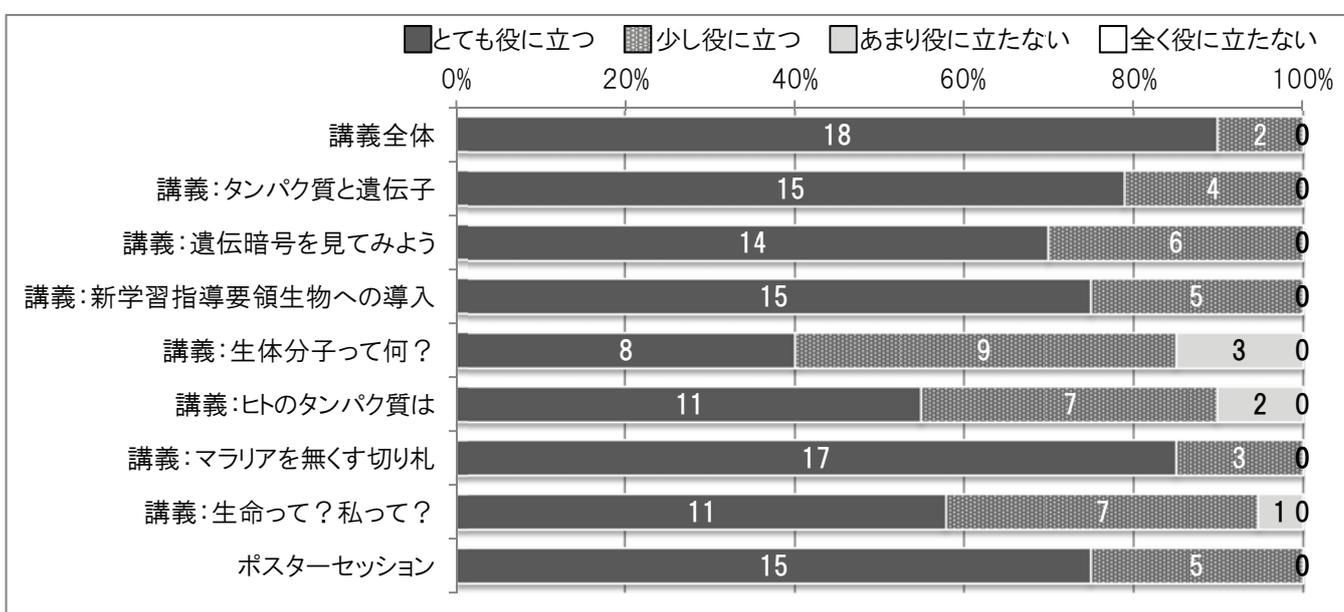
講義の内容は理解できましたか？



講義の内容に興味がもてましたか？

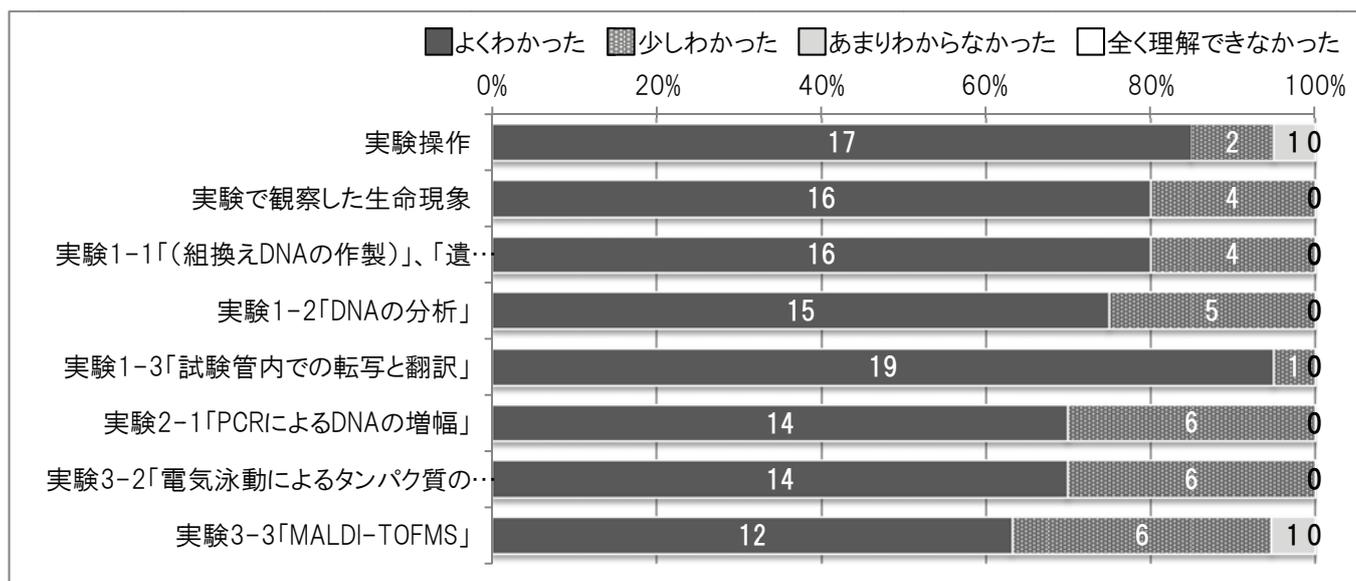


講義の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

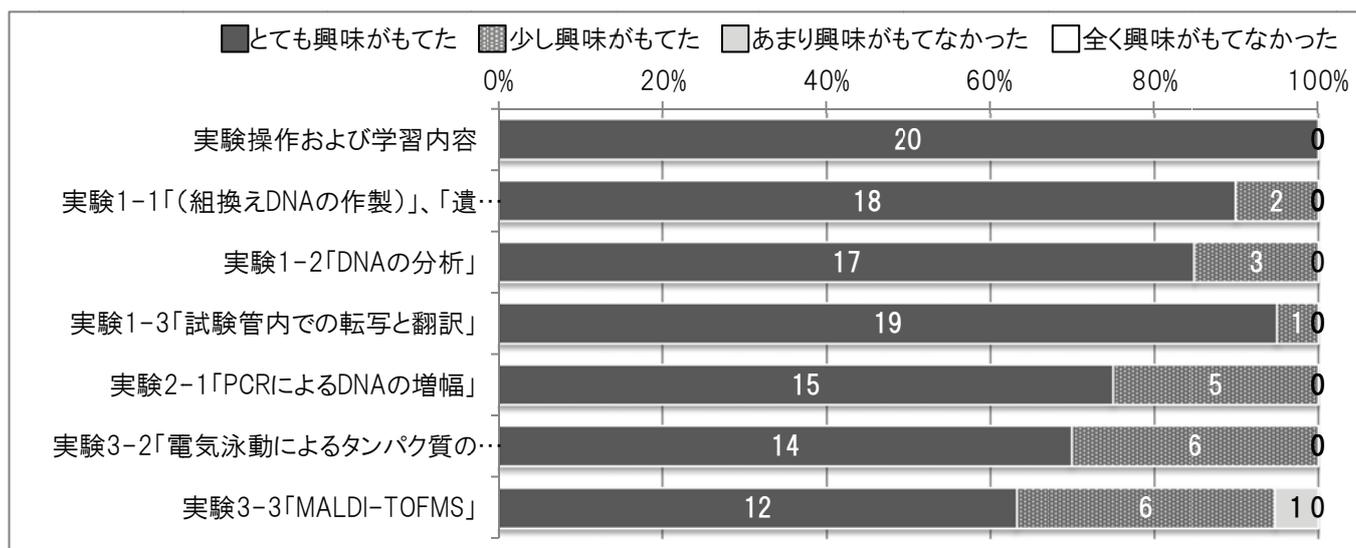


2. 実験について

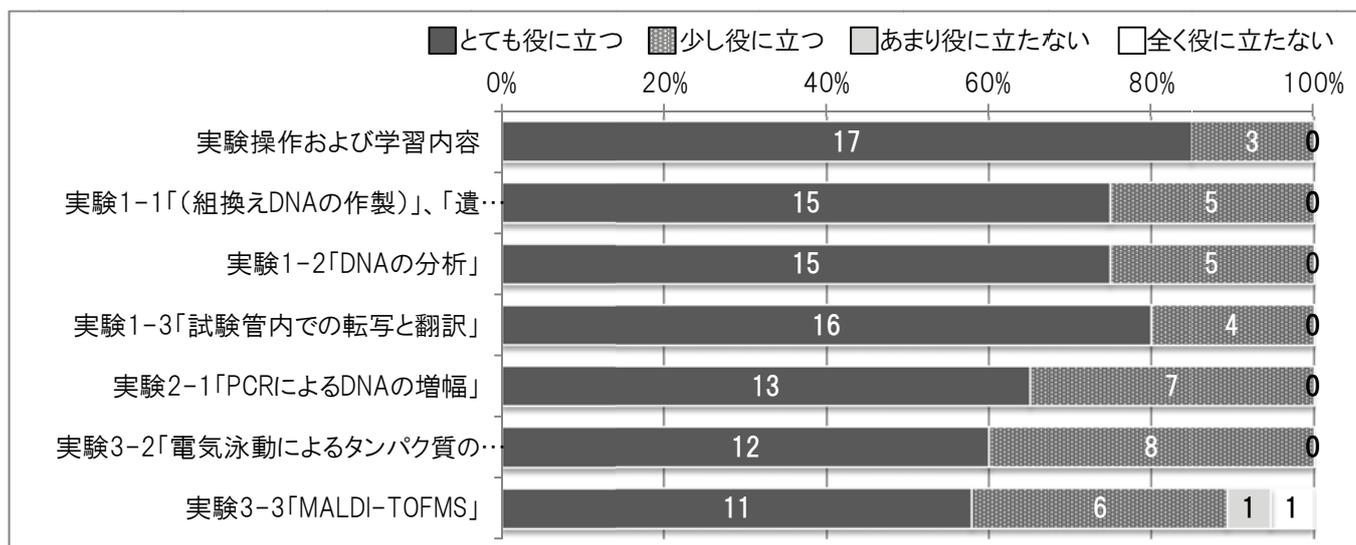
実験の内容は理解できましたか？



実験の内容は興味をもてましたか？

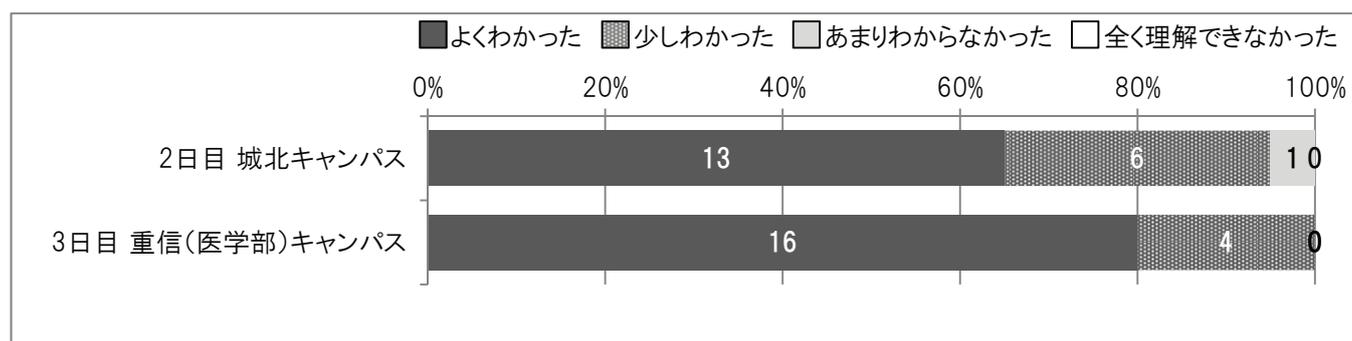


実験の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？

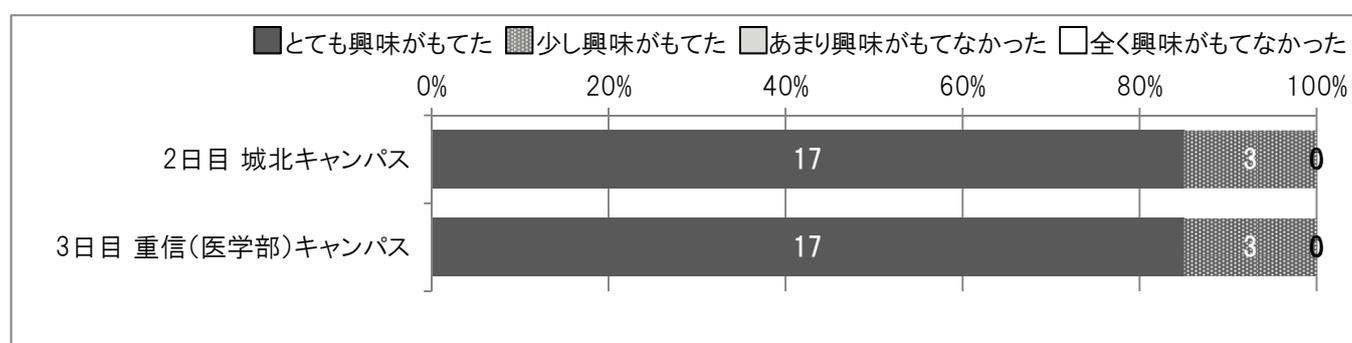


3. 研究施設の見学について

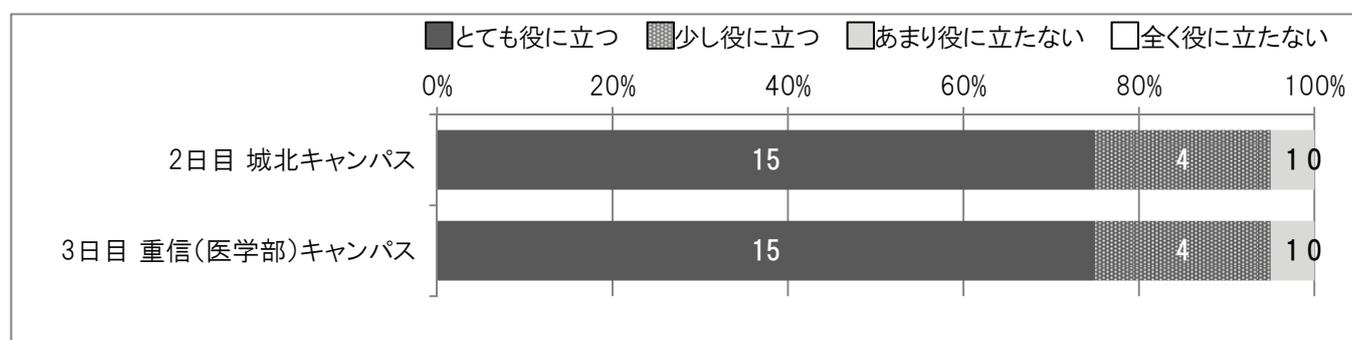
「研究センターの見学」での説明は理解できましたか？



「研究センターの見学」での説明は興味をもてましたか？



「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？



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

- ◆現在の生物学において無細胞タンパク質合成技術がとても意義のあることだとよく分かった。新学習指導要領に期待されていることも。楽しく学ぶ、才能を開花させる、伸ばす、楽しくなければ才能も意欲も芽生えない。今後の授業を見直していこうと思いました。
- ◆タンパク質分析方法が自分の知識よりはるかに進んでいた。
- ◆授業プリントと研究収録は即使えます。
- ◆高校の現場で(予算があれば)このような実験を生徒にさせられるということを知ったこと。
- ◆今回の研修を受けて DNA センtralドグマ等に関する知識がほとんどなかったもので、化学の教科書の中でこれらがでてきたときに生物好きの生徒も満足できる話が授業でできるようになり、大変ありがたく思っています。
- ◆学生時代にもほとんど触れることがなかった電気泳動の技術がしっかり理解できてとてもありがたい。必ず授業などに生かしていきます。
- ◆大学で今やっている研究を実際にみるのができたこと。
- ◆スライドで使われていたいろいろな図は参考にさせていただきそうです。
- ◆マラリア研究とタンパク質、発光のしくみ
- ◆理解しにくいセントラルドグマをどのように可視化して指導するのか興味がありました。
- ◆無細胞系なら、生徒も理解しやすいと思います。
- ◆遺伝子組み換えに生物に対する法的規制と無細胞系タンパク質合成のメリットについて、大変納得しました。
- ◆もう少し時間に余裕がほしいが内容や他の校務を考えると仕方がない。
- ◆医学部の施設見学、プロテオサイエンスセンターの見学

講義:タンパク質と遺伝子(林)に対するコメント

- ◆タンパク質の構造、DNA の構造、セントラルドグマ、学んだことを結びつけるために試験管内タンパク質合成が必要不可欠。現代生命科学では無細胞タンパク質合成技術が基本。だから、生徒が体験して学習を深め実験をし、さらに発展させることが重要。
- ◆ゲノム DNA の解析の先に、生命現象を知るために、タンパク質の機能解析が大切なことは今までにない視点だった。
- ◆内容が不勉強だった私には難しかったです。
- ◆各場面でいただいたコメントが的確でとても役に立ちました。(キャンプ全体を通して思ったことです。)
- ◆機器のトラブルでこの講義をしっかり受けることができなかったのが、今回の研修で一番の心残りです。
- ◆現在「生物基礎」を担当しており、大変参考になった。特に DNA の塩基配列がわかってそれだけでは意味がなく、そこからどんなタンパク質ができるかが重要だということが理解できた。
- ◆プロジェクターがうまく映ればもっとわかりやすかったはずです。
- ◆発光タンパク質の立体構造がちょうちんに似ているというのが印象的でした。
- ◆立体構造をながめる方向によって光量は変わるのでしょうか？
- ◆無細胞タンパク質合成の意義
- ◆林先生の講義はどれも興味深く、とても楽しいものでした。時間があればもっとお話したかったです。
- ◆いろいろお世話いただき、ありがとうございました。

講義:遺伝暗号を見よう(高井)に対するコメント

- ◆ 遺伝暗号は全生物で共通だから、祖先は共通、だが暗号を変化させている生物もいる。遺伝暗号には対照性がある。自分を守るために遺伝暗号を変化させた。これが近代。
- ◆ 遺伝暗号が異なる生物がいること、人工的に変えられることは驚いた。
- ◆ ふだんの授業には後に立ちます。逆に重複することもあります。基本から、アミノ酸、タンパク質を勉強するにはとても良いと思います。
- ◆ 今まで考えたこともない視点で学べたことが嬉しいです。
- ◆ 遺伝暗号がどのようにして解明されていったのか、その歴史的な実験過程がよくわかり大変興味深い内容でした。
- ◆ コドン表が全生物で「ほぼ」同じということが興味深い。コドンの指定するアミノ酸が少しずつ異なる生物がいりことを確かめられてよかった。祖先が共通とはいっても何十億年も同じというのが不思議だった。
- ◆ コドン表の対称性はおもしろかったです。
- ◆ 偶然凍結説、コドン表の対称性、共通性
- ◆ 本校(偏差値 40 程度)の生徒には難解ですが、進学校ではどの内容も生徒が関心をもてるものでした。
- ◆ 内容を理解していましたが、改めて講義を受けて頭の中が整理されました。
- ◆ 遺伝暗号を変えている生物がいることをはじめて知った。とても興味深かった。
- ◆ アミノアシル化酵素が tRNA のアンチコドンの配列を認識しているものだとばかり思っていたが、それも違うこともはじめて知った。
- ◆ カンジダにおいて遺伝暗号が変化しているところ
- ◆ 遺伝暗号の対称性

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

- ◆ サイエンスリーダーズキャンプの意義がよくわかりました。やはり教員への普及が大切だと思います。(あと県総合教育センターへも。)
- ◆ キソと専門生物での教え方がよくわかった。
- ◆ 意図はわかったが、高校教師の姿勢がここまで高度なものまで取り組む熱意がなにより驚いた。実際的で助かります。
- ◆ 高校教師の目線で、高校の実験では実施が難しいと思われる実験方法を開発されていたので、その開発方法は科目が違ってても大いに参考になると思いました。
- ◆ 難しい内容こそ、実験させるんだという気迫が伝わってきた。自分も今年は、受験と実験を両立させることをテーマにしているので、大変参考になった。
- ◆ 年間の時間数にどう組み込むか、ということと、¥21000 という予算を何とかクリアして導入を考えます。
- ◆ 身近な(手に入りやすい)実験道具で簡単にできるように改良された実験に感銘をうけました。しかし現実にと考えると授業時間内での実施はむずかしいと思いました。
- ◆ 高校の理科教師として、理科教育の楽しさや重要性を再確認しました。
- ◆ 学校現場への具体的な導入事例が聞けたのは大変よかった。
- ◆ 次は簡便法が生物基礎で教科書に載り、キット化されてほしい。
- ◆ 観察中の生徒の笑顔が印象に残りました。

講義:「生体分子って何?」(古賀)に対するコメント

- ◆ Moodle の利用法について学びました。実験方法やよりよい実験についてコミュニケーションを続けることができそうです。
- ◆ 時間の制約があったので、生体分子について深めていくことができなかったのが残念です。
- ◆ つまり、パソコンできないとこれからは教師はしんどいことがわかりました。

- ◆時間が短かった、ソフトの使い方に時間を使ってほしかった。
- ◆パソコンでソフトを使える状態にするところで時間となり、ソフトを使っての詳しい説明が聞けなかったのが残念でした。立体的に見るソフトを教えて頂いたのは今後の授業に活かしていけるとと思います。
- ◆Eラーニングを使えるようにして頂いてありがとうございます。PC上で生体分子を動かすソフトは事前に予習させて頂き、スムーズに扱えました。授業で即使える教材だと思います。
- ◆先生用PCと学生用PCの画面がちがっていて説明がわからないところがありました。
- ◆タンパク質の立体構造が一目で理解できるので使いそうです。
- ◆「Moodleの使用方法」が主だったように思う。
- ◆生体分子のモデル図がMoodleにあるということは分かった。
- ◆Moodleの開き方だけで終わってしまったので内容についてはコメントできません。
- ◆CGを使った分子シミュレーションがうまく使えればおもしろいと思いました。
- ◆もう少し、実際の授業で使えるような実習をしていただきたかった。
- ◆3次元CGソフト

講義:「ヒトのタンパク質は」(真鍋)に対するコメント

- ◆酵素がなぜ触媒作用を示すのか、については初めて知ったので興味深かった。
- ◆電気泳動は分子の大きさだけでなく電荷の影響も受ける。
- ◆タンパク質の分析法は電気泳動からかなり発展したものになっている。
- ◆質量分析について原理がよくわかった。特にアミノ酸配列が決定できることは新しい知見である。
- ◆授業レベルの内容から最新の装置までわかりやすかった。
- ◆断片的にしか理解できず、自分の化学の知識不足がうらめしい。
- ◆タンパク質に関する内容だけでなく、分析機器の原理・構造を説明して下さったので、実際の機器を見たとき、その仕組みがよく理解できました。
- ◆アミノ酸の側鎖の違いによってタンパク質の立体構造が決まるということは、多くても2000コのアミノ酸がつながっているのがタンパク質なので、その数は $20^{\text{数}^+} \cdots +20^{2000}$ 種類で一応有限なんだということに興味をもった。
- ◆「代謝マップ」から高校では代謝経路のほんの一部しか学ばないということを生徒に伝えられそうです。
- ◆前半のタンパク質に関する内容は大変おもしろく授業で活用したいと思ったが、後半の質量分析の原理については興味ももてず授業でも使いにくいと思った。
- ◆大変興味深く、楽しい講義でした。
- ◆タンパク質が触媒になりうる原因が立体構造のゆらぎであるということ。
- ◆タンパク質の2次元電気泳動など、昔教わったことが復習できた。
- ◆基質の切断のされ方がLEGOブロックのようだったこと。

講義:「マラリアを無くす切り札」(坪井)に対するコメント

- ◆マラリアに対する予防に無細胞タンパク質合成系がなぜ役に立つのか不思議に思ったがよくわかった。無細胞タンパク質合成系の様々な利用法がおもしろいと思った。
- ◆大腸菌に遺伝子導入して発現できないものもある。コムギ胚芽を用いた無細胞タンパク合成法により遺伝子発現を可能に。これがワクチン研究を進歩させた。(研究法を研究。)問題解決能力が必要。
- ◆人工的に合成されたタンパクがどのように実用化され、ワクチンができるか、よくわかった。
- ◆楽しかったです。授業内容は高校から離れますが、興味関心は高いと思います。
- ◆マラリアも近いうちに根絶できそうな気がしました。
- ◆マラリアが人間にどのような影響を与えるのか、無細胞タンパク質合成技術が実際の研究にどう生かされるのか、全く

知識のない私でも理解できるわかりやすい内容で、生徒にも聞かせたいと思いました。

- ◆ アフリカなどで子供たちが亡くなっていくマラリアをタンパク質の分野から立ち向かわれていて、かっこよさを感じた。近い将来、坪井先生が大きな成果を上げられる予感がしました。
- ◆ かま状赤血球の話の授業でマラリアの話も詳しくできそうです。
- ◆ 製薬会社のワクチン研究がペイできるかどうかを考える題材としても使えそうです。
- ◆ マラリアの病気がおこるしくみ、マラリア研究の実情(ワクチンがまだ完成していないこと)
- ◆ マラリア研究と無細胞タンパク質合成の関連まで大変おもしろく、生徒にもぜひ話してあげたいと思った。
- ◆ マラリア撲滅に対する坪井先生の熱意が伝わりました。
- ◆ タンパク質研究の重要性がマラリア研究を通して理解できた。
- ◆ マラリア、鎌状赤血球貧血症の話は、よく高校で扱われる話題である。マラリアワクチンができず、それがマラリアのタンパク質が糖修飾されていない真核生物由来で、コムギ胚芽抽出液を用いた、無細胞タンパク質合成が糖修飾されないマラリアタンパク質合成に適していることは大変興味深い話であった。
- ◆ マラリア原虫、ワクチン

講義:「生命って? 私って?」(遠藤)に対するコメント

- ◆ ヒマ種子の毒は自分の細胞を守るために、感染した細胞を殺すためのもの(リボソームを破壊)。タンパク質合成は複雑で人工的に合成できない、だからコムギ胚芽の力をかりてタンパク質合成をする。これが無細胞タンパク質合成法。様々な微生物の DNA からタンパク質を合成し生活を豊かに。「学校で習っていたことを忘れた後にも学生に残っているものがあるかどうか」・・・(反省します)
- ◆ 哲学や心理学の分野にエピジェネティックスという視点で切りこむという考え方におどろき、ロマンを感じた。
- ◆ 教科書にのる人物が科学や研究を身近に語る。また、その精神にふれられびっくりしました。
- ◆ 内容よりも先生の熱意が心に刻まれました。
- ◆ 音声聞き取りにくかったことと、日程上、疲労もピークの状態での講義だったためあまり身にならなかった。
- ◆ とても高度な内容で、この講義がキャンプの最後に設定されていて本当に良かったです。高校の教科書が最先端の研究にどうつながるかが実感できました。
- ◆ 地球で最初の生物は熱水噴出孔で生まれたとされているが、その子孫であるヒトの塩基配列には、耐熱性タンパク質のコードは残っていないのか疑問を持ちました。
- ◆ タンパク質を研究する意義、もっと言うと研究をする意義を考えるのに役立つようなお話だったと思います。
- ◆ 海外とのリアル通信なので仕方ないが、声が聞きずらく分かりにくかった。
- ◆ 子どものように楽しそうに話をされる遠藤先生に、生物の教員として憧れます。楽しい講義でした。
- ◆ ネット経由でも、距離を感じない声(音質)で直接講義を受けられてよかった。

ポスターセッション全体に関するコメント

- ◆ みなさんにお見せできるような実験をしておらず準備に大変苦労しました。しかし、みなさんのポスターを拝見しても刺激を受けました。参考にしてみたいです。
- ◆ ニワトリ胚の研究などはやってみたい。
- ◆ 授業ですぐ使えそうな実験から、部活動の指導に活かせるような内容のものまであり、生物の授業をする場合の「ネタ」を増やすことができました。
- ◆ 同じ立場の先生方が創意工夫されていることを詳しく教えてもらえて即役立つことばかりありがたい。
- ◆ 一つの冊子としてまとめていただけるのはありがたいです。
- ◆ 全員の話をもっと聞きたかった。時間をもう少しとってほしい。
- ◆ 他の教員の取り組みを知ることができ、自分もがんばらなくてはと奮起しました。

- ◆全員のをしかり見たかった。

その他、講義、ポスターセッションに関する感想、要望など

- ◆時間が足りませんでした。様々な工夫がされていて授業に還元したいと思いました。
- ◆ポスターセッションは初めてのことでしたが非常に良い刺激を受け、参考になりました。
- ◆県内教員の方々と実験や授業について交流することがなく、又、本校では(前任校でも)生物教諭が1人のためアドバイスを受けることもありませんでした。しっかりと年間計画を立て計画的に実験が行えるように準備することも大切だと実感しました。
- ◆丸川先生と穴見先生のとrikみは好きです。
- ◆実験と講義がバランスよく配列されていて、集中力を切らさず取り組むことができた。
- ◆多くの先生方の講義興味深かったです。相手が素人であることを意識して、わかりやすく解説していただきました。理解できないものもありましたが、今後質問させていただきます。
- ◆後半聞く側も話す側も疲れがでて(長時間)で集中力が切れていた。もっと短時間で終わらせる工夫が必要。
- ◆生物の教材に限定されるのはどうかと思う。逆に他科目の実践を知ることのできる機会としませんか?(少なくとも化学の自分には良い刺激となりました。)
- ◆時間が長い
- ◆とても充実していました。スケジュールにゆとりがなく、ポスターセッションをゆっくり見回ったり、班で議論したり、自分で考えをまとめたりする時間があればよかったと思います。
- ◆ポスターセッションの時間はもう少し長くって頂けるとありがたいと思いました(が、どこかで切ってもらわないとエンドレスになりそうですね)。
- ◆初日、到着すぐにポスター掲示を行うことを事前に知らせておいていただければありがたかったです。(短時間で必死に掲示しました。)
- ◆どの講義も大変興味深く聞かせてもらいました。しかし、一部タイトルと内容が合わないものもあり残念でした。
- ◆限られた時間内でのポスターセッションなので説明、質疑応答の時間を明確にしてほしかった。(教師は話し好きなので説明が終わらず、次に進めなかった。
- ◆フリーの時間もほしかったのですが、時間的には難しいですね。
- ◆5分程度で回して欲しかった。説明が聞けずじまいの先生がたくさんできた。

2. 実験について

実験全体に対するコメント

- ◆「遺伝子組み換え」という言葉とはうらはらに、やることはピペットで混合という単純な操作がメインであることに驚いた。
- ◆TAの方がいてくれたので理解が深まりました。
- ◆初めてのことばかりでしたがTAの方がわかりやすく教えて下さり、失敗なく実験ができました。現場でも実験できそうです。
- ◆コムギ無細胞タンパク合成技術、キット
- ◆教師の専門性として役に立つのが生徒が高校の段階で実施するのは難しいものもあった。
- ◆すぐに高校生にやらせてみようとは思っていませんでしたが、時間をかけて実施できれば、有効な教材になると感じました。
- ◆担当してくれた院生の能力が高くて、手ぎわも良く助かった。
- ◆TAがいてねいに説明してくださり、一つ一つの作業の内容が、非常に良く理解でき、しっかりと取り組めた。

- ◆何もわからない状態でしたが、大学の先生方、TAの方、班の先生方のお陰で、疑問もすぐ解決でき、なんとか終えることができました。
- ◆やはりGFPが光るといのが結果として見られるので、大人も子どもも興味を持って取り組むことができる。TAの方がとても優秀でした。感謝します。よく鍛えられていると思いました。
- ◆手伝っていただいたTAの方々には本当に感謝しています。
- ◆タンパク質の電気泳動を初めて体験できて大変参考になった。
- ◆院生の方がとても丁寧に教えてくださるので、何の問題も無くスムーズに行えた。
- ◆施設のなものを考えるとすべてを授業で行うのはきびしい。しかし、参考になる。

実験 1-1「(組換え DNA の作製)」、「遺伝子導入」に対するコメント

- ◆試験管の中で起きていることを想像するととても楽しい。想像しながら仮説を立てると仮説と異なる結果が出た時考察しやすく発展的に探究できる。
- ◆量が少ない実験なので、とにかく正確に操作することも大切。
- ◆プラスミドの調整や試薬やゲルなどすでに用意されたものでなく、自分で行う実験が1つあるとよりよかった。
- ◆わかった気で教えて、全く現実にはできない、わかっていないことがわかりました。
- ◆「遺伝子導入」はやったことがありましたが、「組み換え DNA の作製」は初めてで、よい経験になりました。
- ◆大腸菌を使用するところをクリアできれば実際に生徒にさせて考えさせたい実験です。(キットがあればお金の問題もクリアできれば)
- ◆必ずベクターとインサートだけがつながるのではなく、ベクターどうし、インサートどうしなど色んな組み合わせでくっついているらしいことがわかり、少し安心した。(アバウトなところが生き物らしいという意味で)
- ◆生徒が初めて使う気持ちがよくわかりました。
- ◆真核生物のゲノム DNA のクローニング、スクリーニングがいかに大変であるかがよくわかった。
- ◆「生物」や「生物基礎」で指導する内容なので、早速役立てたいと思います。
- ◆大腸菌コロニーの意味がよくわかった。
- ◆GFPを導入する実験は生徒にとっても興味深いと感じた。
- ◆ライゲーションを行ったが条件がしっかり検討されていたせいか、コロニーがしっかり出てよかった。

実験 1-2「DNA の分析」に対するコメント

- ◆「DNA 分析」という文言はよく教科書に出るのだが、そのイメージがつかめた。
- ◆電気泳動によって仮説どおりに DNA が導入されているか確認できる。それだけでなく仮説どおりに DNA が導入されていないことも確認できる。目に見えないことを見えるようにする技術。
- ◆自分が十分に理解して実験を行っていなかったと反省し、かつ残念です。テキストを事前にいただき予習してのぞみたかった。
- ◆担当の先生が上手にやってくださったので理解した気になっていますが、自分でやっていないので見えていない部分も大きいし染色液が危険なので学校ではできません。
- ◆電気泳動の結果考察、今までよく理解できていませんでした。とても勉強になりました。
- ◆これも高校生に考察させるのにとってもいい実験と思いました。費用、用いる薬品を考えると高校での実施は困難ですが、結果の予想を立てさせ、実際の結果と見比べて考察するのは写真等を用いれば机上でも可能なので、授業でも取り入れやすいと思いました。
- ◆電気泳動は、他人がやっているのを見たことがあるだけだったので、実際に操作することができてよかった。難しいだろうと敬遠していたけど、大変わかりやすく説明して下さったので、しっかり理解することができた。
- ◆ゲルにマイクロピペットで溶液を入れる作業は久しぶりだったので緊張しました。

- ◆どのような制限酵素を使い、どういう塩基配列の DNA をインサートしたのか、できれば講義の中で話してほしかった。(後から参考のページを読み理解できましたが、、、)実験前に知りたかったです。
- ◆この分野も授業で触れる内容なので、実験中に体験したこと等を授業で紹介していきたいです。
- ◆サンプル数が多く、理解するのに時間がかかった。

実験 1-3「試験管内での転写と翻訳」に対するコメント

- ◆二層液でアミノ酸との境界面で光る→アミノ酸が結合していく、というイメージがわかりやすく感じた。
- ◆転写・翻訳が理論通り起こっているのを確かめるために反応液の組成を自分で考えるとおもしろそう。
- ◆いつかは授業にとり入れたいと思いました。
- ◆簡易版もあり日常的にできたらと思う。実用性は工夫しだいであると思います。
- ◆これはいつか生徒に実験させてみます
- ◆簡単にできるキットがあるので、お金さえあれば授業に導入できる希望のある実験だと思いました。
- ◆クラゲ、大腸菌、コムギ胚芽という全く異なる生物であっても遺伝情報の解釈の仕組みは同じという生命の不思議を感じられる実験でした。
- ◆試験管内で、細胞を使わずに mRNA を合成し、それができたかどうかを確認することができることに驚いた。また、その mRNA を利用してリボソームがタンパク質を合成する、セントラルドグマを再現できることは、生徒にも体験させたい。
- ◆キャップ付き透明チューブにブラックライトを当てたとき、すごくきれいな色が見えたので感動しました。
- ◆P23 で使用したアミノ酸溶液や小麦胚芽抽出液の組成、作製方法が知りたかった。学校でこの実験をするためには溶液の準備が必須であるが、高校で作製することができるのだろうか？(また、どの程度までなら高校で準備・作製可能なのだろうか？)
- ◆そのまま生徒に伝えるには少し難解(本校は県内でも低い方)ですが、一部の生徒には大変興味深い内容だと思えます。
- ◆生徒実験として教材化しやすい内容だと思った。
- ◆簡便キットははじめて体験したが、生物基礎のレベルで多くの学校で実施できる良い教材だと思う。是非キット化してほしい。現行版のキットは、コントロールの意味を考える上でも考えさせる良い教材だと思う。実際に理数科の授業で取り入れたい。

実験 2-1「PCR による DNA の増幅」に対するコメント

- ◆制限酵素やライゲースの働きなどをくわしく知ることができた。開始、終始コドンを含むように制限酵素を作る技術もすごい。
- ◆DNA の長さが同じでも形質が異なる。ということを発見。塩基配列、アミノ酸配列に興味を持つことができた。
- ◆プラスミドの作成の際、どのように制限酵素で切断され、どの部分がライゲーションされるかまで理解して行うことができていなかったことが反省です。
- ◆高校にない薬品、装置が多いが PCR 法は授業で実施すればわかる方法なのでやってみたい。
- ◆PCR 初体験よく理解できました。
- ◆実験の中で最も難しく感じました。生物の教科書には必ず記載されているので、たとえ現場での実施が難しくても教師は一度はこの実験を経験しておく必要があると思います。
- ◆学生のころに習ったことはあるが、実際にやったことはなかった。実際に大腸菌を光らせる DNA を PCR で増幅させることができ安心した。
- ◆PCR で DNA が複製されていくのはあたりまえなのですが、改めておどろきです。
- ◆こういったプライマーを使い、どの部分を増幅するのか、P44-の塩基配列で確認してから実験したかった。

- ◆この分野も授業で触れる内容なので、実験中に体験したこと等を紹介していきたいです。
- ◆サンプル数が更に多くなり、略号と内容物を結び付けるのに時間がかかった。
- ◆白いコロニーについて PCR し、1000 bp でバンドが出たり、出なかったり、予想どおりでない所からの考察など実際に生徒が取り組みれば、難解だと思うが考える良い教材だったと思う。

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

- ◆翻訳によってどのようなタンパク質が合成されるか確認できる。見た目ではわからないタンパク質が見えるようになる。蛍光タンパク質以外のタンパク質で有効。
- ◆共通するタンパク質を排除して特異的なタンパク質を見つける。GFP より RFP は分子量が小さいと思われるが、電気泳動では大きいという結果に。
- ◆理論を知る点で大切であり、高校でも一部は出来ると思います。
- ◆現象としては理解できました。しかし、結果を読みとることはまだ不可能です。(どうしてもぐちゃぐちゃに見えてラインが区別できません)
- ◆この実験も 1-1 と同様、理論と実験結果が異なるので、その理由を考えさせるのに適した実験だと思います。泳動による分析は今後の研究の現場ではなくなっていくかもしれませんが、分子レベルで現象を考える実験として教育の現場では続いてほしいと感じました。
- ◆タンパク質の S-S 結合を切断して一本鎖にしたり、SDS で全体を負に荷電させたりして、DNA と同じようにその大きさの違いで電気泳動で分析できるということが理解できた。質量分析法が発達しているとはいえ、学校現場ではぜひタンパク質の大きさ比のような目的で行ってみたい。
- ◆バンドを識別するにはある程度経験が必要なのがよくわかりました。
- ◆タンパク質の分析(電気泳動)の経験がなく、DNA の電気泳動との違いも含めて学びたかったので、十分目的が果たせた内容であった。
- ◆SDS-PAGE は大学以来で、最新の設備に驚きました。
- ◆無細胞タンパク質合成系のものも、他にバンドがあり、もっと少ないタンパク質かと思っていたので驚いた。

実験 3-3「MALDI-TOFMS」に対するコメント

- ◆GFP より RFP は分子量が小さいことを確認。電気泳動では異なる結果になった理由を考察。アミノ酸の性質が関係しているということになる。
- ◆質量分析と SDS-PAGE のちがいがよくわかりました。
- ◆学校現場では使えないが、授業の参考にはなると思います。
- ◆MALDI-TOFMS は実際に見て使ってみたいと思っていました。今回それが実現できて、大変嬉しく思っています。結果を利用することと共に原理を学ぶことが重要だと思います。
- ◆ノーベル賞を受賞した研究を見せてもらえて大変興味深い。想像もつかないようなものかと思っていたが、説明を聞くと、原理が良く分かった。機材は高額でもこのように実用化されて有効に利用されていて、そのすごさが分かった。「近い将来、高校でも質量分析ができるようになる」という言葉が心に残った。プールに角砂糖 1 コも信じられない。
- ◆測定機に入るとすぐに結果が計算されて出てくる速さにはおどろきました。
- ◆質量分析の大まかな原理は理解できたが、、私としては質量分析よりも分析結果をどう読んでいくとか、どのような手順(実験操作)で行うのかという方に興味があったため講義形式は不満であった。
- ◆初めて MALDI-TOF-MS のデータを扱った実験を経験しました。
- ◆そのスピードと精度に驚きました。
- ◆原理については理解したが、学校現場での活用となると難しい。

- ◆個人的には医学部で見学した LC-MS に興味をもった。

その他、実験に関する感想、要望など

- ◆限られた時間の中で濃い内容を行ったので、その場で理解していくのが大変でした。1 週間くらい時間をとってみっちり勉強したかったです(校務や予算の関係上厳しいのはわかっていますが)。
- ◆DNA 分析の手法そのものはイメージがつかめた。ただ実際に分類や親子鑑定等では DNA のどの領域を分析するか、それはなぜなのか、などについても講義等あれば嬉しいと思った(基礎知識がないので)。
- ◆全ての実験が 1 つの線につながっていたが、実験をしているときは頭の中が整理できずに前後の実験がどのようにつながっているかがよく分かっていなかった。自分の勉強不足を痛感した。
- ◆TA の学生さんが操作についてわかりやすく説明して下さい、失敗することなく実験できました。又、操作の理由や考察などの質問について丁寧に答えていただけなので実験についてより学ぶことができました。日々、よく学び研究熱心に学生生活を過ごされているのだらうと思いました。感謝しております。
- ◆教科書の内容を含め、発展的に考えることができるよう、実験を工夫していかなければならないことを痛感いたしました。
- ◆ものすごくつめこんであって大学側の先生方のめいっばい持って帰らせようというありがたい精神、やさしさを感じました。ただ能力体力面でかなり要求されます。我が身がはずかしいです。
- ◆グループ発表の前の準備の時間がもう少しほしかったです。グループで話し合う時間が十分にとれませんでした。(アミノ酸を数えたり、配列を調べるのに時間がかかりました)
- ◆私は理学部生物学科を「ゾウリムシの時計遺伝子」の研究をして卒業したにもかかわらず、電気泳動については修士の実験を周りで見ただけで、ほとんど理解できていませんでした。
- ◆今回のキャンプでは、大変詳しく説明をして頂き、DNA、タンパク質という目では見えない分子の大きさを知ることができ、分析できるということをあらためて実感させて頂きました。
- ◆GFP と RFP の 44 塩基対の差が判別できるということにまず驚き、それを授業でも扱ってみたいと思いました。
- ◆プレゼンにまとめるとき、カメラのメモリや USB メモリをパソコンに接続することが必須になってくるのであらかじめ知らせていただければよかったです。
- ◆内容が濃く、どの実験も大変おもしろかったが、他の班の先生方と情報交換する時間が少なく、横のつながりがあまり広げることができなかった。
- ◆もう少し時間に余裕が欲しかった。
- ◆分析結果の解説が欲しかった。
- ◆とてもタイトなスケジュールでしたが、充実した 4 日間でした。
- ◆もし前もって知らされていれば、泊まりの実験でも良かったと思います。翌日は午前のみ、のような日程で。
- ◆林先生や、院生の皆様には我々よりハードスケジュールの中、ていねいに指導して下さい、大変感謝しております。ありがとうございました。
- ◆講習会では電気泳動に使うゲルの作成や培地の組成など、すべて TA の方にやってもらっている。しかしながら、学校現場で実際に生徒にやらせる為には、このような内容も一度は我々が経験しておかないといけないと感じている。
- ◆3 泊 4 日とても勉強になりました。久々に学生気分でした。
- ◆自分で実施あるいは研修など受けたことのなかった実験操作を経験できた事は今後生きる。
- ◆ただ、授業で実施するには工夫が必要である。
- ◆限られた時間数の中で実施するには、より簡便な方法を考えなければならない。
- ◆関係の先生方、TA の方々に大変お世話になりました。ありがとうございました。

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(特に役に立ちそうな内容など):

- ◆タンパク質の研究のためには DNA を利用する技術の開発が必要。
- ◆そのため多くの人がかかわっている。人材を育てることが重要。教員の使命。
- ◆「地方大学でもこれだけできる」というのが嬉しいです。
- ◆今後の進路指導に役に立つ。
- ◆「タンパク質の研究」という漠然としたイメージが具体的なものになりました。タンパク質は単なる物質ではなく、機能をもった物質で、どんな研究がなされているか、まで発展して授業で話してみようと思います。
- ◆将来なりたい職業ではなくて、学びたいことで大学を決め、その知識を生かして仕事をしたいという生徒をぜひ、というお話に全くその通りだと思いました。
- ◆いろいろな最新機器を見せていただいただけでもすごく楽しかったです。
- ◆マラリア研究の現場を見ることができ、興味がより一層わいた。
- ◆タンパク質の解明が生命科学にどれだけ重要なことか再確認させられました。
- ◆実験室を実際に見ることにより、機器配置など参考になった。
- ◆膜タンパク質の発現、マラリアのタンパク質が糖修飾を受けない、こういったことが無細胞系に適した発現系であるということには驚いた。
- ◆愛媛大の特徴が少しは理解できたように思う。

「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

- ◆それぞれの研究室の先生方が自分の研究について楽しそうに語っていたので印象に残った。また、入学間もない1年生から研究活動させるというのは驚いたが手間をかけて学生を教育していると感じた。
- ◆イメージング技術を利用することのメリットがよくわかった。生命のしくみ、病気の原因、発病の仕組みなど、このような物質を追跡できる技術によって解明できる。医学、理学の連携が大切。
- ◆進路指導に役立ちます。
- ◆研究内容に驚き、機械の値段にも驚き。
- ◆今後の進路指導に役に立つ。
- ◆研究内容はとても高度でところどころ理解できないところがあったのですが、①医学部は研究者養成の使命もあること②医学部ではどんな研究が行われているのか、ということを生徒に伝えていかなければならないと思いました。
- ◆医学というと臨床医学のことだと思ってしまいが、基礎医学の重要性がとてもよく分かりました。医学の分野においても、無細胞タンパク質合成技術が重要な役割を果たしていて感動しました。
- ◆理学部より患者に近い医学部の研究や雰囲気がよくわかりました。
- ◆説明がわかりやすく丁寧なので、医学科研究の大切さとおもしろみが大変よくわかり、ぜひ生徒に愛媛大医学部の話をしたいと思った。
- ◆臨床以外の医学部の研究内容について、自分が如何に無知であったか知らされました。
- ◆1年生からでも研究室に配属可能ということに驚いた。
- ◆やはりそういう環境を作らないと研究者は育たないと思った。
- ◆医学部の研究室は、はじめて見学したが、理学部より実用化に近い部分という感じが強かった。
- ◆施設見学だけでも参考になった。非常によかった。

その他、研究センターの見学に関する感想、要望など

- ◆可能な限り時間をとっていただき、たいへんありがたいです。丁寧に説明していただき、パンフレットでは実感できない感動を味わうことができました。時間オーバーもまったく問題ありません。気になりませんでした。
- ◆まさに最先端な事が実感できました。すごいものが地方(ゴメンナサイ)にあり、驚きました。それをオープンにするところが嬉しかったです。
- ◆世界的な活躍を期待しています。
- ◆普段見ることができない機器、研究室を見せて頂き、貴重な経験でした。
- ◆愛媛大学は、地方大学の中でもかなり高度な研究を行っていて素晴らしい実績を残していることを知った。これは実際に来てみないと分からないことなので良い経験だった。生徒に勧めたい。
- ◆多くの研究室を紹介していただきありがとうございました。
- ◆早足にどんどん進んでいくので、頭の中で整理するのが大変でしたが、、、
- ◆じっくりとどの研究室も見学させてもらったが、プログラム全体の時間を考えるとすべての研究室の見学でなくてもいのように思います。
- ◆忙しい中、ていねいに説明していただき、ありがとうございました。
- ◆医学部キャンパスはもっとゆっくり見学したかった。(無理なのはわかります。)
- ◆貴重なお時間をさいて説明して下さいました先生方に感謝いたします。ありがとうございました。

4 その他、全体的な感想、意見、提案など

- ◆講義や実験を指導していただいた先生方が楽しそうに話をされていたことが印象に残った。「無細胞タンパク質合成系」という技術を用いてひろがる可能性について話される遠藤先生などは年齢にも関わらず(すみません)壮大な夢を語っていて、多分それをできると信じて研究するから、1歩1歩努力するから、その夢に近づけるのだと感じた。
- ◆また、先生方が自分たちの大学生に誇りや愛着を持っているということを感じた。そういう先生方がいるなら学生をしっかり教育してくれるだろうとも思えた。
- ◆夜遅くまでキャンプの運営をして下さった先生方 JST の方々、学生さんにはとても感謝しています。これからも続けていきたいです。
- ◆これから十分に内容を理解し、得たことを生徒に還元できるよう努力します。
- ◆新しい知見が多く刺激的な4日間でした。本当に学生の方々や先生方に感謝しています。
- ◆体力的にややきびしい日程でしたが、充実していました。
- ◆地域の学校になりたいです。課題研究で高度なものにふれ、視点を高くもち、通常授業はしっかりと基礎に立つことができるので、生徒の授業のためになります。
- ◆生徒を送りたい大学に愛媛大学が加わりました。今後も優れた研究と教育を推進してください。本キャンプは本当に充実していました。ありがとうございました。
- ◆実験の内容がとても良かった。しかし、スケジュールがとても厳しかったので、日程が進むにつれ疲労がたまり、集中できなくなっていた。講義とセンターの見学を減らすなどして、余裕を持った状態でプログラムに臨めるとよいと思いました。博物館の自由見学の時間などあればよかったですと思いました。
- ◆全体的に日程がつまりすぎである。同内容なら、もう一日追加してほしい。やや消化不良気味であった。
- ◆事前学習では専門用語の予習がいいと思います。生物や生化学が専門でないと説明やレジュメの用語の意味がわからず、理解に時間がかかります。(ベクター、プラスミド、ライゲーションなど)
- ◆内容の濃い4日間でした。日常の業務に追われ勉強不足だったことを反省する機会にもなりました。本当にありがとうございました。4人×3班ほどの規模であればもう少しゆとりをもって研修できたのではと思います。少人数での実施はやはり難しいのでしょうか？

- ◆ゲノムの時代は終わったという言葉色々な場面で耳にした。高校の教科書にも「ポストゲノム」という言葉があり、これからはタンパク質の分析が重要。その最先端の研究に触れることができ感謝しております。タンパク質は 20^{400} 種類以上あるはずなのにそのうちのほんの一部を生物が扱っているということが不思議だった。 20^{400} 種類なら、コンピューターで全て立体構造なども解明できそうな気がした。
- ◆4日間大変お世話になりました。各先生方をはじめ、JSTの方、そして学生さんたちには大変お手数をかけたことと思います。ありがとうございました。
- ◆テキスト5、6ページのスケジュールの各実験に番号をつけタイトルを統一していただければよりわかりやすくなると思います。
- ◆全体的に大変充実したプログラムで満足している。しかし、毎日9時近くまでスケジュールが長引くのはつらかった。ホテルに戻って、復習、予習する時間がとれず、分析が十分にできなかったのが残念だ。
- ◆今回の研修に係わる全ての人達の熱意に感銘を受けました。私自身熱心に理科教育に取り組んでいたつもりでしたが、力不足を実感しました。今度は今回の感銘を忘れず、理科教育に万進するつもりです。
- ◆とても楽しくできました。是非いろいろな情報を共有していきたいです。
- ◆何回も学校を空けるのはきびしい。
- ◆研修に来るために、補習は午前中すべてというくらい入り、午後は毎日19:00まで懇談という状況。こちらに来てからもAOなどの出願準備で、生徒の志望理由を添削してMailで返す繰り返しになってしまった。日程を少し短い方が助かる。

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。

- ◆今回のキャンプでは勉強になりました。高校では「生物」だ「化学」だと別のものように教えていますが、生命現象は化学反応であることをあらためて感じました。目に見えない化学現象をいかにイメージ化するかをテーマに教材を作ってきましたが、それだけでなく生命現象をどう捉えるか(化学的にも開発の視点に加えていきたいです。
- ◆(昨年度は生物の進度が非常に遅いため、遺伝現象について教材をつくる機会を得ましたキャンプでの実験が組み込めないか格闘中です。)
- ◆いただいた色素とライトは授業が始まったら生徒に見せて、まずは自慢したいと思います。授業実施については、他の生物教員とせねば何とも言えず、まずは資料回覧からやっていこうと思います。
- ◆今の勤務校では、生徒のレベルを考えると今回の内容を活かすことはできません。しかし、林先生が話されていたように、生徒の目が輝くように教材開発をしなくてはならないと思いました。今回参加させていただき本当にいい刺激を受け、頑張らなくてはと思います。和歌山県の理科教育を上げていかななくてはという使命感を持ちました。
- ◆たくさんの先生方にいろいろとお世話になりました。
- ◆生物基礎で簡易キットでセントラルドグマの体験をすることから始めたいと思います。マイクロピペットの購入もお願いしてみます。
- ◆日々の授業が自転車操業なのできちんと年間計画を立て実験観察したいです。(理科ネットワークはよく利用していましたが)夏休みの課題です。
- ◆とりえずブロッコリーのDNA抽出を愛媛大学DVDとともに広め自分の担当のクラスでタンパク質の翻訳をやる。ポスターセッションのヒントで実験をふやす。
- ◆やりますよ。やりますよ。たくさんの刺激を受けましたから。他の先生に負けていません。
- ◆学校や生徒の状況にあわせて、できる限り高いレベルで興味を持たせながら、実験や授業を展開していきたい。その点で、今回のサイエンスリーダーズキャンプはとても有意義であった。今回学んだことをこれからの授業に生かしていきたい。また、今回ポスター発表や実験の内容をこれから実施していきたい。

- ◆化学の授業の中でできる教材を改良し、取り組みたいと思います。
- ◆簡易キット使った授業はぜひ行ってみたいと思っています。化学しか授業をもっていないので生物の先生と話しあい、授業を2科目で組み立てての実施を考えています。
- ◆DNA、タンパク質などの分野は高校で行う実験は限られているので、ぜひセントラルドグマを試験管の中で再現する体験を生徒にさせてみたい。
- ◆進学校という理由で、実験の時間が削られがちなので、ぜひ、実際に体験することで理解も深められ、学力もつくという好循環を作り出したい。
- ◆キットは21,000円ということで、予算のこともあって今年度は無理かなと思うところがありますが、何とか年度をこえてでも購入して授業してみたいと考えています。
- ◆無細胞タンパク質合成に関して、材料が手に入り次第、8月中に予備実験、9月中に希望者(1~3年、20人程度)に対して放課後実施を考えている。
- ◆また、今年度後半~来年度にかけて、兵庫県高等学校教育研究会生物部会神戸支部における研修会での発表等、他の先生方にもこの実験を体験を通して伝えていきたい。
- ◆下記体験入学の内容は決定済みでしたので、本校生徒を対象に無細胞系のセントラルドグマの認識実験を試みようと思います。ただし、SLCの内容ですと少々難解かと思しますので、mRNA→GFPのみを二液混合で実験させるようにします。
- ◆コムギ胚芽を使った無細胞系でのGFPの実験(キット使用)を、まずはクラブの生徒に実施し、今度はクラブの生徒をTAとして活用して校内での先端科学実験を実施したい。
- ◆教員向け研修会、生徒向け教養講座、そして通常の授業で無細胞タンパク質合成系を取り入れて行いたい。
- ◆簡易キットを使った実験は実施したい。
- ◆新教育課程になり、授業内容を進めるだけできびしくなった。1時間すべて使った実験は行いづらい。授業の半分、あるいは10分程度でできそうな実験を考えていきたい。
- ◆8月25日に県教育センターで、生物教員の研修会の講師をする予定。
- ◆違う素材で実験を紹介する予定ですが、今回のキャンプのことも、先生方に紹介できればと考えています。

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。キャンプ実施中は常時在席し、実施内容に対するアドバイスをいただいたり、参加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。この所見の内容も併せてプログラムの目標の達成状況を検討する。

平成26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、そ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、さらに 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 に担当教員の熱意である。担当している教員が生物教育に対して理解と情熱を有している。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、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とも、担当教員の情熱の賜物である。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最も本プログラムを効果的なものにしていく。

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。しかし、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 61～74 ページおよび発表のムービー)から、本キャンプで取り扱った内容に関して参加者が十分に理解し、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)をしっかりと認識していたこと、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 135～154 ページ)にも以下のような感想があった。
 - ◆ 今回のキャンプでは勉強になりました。高校では「生物」だ「化学」だと別のものように教えていますが、生命現象は化学反応であることをあらためて感じました。目に見えない化学現象をいかにイメージ化するかをテーマに教材を作ってきましたが、それだけでなく生命現象をどう捉えるか(化学的にも開発の視点に加えていきたいです)。
 - ◆ 予想通りにならなかった結果の考察を議論しながらまとめていく作業が、思いの外楽しかった。(一番大変でしたが…)

2. キャンプ修了後の取り組み(本報告書 95～124 ページ)

キャンプの実施前に基本的な生化学、分子生物学の実験操作の経験および実習を伴う授業の実施に参加者に訪ねたところ、過半数が経験なし、実習を伴う授業に至っては多くても3人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られる。またキャンプ終了後の授業の実践に関しては、2015年3月の段階で、キャンプの内容に関連する実験授業が17件実施されている。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

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 16 人)、

	DNA の電気泳動	大腸菌の形質転換	PCR (DNA の増幅)	タンパク質の電気泳動
経験なし/人	8	10	11	12
経験有り/人	8	3	4	4
授業で実施/人	0	3	1	0

も実施されている。参加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、生徒にアンケートをとり、理解度が上がったことを確認したケースもあり、「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。

3. JST で実施したアンケート(本報告書 127～134 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・翻訳」を挙げた参加者が 8 名(42%)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。

- ◆簡易版の冷凍乾燥させたコムギ胚芽抽出液による無細胞タンパク質合成実験の簡易版なら、高校生にとりあつかりやすいと考えます。
- ◆高校での授業において、とりくみにくい分野の実験であったから。
- ◆蛍光タンパクの光は美しく、教員になった身にも感動を与えてくれました。久しぶりに夜遅くまで結果を楽しみにして実験ができました。
- ◆以前に取り組んだことがあるが、簡易キットで赤いタンパク質の発現がみられたこと。今後どうすればもっと興味をもてるのか考えられる機会にもなった。
- ◆GFP 導入により変化が目で確認でき、生徒実験としてもキット化により扱いやすい。
- ◆コムギ胚芽抽出液によるものは、他ではなかなか経験できないことと、チューブで作成したものを、LEDによる光の照射で分かりやすくその発光を見ることができるところ。2日目の夜とそれを確認したときが一番感動したため。

4. 本学が実施したアンケートにおいて(本報告書 135～154 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%の参加者が「内容を理解した」、「興味もてた」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。

- ◆やはり GFP が光るとというのが結果として見られるので、大人も子どもも興味を持って取り組むことができる。
- ◆試験管の中で起きていることを想像するととても楽しい。想像しながら仮説を立てると仮説と異なる結果が出た時考察しやすく発展的に探究できる。
- ◆GFP を導入する実験は生徒にとっても興味深いと感じた。
- ◆転写・翻訳が理論通り起こっているのを確かめるために反応液の組成を自分で考えるとおもしろそう。キャップ付き透明チューブにブラックライトを当てたとき、すごくきれいな色が見えたので感動しました。生徒実験として教材化しやすい内容だと思った。
- ◆簡易キット使った授業はぜひ行ってみたいと思っています。化学しか授業をもっていないので生物の先生と話しあい、授業を 2 科目で組み立てての実施を考えています。
- ◆教科書の内容を含め、発展的に考えることができるよう、実験を工夫していかなければならないことを痛感いたしました。
- ◆生物基礎で簡易キットでセントラルドグマの体験をすることから始めたいと思います。
- ◆DNA、タンパク質などの分野は高校で行う実験は限られているので、ぜひセントラルドグマを試験管の中で再現する体験を生徒にさせてみたい。

5. アドバイザーの所見(本報告書 155 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先端研究の現場におけ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、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とした。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。さらにキャンプ実施の段階で才能教育の専門家による講義を追加した。

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 2 は達成できたと考える。

1. 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 61~73 ページおよび発表のムービー)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すると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 桁の精度で求められることを指摘し、電気泳動での分析にはタンパク質のアミノ酸の性質が影響すると推測した。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おける Tyr→His の変異によって、発色団の構造が変化して、両者のケイ光の波長が異なることも指摘した。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 135~154 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。

- ◆測定機に入れるとすぐに結果が計算されて出てくる速さにはおどろきました。
- ◆ノーベル賞を受賞した研究を見せてもらって大変興味深い。想像もつかないようなものかと思っていたが、説明を聞くと、原理が良く分かった。機材は高額でもこのように実用化されて有効に利用されていて、そのすごさが分かった。
- ◆質量分析と SDS-PAGE のちがいがよくわかりました。
- ◆GFP と RFP の 44 塩基対(担当者注:正しくは“分子量”)の差が判別できるということにまず驚き、それを授業でも扱ってみたいと思いました。

- ◆ゲノムの時代は終わったという言葉を経験した。高校の教科書にも「ポストゲノム」という言葉があり、これからはタンパク質の分析が重要。その最先端の研究に触れることができ感謝しております。
- ◆講習会では電気泳動に使うゲルの作成や培地の組成など、すべてTAの方にやってもらっている。しかしながら、学校現場で実際に生徒にやらせる為には、このような内容も一度は我々が経験しておかないといけないと感じている。
- ◆とても高度な内容で、この講義がキャンプの最後に設定されていて本当に良かったです。高校の教科書が最先端の研究にどうつながるかが実感できました。

2. 本学が実施したアンケート(本報告書 135～154 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。

- ◆まさに最先端な事が実感できました。すごいものが地方(ゴメンナサイ)にあり、驚きました。それをオープンにするところが嬉しかったです。
- ◆普段見ることができない機器、研究室を見せて頂き、貴重な経験でした。
- ◆研究内容に驚き、機械の値段にも驚き。
- ◆愛媛大学は、地方大学の中でもかなり高度な研究を行っていて素晴らしい実績を残していることを知った。
- ◆生命のしくみ、病気の原因、発病の仕組みなど、このような物質を追跡できる技術によって解明できる。医学、理学の連携が大切。
- ◆医学部の研究室は、はじめて見学したが、理学部より実用化に近い部分という感じが強かった。

3. キャンプ 1 日目に講義「才能ある生徒を伸ばすための方策」を実施し、参加者が提出した課題などから、内容の理解度などを判断した結果、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。

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ください。

課題1への回答

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 15 名全ての教員が、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に関するエピソードを記入していた。回答の一部を以下に紹介する。

- ◆授業内容の理解が速く、基礎事項を教えるだけで、応用・発展内容まで理解できた。特に計算問題に強く、定期考査はどの科目もほぼすべて満点だった。学習においては並外れた能力を持つが、コミュニケーション能力の乏しく、他人と会話ができない。穏やかな性格の男子生徒だった。センター試験も全科目ほぼ満点だった。
- ◆課題研究で「参考資料(論文)をさがしておいで」と指導すると、Nature の論文を検索で探し、大学でコピーをもらってきた。
- ◆実験が終わっても取り組みをやめない、新しく仮説を作り考えようとする、ディスカッションを好む。

- ◆「次どうしたらいいですか。」という完全な指示待ちで、3年間を過ごす。その間、教師の手技や実験設定、理論をこまかく聞いてひたすらインプットを続ける。紫芋の色素の研究を吸光分析器を用いてコツコツ続け、大学に進学。一気に能力が開花し、優秀学生に選ばれ、非常に学内で評価されている。
- ◆夏休みの自由研究でかいわれ大根を砂糖水などで育てた生徒がいました。結果はかいわれ大根は甘くはなりませんでした。ポスターにまとめて発表し、賞を頂きました。素朴で、単純な発想ですが、私はこういう生徒を育てたいと思いました。
- ◆試験の成績も上位でしたが、知的な好奇心旺盛で、基礎演習、難問演習、実験、雑談と何でも興味を持って聞き、楽しそうに問題を解く生徒がいました。今思うと才能児であったと思います。5 教科の高い学力より、退屈を知らない、楽しそうに学ぶ姿が印象的でした。

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。

課題2への回答(本報告書 53～60 ページ)

課題2は、キャンプ中に各参加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15名全てが、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。その回答は本報告書 53～60 ページに掲載した。

4. キャンプ終了後の取り組み(本報告書 95～124 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がのべ18件あるが、そのうち1件は事例として報告されている(本報告書 115 ページ)。また参加者の進路指導によって本学の生命科学関連の学部、学科などへの推薦入試、AO 入試の合格者が3人いるという情報も把握している。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参加者が多数おり、この実験は簡単な操作でセントラルドグマの理解に効果的であるばかりでなく、技術自体は先端技術の一つであるため、研究センターの見学などの経験と組み合わせることで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、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。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、参加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参加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 33～52 ページ)。また実験指導資料集(別冊)の原稿は原則として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ため、DNAやタンパク質に関するものは数件であり、「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多数見られる。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教員も、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教員の多くが「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非常に充実したものが報告されている(本報告書 108、123 ページ)。したがって、これらの教員が得意とする「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ることは可能であると考えられる。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入り入れられるものと推測する。

- ◆ 哲学や心理学の分野にエピジェネティクスという視点で切りこむという考え方にオドロキ、ロマンを感じた。
- ◆ 人工的に合成されたタンパクがどのように実用化され、ワクチンができるか、よくわかった。
- ◆ タンパク質研究の重要性がマラリア研究を通して理解できた。
- ◆ マラリア研究と無細胞タンパク質合成の関連まで大変おもしろく、生徒にもぜひ話してあげたいと思った。
- ◆ 授業ですぐ使えそうな実験から、部活動の指導に活かせるような内容のものまであり、生物の授業をする場合の「ネタ」を増やすことができました。
- ◆ ポスターセッションは初めてのことでしたが非常に良い刺激を受け、参考になりました。
- ◆ 同じ立場の先生方が創意工夫されていることを詳しく教えてもらえて即役立つことばかりでありがたい。
- ◆ 他の教員の取り組みを知ることができ、自分もがんばらなくてはと奮起しました。
- ◆ 今回のキャンプでは、大変詳しく説明をして頂き、DNA、タンパク質という目では見えない分子の大きさを知ることができ、分析できるということをあらためて実感させて頂きました。
- ◆ 「タンパク質の研究」という漠然としたイメージが具体的なものになりました。タンパク質は単なる物質ではなく、機能をもった物質で、どんな研究がなされているか、まで発展して授業で話してみようと思います。
- ◆ 医学というと臨床医学のことだと思ってしまいが、基礎医学の重要性がとてよく分かりました。医学の分野においても、無細胞タンパク質合成技術が重要な役割を果たして感動しました。
- ◆ タンパク質の解明が生命科学にどれだけ重要なことが再確認させられました。
- ◆ イメージング技術を利用することのメリットがよくわかった。生命のしくみ、病気の原因、発病の仕組みなど、このような物質を追跡できる技術によって解明できる。医学、理学の連携が大切。

- ◆タンパク質の研究のためには DNA を利用する技術の開発が必要。そのため多くの人がかかわっている。人材を育てることが重要。教員の使命。

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参加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25年度サイエンスリーダーズキャンプの参加者がキャンプの内容を高校の授業で実践した事例紹介「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」を実施した。キャンプ終了後、eラーニングのサイトを運営し、参加者間での連絡(主に提出課題に関する相談)、参加者による授業実践などの報告だけではなく、参加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、参加者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のコンテンツは多いもので 450 回、その他いくつかは 200 回以上閲覧されており(本報告書 97 ページ)、過半数の参加者が継続して閲覧していると思われる。キャンプ後の取り組みについては既に 15 人以上がタンパク質合成や 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を実施しており(本報告書 126 ページ)、目標とした過半数を超えている。eラーニングやメールによる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教員の研修会での実施あるいは公開授業・研究授業などでの実施であり、キャンプ参加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。

- 「コムギ胚芽無細胞タンパク質合成キットの紹介」、岡山県理科研修講座
- 「無細胞タンパク質合成キットの紹介・体験」、信濃生物会
- 「GFPタンパク質の合成実験」、広島安田女子高等学校、広島国泰寺高等学校合同授業
- 「試験管内での転写と翻訳の再現実験」、神戸高等学校 SSH 課題研究発表会
- 「平成 25・26 年度理数フロンティア校 研究授業」、板橋区立高島第一中学校
- 「無細胞タンパク質合成の紹介」、奈良県高等学校理科(生物)学習指導研究会

本学が実施したアンケート(本報告書 135～154 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。

- ◆サイエンスリーダーズ+キャンプの意義がよくわかりました。やはり教員への普及が大切だと思います。(あと県総合教育センターへも。)
- ◆学校現場への具体的な導入事例が聞けたのは大変よかった。
- ◆高校の理科教師として、理科教育の楽しさや重要性を再確認しました。

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 127～134 ページ)の結果によれば、参加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。

キャンプの受講に関する問 6 において

「(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(58+42%=58%の強い肯定と 42%の弱い肯定、以下同様の肯定、

「(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+21%)の肯定、

「(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(53+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(74+26%)の肯定、

であった。いずれも強い肯定が過半数であることに加えて、参加前の「期待すること」に対する回答よりも強い肯定の割合が増えている。

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+21%)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」:(90+10%)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」:(63+36%)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」:(68+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」:(79+11%)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」:(90+5%)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、

「(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+68%)の肯定であり、強い肯定がやや少ないものの、参加前の期待することへの回答よりは増えている。

「(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(16+68%)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。また参加前の「期待すること」への回答が(47+47%)であったため、キャンプでの実習を才能教育に関する取り組みとは捉えていなかったと思われる。

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参加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 156～162)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 95～124 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 156～162)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 95～124 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 156～162)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 95～124 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参加者の間で共有できており(本報告書 95～124 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
愛媛大学プ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	准教授	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新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
香川県立丸亀城西高校	教諭	藤本 博文	授業実施の事例紹介
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プロテオサイエンスセンター	教授	戸澤 譲	研究施設見学の実施
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プロテオサイエンスセンター	教授	鳥居 本美	研究施設見学の実施
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プ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
愛媛大学プロテオサイエンスセンター	事務課長	武田 興昌	準備・運営及び報告に関する事務統括
愛媛大学プロテオサイエンスセンター	チームリーダー	林 雅子	準備・運営及び報告に関する事務全般
愛媛大学プロテオサイエンスセンター	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
香川県立三木高等学校	滝 朋子	G
広島県立竹原高等学校	丸川 晋一	
長野県須坂高等学校	渡辺 祐介	
滋賀県立八幡高等学校	富田 鮎美	
徳島県立阿波高等学校	土井 哲士	B
長野県伊那北高等学校	大石 英一	
岡山県立津山高等学校	國定 義憲	
名古屋市立北高等学校	八木 歩	
和歌山県立青陵・きのくに青雲高等学校	山本 修平	R
兵庫県立神戸高等学校	千脇 久美子	
岡山県立玉島高等学校	大嶋 成幸	
安田女子中学高等学校	柳沢 温郷	
山口県立萩高等学校	夫婦石 敬	O
奈良県立奈良北高等学校	長田 真範	
熊本県立第一高等学校	穴見 美希	
東京都立葛西南高等学校	吉岡 智春	
堺市立堺高等学校	佐竹 弥代	W
滋賀県立能登川高等学校	隼瀬 憲一郎	
京都市立西京高等学校	宮越 敬記	
板橋区立高島第一中学校	向 雅生	

③外部発表

新聞記事 愛媛新聞社提供

2014年(平成26年)7月31日 木曜日

愛媛新聞

先生に実験の魅力伝授

愛媛大で研修 全国の20人参加

教員が先進的な研究施設の第一線で活躍する研究者から直接指導を受ける「サイエンスリーダーズキャンプ」が30日、松山市文京町

全国の愛媛大で始まった。全国から集まった高校教員20人が8月2日までにタンパク質を試験管内で合成する実験などに取り組む。



高校教員が愛媛大で生命科学の実験に取り組んでいるサイエンスリーダーズキャンプ—30日午後、松山市文京町

独立行政法人科学技術振興機構が全国5大学で実施。愛媛大ではプロテオサイエンスセンターが行っている。初日は同センターの林秀則教授(分子生理化学)がタンパク質の多様性について講義。「理科の面白みは、自然現象を見て察する『観察』、実際に試す『実験』にある」と強調し、生徒が興味を持つきっかけとなる実験の大切さを説いた。

参加者は、クラゲのDNAを大腸菌のDNAに接続し、大腸菌内でクラゲのタンパク質をつくらせる遺伝子組み換え実験をした。

林教授は「教科書の中には、教員が経験し

たことのない実験もあってほしい」と期待している。(森口睦月)

掲載許可番号:

G20160601-02055

教育 2014年08月22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26年度サイエンス・リーダーズ・キャンプ」を実施しました【7月30日(水)～8月2日(土)】

平成26年7月30日(水)～8月2日(土)、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。

独立行政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。

各県の教育委員会などから推薦を受けた20人の化学あるいは生物担当の高校教員(東京都、長野県、滋賀県、岡山県、広島県、各2人、愛知県、京都府、奈良県、和歌山県、大阪府、兵庫県、山口県、香川県、徳島県、熊本県、各1人)は、まず、プロテオリサーチ領域の林秀則教授から、遺伝子とタンパク質に関する講義を受けた後、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実験に取り組みました。

1日目に、DNA断片を接続して組換えDNAを作製し、これを大腸菌に導入しました。2日目には、本キャンプの目玉となるコムギ胚芽による無細胞タンパク質合成実験を、高校向け教材として市販されているキットを主に用いて実施しました。また、キャンプ終了後の情報共有を目的として、本学のe-ラーニングのサイトの利用法を学習しました。午後には、坪井敬文センター長から、マラリアワクチンの開発状況や、プロテオリサーチ領域の各研究において研究内容や実験装置などの説明を受けました。



本学学生の指導を受けながら実験開始



無細胞タンパク質合成に用いるRNAの確認



e-ラーニングの実習



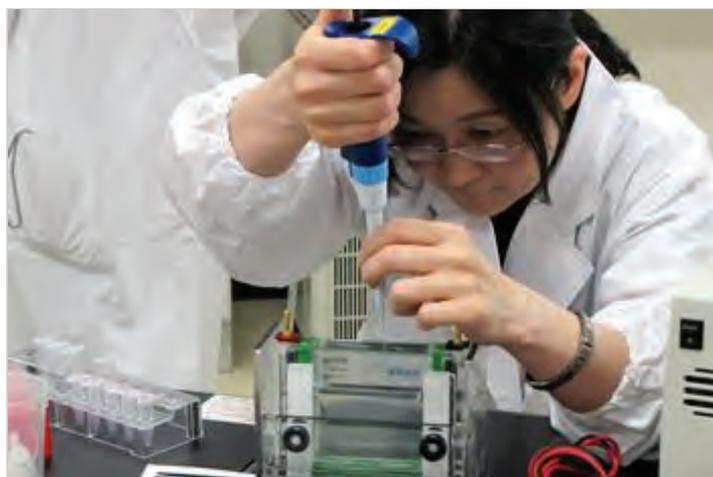
マラリアの観察(重信ステーション)

3日目は、遺伝子組換えによって作られたタンパク質を電気泳動によって分析したり、質量分析装置による測定を見学したりしました。また、高崎健康福祉大学の片山豪教授および丸亀城西高校の藤本博文教諭から「無細胞タンパク質合成実験の授業の導入例」、隅田学准教授から「才能教育への展開」など、実践に向けての講義を受けました。

午後からは重信キャンパスで、プロテオイノベーション領域の今村健志教授から、生きた状態での生体微細構造の解析について、プロテオメディシン領域の武森信暁教授から、質量分析の医療への応用に関する講義を受けました。そして、各研究部門において、研究対象や先端設備を見学しました。

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学生補助員に熱心に質問していました。また、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。

さらに、4日目には、テレビ会議システムを用い、米国サンタクルーズから遠藤弥重特別栄誉教授による「生命って？私って？～神秘的な生命の原理を探ってみよう」と題した講義を受けました。参加者は、海外との双方向授業に感動した様子でした。



タンパク質の電気泳動



米国サンタクルーズの遠藤特別栄誉教授とともに

夕食後の時間にはポスターセッションを行い、新しい学習指導要領に関連した実験授業や探究活動、あるいは生命活動を分子レベルで理解させるための教材などについて活発な討議をしました。最終日には参加者が5班に分かれ、それぞれ指示されていたテーマについてキャンプ中の実験の結果や考察を発表し、活発な討議によって内容の理解を深めました。





各自が考案した実験教材などを相互に紹介



実験結果と考察の発表

このような参加者自らの積極的な取り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。



参加者の集合写真

[プログラム概要](#) (PDFファイル 181KB)

[サイエンス・リーダーズ・キャンプHP](#)

[新しい高校教科書「生物」](#) (PDFファイル 2,269KB)

[＜プロテオサイエンスセンター＞](#)

[前のページに戻る](#)

[ページの先頭へ戻る](#)

学会発表

実施日・取材日等	平成27年 1月10日(土)
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	「タンパク質研究の先端技術を基盤とする実践型次世代生命科学教育を目指したサイエンス・リーダーズ・キャンプの取り組み」という表題で本キャンプの目的・目標、実習の内容や様子、および参加者による勤務校等における授業の実施や体験報告等の事例を紹介した

実施日・取材日等	平成27年1月10日(土)
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、林秀則愛媛大学
内容	「試験管内で転写・翻訳を再現する実験教材の普及 ―コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系を用いた <i>lacZ</i> 発現系による翻訳の可視化―」という演題で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 <i>gfp</i> (GFP 遺伝子)発現系の代わりに <i>lacZ</i> 発現系を組み込み、キット価格と反応時間をクリアーできることを発表した。普及活動の例としてサイエンス・リーダーズ・キャンプも紹介した。

実施日・取材日等	平成27年1月11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	高崎健康福祉大学・片山豪、愛媛大学・林秀則
内容	「試験管内で転写・翻訳を再現する実験―コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系を用いてタンパク質を発現してみよう―」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った。ここでは、 <i>gfp</i> 発現系だけでなく上記の <i>lacZ</i> 発現系も体験していただいた。

実施日・取材日等	平成26年10月13日(月)
発表会名・取材名等	AABE(アジア生物教育協議会); マレーシア
発表者等 所属・氏名	高崎健康福祉大学・片山豪
内容	Development of the experimental teaching material for understanding the Central Dogma. -Visualization of transcription and translation in vitro- 演題で口頭発表した。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開発と普及について話した。

実施日・取材日等	平成26年10月16日(木)
発表会名・取材名等	AABE(アジア生物教育協議会); マレーシア
発表者等 所属・氏名	愛媛大学・向平和、高崎健康福祉大学・片山豪
内容	カントリーレポートとして、日本の生物教育の現状を報告するとともに、教員研修の場としてのエ暇大学で行われているサイエンス・リーダーズ・キャンプの取り組みについてアジアの国々に紹介した。

実施日・取材日等	平成26年8月24日(日)
発表会名・取材名等	日本理科教育学会
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った。

実施日・取材日等	平成26年 8月 6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、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26年 8月 7日(水)
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。

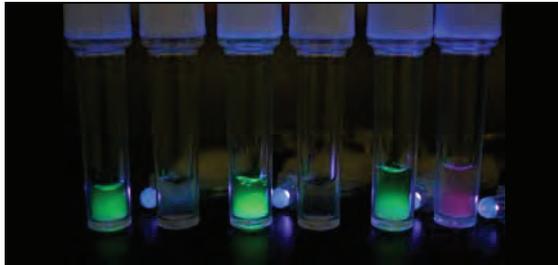
④その他

実習テキスト

平成26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

2014年7月30日（水曜日）～8月2日（土曜日）



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自の研究センターであり、遠藤弥重大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法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サイエンスセンター (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「プロテオメティン領域」(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「プロテオインベション領域」(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。

目次

主な講義内容と講師紹介	4
主な実験内容	11
1. 遺伝子を働かせる	13
1-1. 大腸菌の形質転換	15
1-2. 電気泳動によるDNAの分析	19
1-3. 試験管内での転写と翻訳の再現	21
2. プラスミドDNAを分析する	25
2-1. PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)によるDNAの増幅	25
3. タンパク質を分析する	29
3-1. 発光タンパク質の観察	29
3-2. 電気泳動によるタンパク質の分析	30
3-3. MALDI-TOFMSによるタンパク質の分析	32
★参考: マイクロピペットの使い方	34
★参考: 大腸菌の培養	35
★参考: 培地の作製	35
★参考: 制限酵素によるDNAの切断	36
★参考: ベクターDNAとインサートDNAの作製	37
★参考: ジデオキシ方によるDNAの塩基配列の解析	39
★参考: プラスミドベクターの一例	43
★参考: インサートDNAの塩基配列	44
★参考: 遺伝暗号表(DNAの塩基配列とアミノ酸の対応)	48
★参考: SDS-PAGE用ゲルの作製	49
★参考: 高校教科書「生物」にみられるDNAに関係した実験	51
スケジュール	56

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、医療、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考えられます。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りますにもかかわらず、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、中学生に直接あるいは教員を通じて紹介することは、(1)多くの中学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)多くの高校生に先進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。

主な講義内容と講師紹介

生命って、私って？

—神秘的な生命の原理を探ってみよう—

地球上のすべての生物の先祖となる生命体が誕生したのが40億年前です。私達の祖先のクロマニオン人が世界各地へとアフリカを出発したのが、たったの25万年前で、各地で文明を興して今日に至っております。皆さんもそうであるように、先祖もまた昔から大きな疑問に悩まされ続けてきました。その疑問とは、「我々はどこから来たのか？何者なのか？何処へ行くのか？」です。このような近代哲学の祖デカルト先生は、「我思う、故に我あり」と説明しましたが、正直に言って、分かったようで何もわかりません。答えになっていないのです。今回も昨年に続いて、生命科学の立場から生命を眺めてみて自分(生命体)を知るためのヒントを探ってみよう。

この50年間ほどの生命科学の発展によって、生命の成り立ちを物質(分子)のレベルで説明できるようになってきました。すなわち、20種類のアミノ酸からできているタンパク質は、IT機器で言えば半導体のような機能を発揮し、私達の身体のすべての機能を担っています。そのアミノ酸の並び方の情報が遺伝子DNAに記載され、これが伝達されるが故に、子は親の形質を受け継ぐことになるわけです。最近、愛媛大学で発明された技術を使うことによって、中心教義と呼ばれるこの生命体の基本的なプロセス(DNA→RNA→タンパク質)を試験管の中で再現することができるようになりました。このような実験手段を利用することによって、病気の診断・治療方法の開発ばかりでなく、人の精神活動をも含めた生命現象のすべてを化学や物理学の言葉で説明することも不可能ではなくなりました。つまり、感情、数学、文学や芸術も、すべて人の頭脳の中で「タンパク質などの作用で進む物理や化学反応の結果として生み出されたものなのです」。

このように考えると、一方では、生命に対する神秘的なものが消えてしまう側面もあります。しかし、皆さんが、このような生命科学の授業を通して、生き物の基本的な成り立ちを学び、一番身近でありながら最も遠く、神秘的な我々人間を「科学的・客観的」ととらえることができる対象であるということに気づき、そして、授業が皆さんにとって「人生を最大限に謳歌する道を探るきっかけ」になれば、主催者の1人として望外の喜びです。

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。

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、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ください。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として、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良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。

5

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、生き物の体内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、生きて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、生き物に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。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?

この遺伝暗号に決まったからには、何か、特徴があるはず。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と。

6

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。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破するために、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太陽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太陽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 教授



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。

7

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、(7) 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、実験に関してのみ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、広い反応適温領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ため、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。研究者にとってもあたりまえですが、教育現場では知らないことがたくさんあります。それら子ども達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。

8

ヒ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与するタンパク質の例ですが、まだまだたくさん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、さきほど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ない。

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。

9

生体分子って何？

— 生体分子を覗いてみよう！パソコンで触ってみよう！ —

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。

10

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、サングオ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とできてるタンパク質の性質を調べることで、どの生物も同じ規則に従って遺伝暗号を解釈し、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。



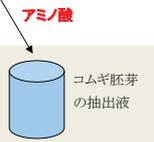
遺伝子導入



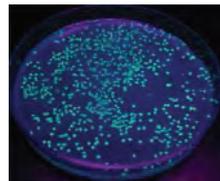
大腸菌が発光タンパク質をつくる。



遺伝情報
アミノ酸



試験管の中で発光タンパク質ができる。



1. 遺伝子を動かせる

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ー脱離イオン化法＝飛行時間型質量分析法）によって正確に測定します。

1. 遺伝子を動かせる=タンパク質を作る

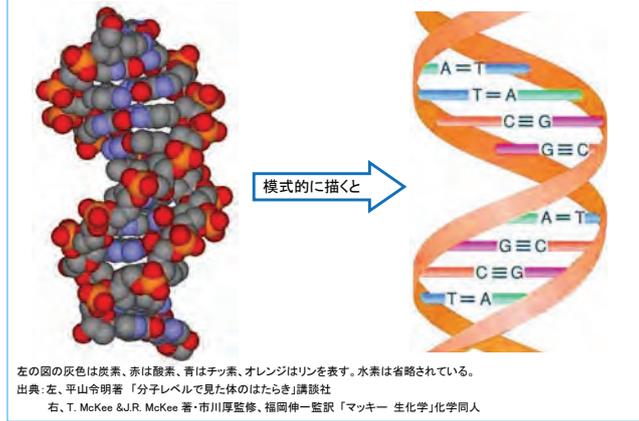
DNAは遺伝子の本体 (A, C, G, Tの4文字で書かれた設計図)

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の並び方がある法則で読みかえる(暗号の解釈)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(百科学典1000冊分の文字数に相当)、合計した長さは約1メートルもありません。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と呼ばれるものも含まれています。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。この線の大きさを描くとそれぞれ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。



13

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と呼ばれる、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、これに遺伝子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)

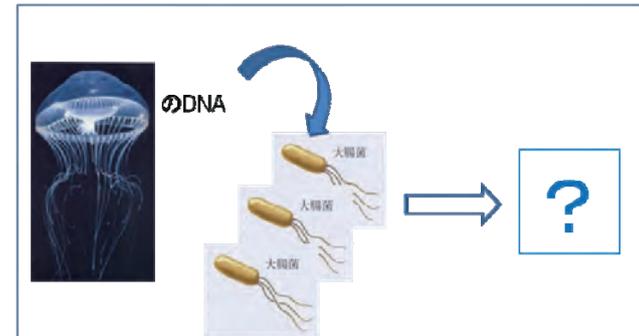


14

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たら、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。



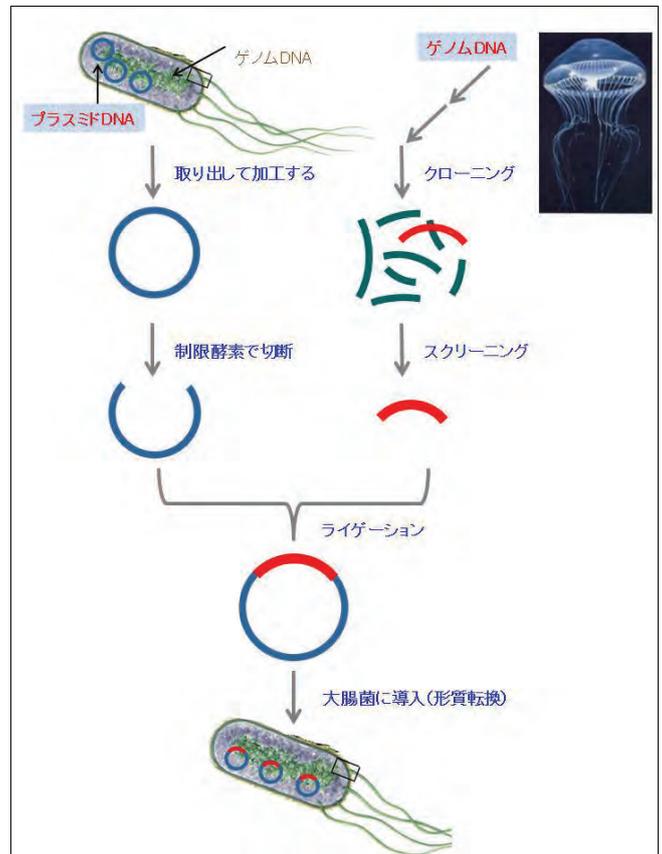
プラスミドDNAと組換えDNA

大腸菌の中で他の生物の遺伝子が働くようにするには、遺伝子を選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が存在することがあり、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。

15

★遺伝子操作の基本原則



16

【実験操作 1-1 プラスミド DNA の作製】

(4人組で行う、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)

- 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。
- 各チューブをスピンドダウン(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°C で 15 分間、静置する。

(以下の実験に備えて、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
インサート DNA (G と R の 2 種類)	2 μL (G)	2 μL (R)	0	2 μL (G)
ベクター-DNA	2 μL	2 μL	2 μL	2 μL
酵素溶液	4 μL	4 μL	4 μL	0
水	0	0	2 μL	4 μL

~~~~~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)

- 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 2 μL (G、B、R、O および pBS の 5 種類)を加え、チップの先でかき回すようにして、穏やかに混合する。
- 氷上で 5~10 分間静置する。
- 4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 2 μL を加えて、チップの先でかき回すようにして、穏やかに混合する。
- 氷上で 5~10 分間静置する。
- 9 本全てのチューブを 42°C 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)。
- 氷上で 2 分間放置する。
- 37°C に温めておいた培地(SOC 培地)を 180 μL 加えた後、37°C で 30-60 分間振とう培養する。

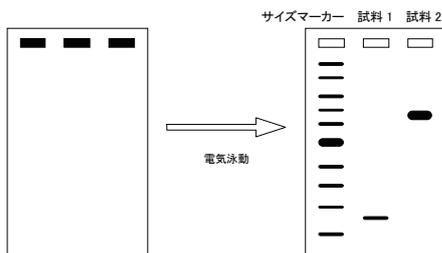
(この間に 19-20 ページの実験操作 1-2 にしたがって DNA の電気泳動を行う)

- この培養液 100 μL を LB 寒天プレートに塗り広げて、37°C で一晩放置する。
- 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 は抵抗を受けて、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。

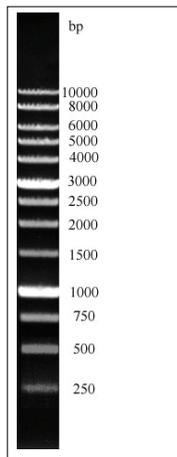


また試料を泳動するときは、あらかじめサイズのわかった DNA 断片の混合物(サイズマーカー)と一緒に泳動して、その位置を参照して目的の DNA のサイズを決定します。

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)

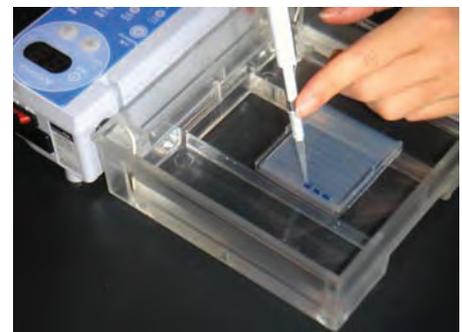
~~~~~MEMO~~~~~



【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)

- 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)
- 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。
- 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。
- 各チューブをスピンドダウンしたのち、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)。



- 100 V の電圧をかけ、色素がゲルの下端から約 1/3 のところに来るまで(約 30 分間)泳動する。
- 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 分間振とうする。
- 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)

pEUC 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ドダウン (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°C 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  $\mu$ L 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  $\mu$ L 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

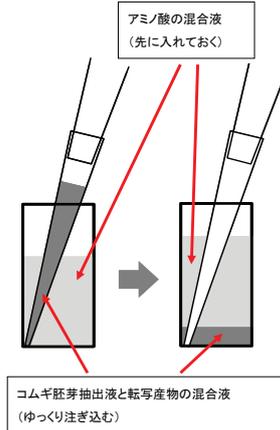
| 溶液          | チューブ a     | チューブ b     | チューブ c     | 溶液の濃度          | (最終濃度)       |
|-------------|------------|------------|------------|----------------|--------------|
| 蒸留水         | 8 $\mu$ L  | 8 $\mu$ L  | 10 $\mu$ L | -              | -            |
| 転写反应用緩衝液    | 4 $\mu$ L  | 4 $\mu$ L  | 4 $\mu$ L  | 5 $\times$     | 1 $\times$   |
| リボヌクレオチド溶液  | 2 $\mu$ L  | 2 $\mu$ L  | 2 $\mu$ L  | 25 mM          | 2.5 mM       |
| RNA 分解酵素阻害剤 | 2 $\mu$ L  | 0 $\mu$ L  | 2 $\mu$ L  | 10,000 unit/mL | 1000 unit/mL |
| RNA 分解酵素    | 0 $\mu$ L  | 2 $\mu$ L  | 0 $\mu$ L  | 10 mg/mL       | 1 mg/mL      |
| RNA ポリメラーゼ  | 2 $\mu$ L  | 2 $\mu$ L  | 2 $\mu$ L  | 10,000 unit/mL | 1000 unit/mL |
| プラスミド DNA   | 2 $\mu$ L  | 2 $\mu$ L  | 0 $\mu$ L  | 1 mg/mL        | 0.1 mg/mL    |
| 合計          | 20 $\mu$ L | 20 $\mu$ L | 20 $\mu$ L |                |              |

~~~~~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 μ L 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 μ L をとる。
3. コムギ胚芽抽出液 10 μ L に転写反応の終了したチューブ a, c の溶液 10 μ L 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

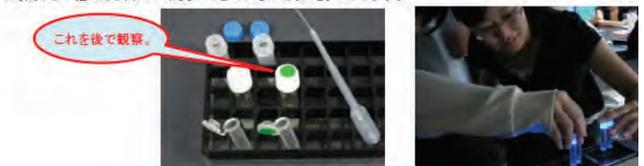
1. 大きいチューブ (まずラベルを貼ってない方から始めます) を軽くたたいて、粉末を底に落とし、キャップを取る。
2. 小さいチューブ (ラベルの貼ってない方) の液体をスポイトでゆっくり全部吸い取る (約 0.05 ml)。
3. この液体を大きいチューブの粉末 (小麦胚芽抽出液の乾燥粉末) に注ぎ、粉末を溶かす。



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、混ぜないで置いておく (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、そのまま置いておきます。2 時間ぐらい経ったら、タンパク質ができていくかどうか調べてみます)。



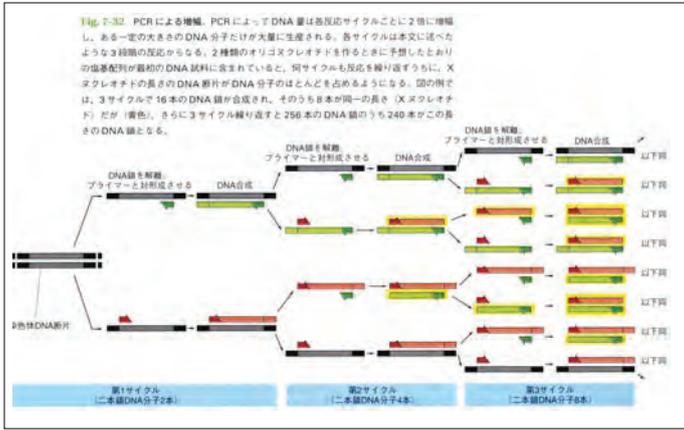
これを後で観察。

## 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。PCR/PCR 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なう「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



25

【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 29  $\mu\text{L}$  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ドダウンした後、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  $\mu\text{L}$  を、PCR 反応溶液 29  $\mu\text{L}$  (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ドダウンした後、以下の反応サイクルを 25 回繰り返す。

#### 反応サイクル

95°C 30 秒間 → 56°C 30 秒間 → 72°C 60 秒間

(3) 反応終了後、合成された DNA 断片を実験 1-2 (20-21 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 PCR 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  $\mu\text{L}$  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  $\mu\text{L}$  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、色素がゲルの下端から約 1/3 のところに来るまで(約 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 20 分間放置する。
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、一晚培養する(各テーブル G、B、R、O、pBS の 5 種類)**

26

表 3. PCR 反応液 (1 反応あたり 30  $\mu\text{L}$ )

|                                               | 容量 ( $\mu\text{L}$ )                 | ストック液の濃度                | 最終濃度                             |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| <b>DNA 溶液</b>                                 | <b>2.0 <math>\mu\text{L}</math></b>  |                         |                                  |
| <b>反応溶液</b>                                   | <b>28.0 <math>\mu\text{L}</math></b> |                         |                                  |
| 滅菌水                                           | 21.3                                 |                         |                                  |
| 10 × PCR バッファー<br>(15 mM $\text{MgCl}_2$ を含む) | 3.0                                  | 10 × buffer             | 1 ×<br>(1.5 mM $\text{MgCl}_2$ ) |
| dNTP (A+C+G+T)                                | 2.4                                  | 2.5 mM                  | 0.2 mM                           |
| Forward プライマー                                 | 0.6                                  | 25.0 $\mu\text{M}$      | 0.5 $\mu\text{M}$                |
| Reverse プライマー                                 | 0.6                                  | 25.0 $\mu\text{M}$      | 0.5 $\mu\text{M}$                |
| TaqDNA ポリメラーゼ                                 | 0.15                                 | 5.0 Unit/ $\mu\text{L}$ | 0.75 Unit                        |
| <b>全量</b>                                     | <b>約 30 <math>\mu\text{L}</math></b> |                         |                                  |

#### プライマーの配列

FW プライマー: TAATACGACTCACTATAGGG

RV プライマー: AATTAACCCCTCACTAAAGGG

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~~~~~

27

28

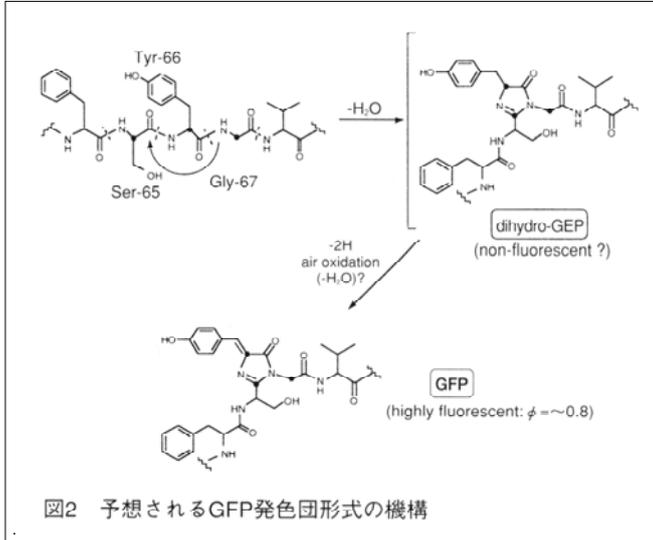
3. タンパク質を分析する

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】

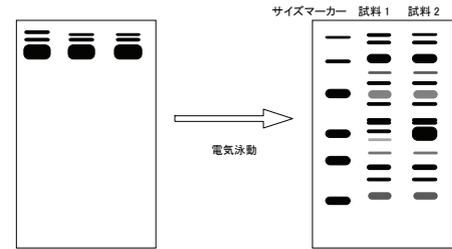
ブラックライト(紫外光)を大腸菌のプレート、培養液、無細胞合成液に照射して、遺伝子導入あるいは無細胞タンパク質合成によって緑色や赤色に光るタンパク質ができていないかどうか、確かめます。



29

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 | --- | --- | --- |

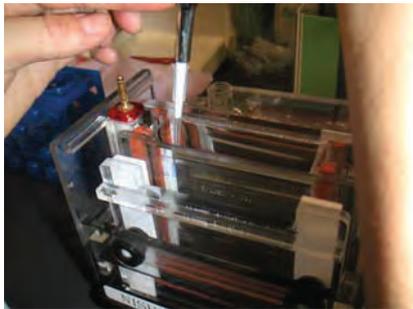
Figure 2. LMW standards stained with Coomassie Brilliant Blue. Aliquots (3 μ l per lane) of a 2 \times dilution were loaded on a self-cast 15% T, 2.7% C gel. The gel was run at a constant current of 20 mA for 1 hour, 55 minutes on a Mighty Small™ electrophoresis unit. The gel was stained with PhastGel Blue R (17-0518-01).

| Protein | M_r (Da) | R_f |
|-----------------------|------------|-------|
| Phosphorylase 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 |

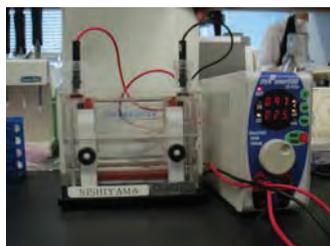
30

【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)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 μ L とり、15,000 回転、4°C 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 μ L の純水を加えてけんだくした後、10 μ L 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°C 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 μ L 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。



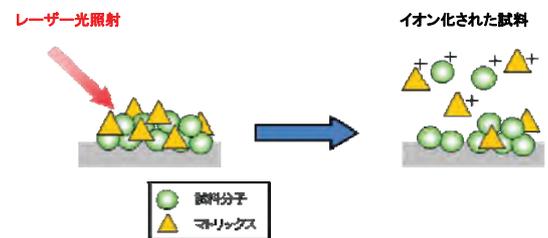
31

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ー脱離イオン化法-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、Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization(マトリックス支援レーザー脱離イオン化法)の略称。

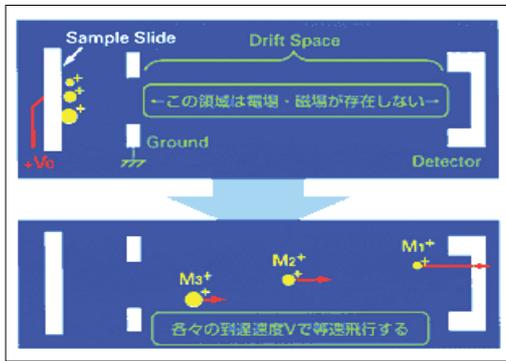
MALDI におけるサンプルは多量のマトリックス(Matrix)と均一に混合された状態にあります。マトリックスは、紫外光である窒素レーザー光(波長=337 nm)を吸収し、熱エネルギーに変換します。この時、マトリックスのごく一部(図の Analyte の最表面 $\sim \pi$ 100 nm)が急速に(数 nsec)に加熱され、サンプルとともに気化されます。



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、様々な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。

32



【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°C で 1 分間遠心分離し、大腸菌を沈殿させる。
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°C 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。

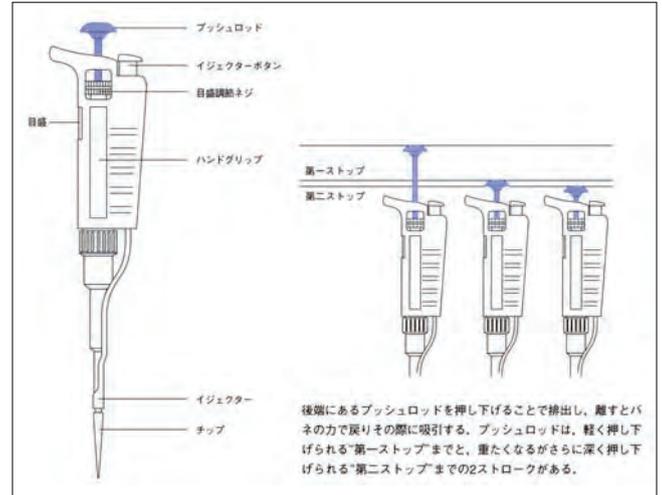
【マトリックス: シナニン酸 (0.1% TFA / 50% アセトニトリル) 飽和溶液】

★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) といった極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取るための器具が、マイクロピペット(ギルソン社の純正品を**ピペットマン**と呼ぶことがあります)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、正確に量り取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°C で約 16 時間培養すると、1 mL あたり 10⁹~10¹⁰ 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°C 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)

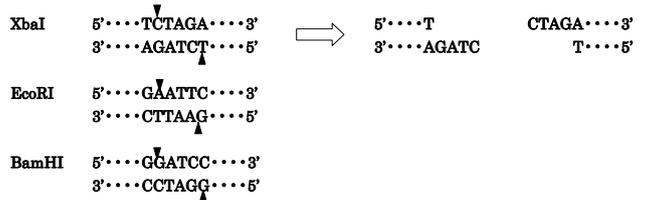
| | |
|----------------|----------------|
| Bacto tryptone | 10 g |
| Yeast extract | 5 g |
| NaCl | 10 g |
| Agar(寒天末) | 15 g (寒天培地の場合) |

1. 各培地を 120°C 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°C 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)。

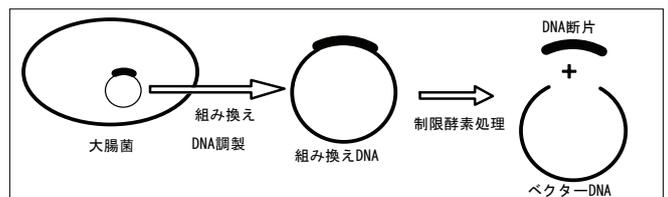
★参考: 制限酵素による DNA の切断

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)調べることがあります。

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 DNA (オワンクラゲ由来の DNA とバクテリア 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°C 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°C, 30~60 min
- ↓ 1 μL BamHI HF + 1 μL XbaI
- ↓ 37°C, 30 min
- ↓ 電気泳動 30 $\mu\text{L}/\text{lane}$ 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uanidiniチオシアネ酸, 20mM Tris HCl pH6.6
- ↓ 50°C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



37

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 H₂O
- ↓ 500 μL 5.5 M グuanidini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 μL NEB CutSmart Buffer
- ↓ 2 μL BamHI HF + 2 μL XbaI
(CutSmart Buffer 中で double digestion 可)

↓ 37°C, 30~60 min

↓ 1 μL BamHI HF + 1 μL XbaI

↓ 37°C, 30 min

↓ 1 μL BamHI HF + 1 μL XbaI

↓ 50 μL H₂O

- ↓ 500 μL 5.5 M グuanidini塩酸, 20mM Tris HCl pH6.6

EconoSpin カラムに吸着

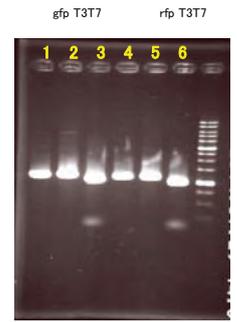
↓ 同上, 吸着, 洗浄, 回収 (50 μL TE)

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



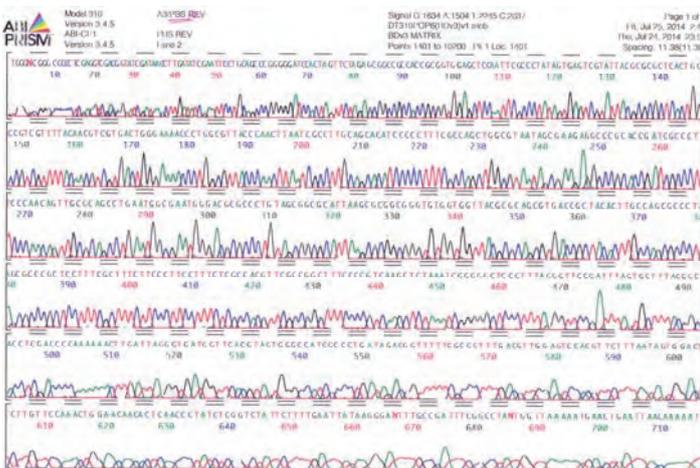
1. PCR 産物 *gfp*, T3,T7
2. カラムで精製
3. 制限酵素で切断後カラムで精製
4. PCR 産物 *rfp*, T3,T7
5. カラムで精製
6. 制限酵素で切断後カラムで精製

38

☆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、異なる色素を結合させた 4 種類のヌクレオチド (ddATP, ddATP, ddATP, ddATP) と、それぞれの色素のついた 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で、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 DNA 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

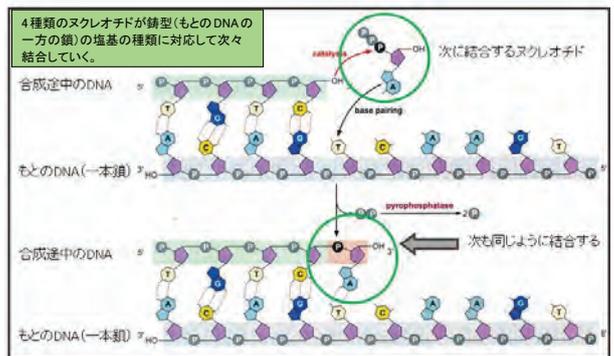
AATTCTGCGAGCCCGGGGATCCACTAGTCTAGAGCGGCCGC

という配列が見られる (43 ページ参照)

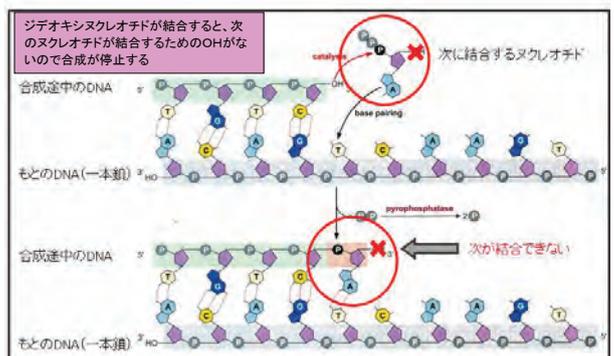
39

★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。

40

遺伝子B

1 TCTAGAATTCAAGCGGGATTTTATGGCTTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAAATAGGC
 61 CCATCAAACAGCATTAGAAATGCTAATCAGCCCAAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTTGTT
 121 GCTAAAAGATAAAAAAAGTCGAGGCTGTGGTAACATATCCCACAGATTAAAGAAAGTCA
 181 TAAGACTTGAATCTTCAGAATTTTAAATAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT
 241 TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGCTGTGTTAAAGATAAGCATTTTTGTGGAGG
 301 AAAACCATATGGCTAGCAAAGGAGAAGAACTCTTCACTGGAGTTGTCCCAATTTCTGTTG
 361 AATTAGATGGTGATGTTAACGGCCACAAGTTCTCTGTGAGTGGAGAGGGTGAAGGTGATG
 421 CAACATACGAAAACTTACCCTGAAGTTCATCTGCACTACTGGCAAACCTGCCTGTTCCAT
 481 GGCCAACTAGTCACTACTCTGTCCCATGTTGTTCAATGCTTTTCAAGATAACCGGATC
 541 ATATGAAACGGCATGACTTTTTCAAGAGTCCATGCCGGAAGTTATGTACAGGAAAGGA
 601 CCATCTTCTTCAAAGATGACGGCAACTACAAGACACGTCGCTGAAGTCAAGTTTGAAGGTG
 661 ATACCCCTTGTAAATAGAAATCGAGTTAAAAGTATTGACTTCAAGGAAGATGGCAACATTC
 721 TGGGACACAAATTTGGAATACAACATAACTCACAAATGTATACATCATGGCAGACAAAC
 781 AAAAGAATGGAATCAAAGTGAAGTCAAGACCCGCCACAACATTGAAGATGGAAGCGTTC
 841 AACTAGCAGACCATATCAACAAAATCTCAATTTGGCGATGGCCCTGCTCTTTTACCAG
 900 ACAACCATACCTGTCCACACAATCTGCCCTTCGAAAGATCCCAACGAAAAGAGAGACC
 961 ACATGGTCTCTTGTAGTTTGTAAACAGCTGCTGGATTACACATGGCATGGATGAAGTGT
 1021 ACAACTGAGGATCC

遺伝子 R

1 TCTAGAATTCGAGCGGGATTTTATGGCTTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAAATAGGC
 61 CCATCAAACAGCATTAGAAATGCTAATCAGCCCAAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTTGTT
 121 GCTAAAAGATAAAAAAAGTCGAGGCTGTGGTAACATATCCCACAGATTAAAGAAAGTCA
 181 TAAGACTTGAATCTTCAGAATTTTAAAAAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT
 241 TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGCTGTGTTAAAGATAAGCATTTTTGTGGAGG
 301 AAAACCATATGGCTAGCTCCGAGGACGTCATCAAGGAGTTCATCGCTTCAAGGTCCGCA
 361 TGGAGGGCTCCGTCACCGGCCACGATTCGAGATCGAAGGCGAAGCGAGGCCGACCGT
 421 ACGAAGGCCACCCAGACCCGCAAGTTGAAGGTCAACGAGGCGGCCATTGCCCTTCGCTC
 481 GGGACATCTTGTCCCCACAGTCCAGTACGGCTCCAAGGCTACGTCGCAAGCACCAGGCGG
 541 ACATCCCCGACTACTTGAAGTTGCTCTCCAGAAAGGCTTCAAGTGGGAGCGCTCATGA
 601 ACTTCGAGGACGCGCGCTGTCACCGTCACCCAGGACTCCTCATGTCAGGACGCGGAGT
 661 TCATCTACAAGGTCAAGTTGCGCGCCACCAACTTCCCTCCGACGCGCCGTCATGCAGA
 721 AGAAGACCATGGGCTGGGAGGCTCCACCGAGCGCATGTACCCCGAGGACGCGCCTTGA
 781 AGGGCAGATCAAGATGCGCTTGAAGTTGAAGGACGCGCGCCACTACGACGCCGAGGTCA
 841 AGACCACCTACATGGCCAAGAAGCCCGTCCAGTTGCCCGGCGCTACAAGACCACATCA
 901 AGTTGGACATCACCTCCCAACAGGACTACACCATCGTCGAGCAGTACGAGCGCGCCG
 961 AGGGCCCGACTCCACCGCGCCTAAGGATCC

遺伝子 O

1 TCTAGAATTCGAGCGGGATTTTATGGCTTTTTTAGGTATTTTTGTAAGGGTAAAAATAGGC
 61 CCATCAAACAGCATTAGAAATGCTAATCAGCCCAAAAAACAAAAGCAATCTTTTTTTGTT
 121 GCTAAAAGATAAAAAAAGTCGAGGCTGTGGTAACATATCCCACAGATTAAAGAAAGTCA
 181 TAAGACTTGAATCTTCAGAATTTTAAAAAGCAGTTTTGCCAACGTAAGATTTTTGAAGTT
 241 TTCGACCAACAATACCGTTACTGGTATTTGCTGTGTTAAAGATAAGCATTTTTGTGGAGG
 301 AAAACCATATGGCTAGCAAAGGCGAGGAGAATAACATGGCCATCATCAAGGAGTTCATGC
 361 GCTTCAAGTGTGCGATGAGGGCTCCGTGAACGGCCACGAGTTCGAGATCGAGGCGGAGG
 421 GCGAGGCGCCCGCTACGAGGCTTTTCAAGCCGCTAAGCTGAAGGTGACCAAGGTTGGCC
 481 CCCTGCCCTTGCCTGGGACATCCTGTCCCTCAGTTCACCTACGGCTCCAAGGCTTACG
 541 TGAAGCACCCCGGACATCCCCGACTACTTCAAGCTGTCCTTCCCGAGGGCTTCAAGT
 601 GGGAGCGCGTGATGAATTCGAGGACGCGGCGCTGTTGACCGTGACCCAGGACTCCTCCC
 661 TGCAGGACGGCGAGTTCATCTACAAGGTGAAGCTGCGCGCCACCAACTTCCCTCCGACG
 721 GCCCCGTAATGCAAGAAGACCATGGGCTGGGAGGCTCCTCCGAGCGGATGTACCCCG
 781 AGGACGCGCCCTGAAGGCGGAGATCAAGATGAGGCTGAAGCTGAAGGACGCGCGCCACT
 841 ACACCTCCGAGTCAAGACACCTACAAGGCAAGAAGCCCGTGCAGCTGCCCGGCGCCT
 901 ACATCGTCGCGCATCAAGTTGGACATCACTCCCAACGAGGACTACACCATCGTGAAC
 961 AGTACGAACCGCGGAGGCGCCACTCCACCGCGCATGGACGAGCTGTACAAAGTACG
 1021 GGCCCGACTCTAGAATTTCAAGCTT

☆参考: 遺伝暗号表 (DNA の塩基配列とアミノ酸の対応)

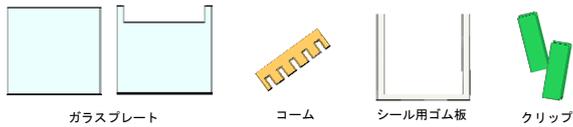
| 第1文字 | 第2文字 | | | | | | | |
|------|------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| | U | | C | | A | | G | |
| U | UUU | Phe/F | UCU | Ser/S | UAU | Tyr/Y | UGU | Cys/C |
| | UUC | Phe/F | UCC | Ser/S | UAC | Tyr/Y | UGC | Cys/C |
| | UUA | Leu/L | UCA | Ser/S | UAA | 終了 | UGA | 終了 |
| | 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

- 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のところ引いておく。
- 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 |

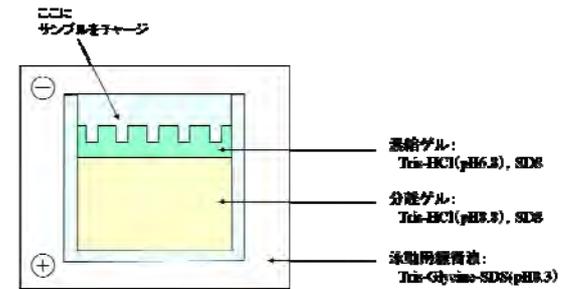
ポリアクリルアミド濃縮ゲル (3 ml)

| | |
|---|--------|
| 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 |

- 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。
- 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。
- 30分～1時間室温で静置してゲルを重合させる。
- 分離ゲルが固まったら、純水を取り除き水気を切る。

49

- 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。
- コームを挿し込み、30分間静置してゲルを重合させる。
- 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。
- 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% | プ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

50

スケジュール

7月30日(水曜日)

- 14:00～15:00 開講式 / 概要説明
- 15:00～16:00 講義「遺伝子とタンパク質—タンパク質の多様性」
- 16:00～18:00 実習「大腸菌による組換えタンパク質の大量発現」
- 18:00～19:00 夕食(生協食堂他)
- 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」

7月31日(木曜日)

- 8:45～9:00 実験結果の観察と解析
- 9:00～10:00 講義「遺伝子とタンパク質—遺伝情報の解読」
- 10:00～11:00 実習「無細胞合成系によるタンパク質の合成-1: mRNAの合成」
- 11:00～12:00 実習「PCRによるDNAの増幅」
- 12:00～13:00 昼食(生協食堂他)
- 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—」
- 14:00～15:00 実習「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」
- 15:00～16:00 実習「電気泳動によるDNAの分析」
- 16:00～17:30 講義「タンパク質はマリアを無くす切り札」
 および研究センター(城北キャンパス、プロテオミクス領域)の見学
- 18:00～20:00 講師等との交流会(セトリアン2階)

8月1日(金曜日)

- 8:45～9:00 実験結果の観察と解析
- 9:00～10:00 実習「電気泳動によるタンパク質の分析」
- 10:00～11:00 講義「ヒトのタンパク質は何種類?」
- 11:00～12:00 実習「質量分析によるタンパク質の分析」
- 12:00～13:00 昼食(生協食堂他)
- 13:00～14:45 生命科学教育の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」
- 15:30～18:30 研究センター(重信キャンパス、プロテオメディスン領域、プロテオインフォメーション領域)の見学
- 19:00～20:00 夕食(生協食堂他)
- 20:00～20:30 結果の観察
- 20:30 宿舎に移動

8月2日(土曜日)

- 8:45～9:00 実験結果の観察と解析
- 9:00～10:30 講義「生命って? 私って?」
- 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(弁当)
- 12:30～13:45 結果の考察と発表(各グループで実施)
- 13:45～14:00 閉講式

56

187

平成26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 27 年 (2015 年) 3 月 10 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