独立行政法人科学技術振興機構協定事業
平成 24 年度サイエンス･リーダーズ･キャンプ

試験管内タンパク質合成技術を活用した次世代の生命科学教育

開 催 報 告 書

国立大学法人愛媛大学
無細胞生命科学工学研究センター

愛媛大学
EHIME UNIVERSITY

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 3

（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1日目＜8 月 2 日（木）＞ 6

キャンプ 2 日目＜8 月 3 日（金）＞ 9

キャンプ 3 日目＜8 月 4 日（土）＞ 13

キャンプ4日目＜8 月 5 日（日）＞ 16

キャンプ終了後 19

イ. 参加者の成果物やレポート 21

発表スライド（講義報告書） 23

感想文 17 名分 37

「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 55

JST 実施分 57

愛媛大学実施分 65

エ. 業務の目的及びプログラムの目標の達成状況 75

キャンプの目標と実施内容 75

キャンプの目標の達成状況 75

総合的なキャンプの目的の達成 78

結 論 80

(4)資料 83
①担当者名簿 83
②参加者名簿 84
③外部発表 85
新聞記事 87
大学ホームページの記事 89
学会発表の要旨 93
④その他 99
実習テキスト 101
講義資料(林) 115
講義資料(高井) 129
講義資料(真鍋) 137
講義資料(片山) 147
講義資料(遠藤) 153

（1）プログラム名、実施機関名

「試験管内タンパク質合成技術を活用した次世代の生命科学教育」

愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター

（2）業務の目的及びプログラムの目標

ア. 業務の目的

愛媛大学では、無細胞生命科学工学研究センターが推進してきた「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」を中心とした合宿研修を開催することで、高等学校等の理数教育を担当する教員に次世代の生命科学教育法を体感させ、また蓄積されたノウハウを参考にして才能ある生徒を伸ばすための効果的な指導方法を修得させることにより、新しい高等学校学習指導要領の「生物基礎」、「生物」における「遺伝子とその働き」、「遺伝情報とその発現」に関わる理数教育における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を目的とする。

イ. 実施機関のプログラムの目標

①コムギ胚芽の抽出液を用いた無細胞タンパク質合成実験とRNA合成実験を組み合わせた高校生向けの実習およびDNAの複製およびRNAへの転写、組換えDNAの作製と遺伝子導入など生命科学の先端的研究における基本技術を体験する。各グループでこれらの実習の結果と考察をとりまとめ、最終日の午後に発表する。その際に高校の教育現場におけるこれらの実習の可能性や有用性などについて討論する。これらの討論をふまえ、本プログラムの実習内容が、基本的な生命現象の理解に化学の観点を導入し、遺伝情報の流れや、DNAとタンパク質の働きなどを生徒に理解させるために効果的であるかどうか検討する。
②DNA の塩基配列決定やゲノムデーターベースへの利用など高校教科書で紹介されている先端技術を実際に体験する。また研究センターの見学では生命科学の最先端の研究内容や実験操作を学ぶ。これらの学習内容をもとに、高校においてよりハイレベルな探究活動へと発展させる研究テーマなどの具体的案を検討する。

（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などにあらかじめ馴染ませるため、参考書「ニュートンムック：DNA」を各参加者に送付し、DNA とタンパク質の基本的な性質について学習させた。

ポスターおよび配付資料の準備

キャンプ初日の夕食後、「新学習指導要領に向けての実習教材、探究活動の開発」というテーマでポスターセッションを予定していたので、配付資料およびポスターを作成させた。

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。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。キャンプ当日配布できるよう、30 部持参させた。（提出物はキャンプ終了後加筆修正し、「観察・実験試料集」の原稿の一部とした）。また配付資料の実験プリントをもとにして、ポスターを作成させ。実践済みの教材であれば実験結果の例、生徒の実験風景、問題点なども加え、新たな実験案などで実践例やデータがない場合は、配付資料を適当に拡大してポスターとさせた。

キャンプ1日目＜8 月 2 日（木）＞

開講式/概要説明

13:00～13:30 （当初の予定:13:00～14:00）

柳澤康信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理科教育への取り組みなどを紹介した。

実験室に移動後、参加者のグループ分け、グループ内での自己紹介、白衣の配布、部屋の使用、宿舎までのルート、食事などについて説明した。

愛媛大学長の挨拶

講義「遺伝子とタンパク質－タンパク質の多様性」

13:40～15:10 （当初の予定:14:00～15:00）

キャンプにおける実習内容について理解を深める目的で、タンパク質の多様性、構造と機能、遺伝情報との関連について概説した。また最終日の発表テーマをグループごとに以下のように決め、実習で使用する4つの遺伝子と4つのタンパク質の関係をより具体的に考察するように指示した。

チーム1（G）： プラスミド DNA の作製と遺伝子導入の結果
チーム2（B）： 試験管内における転写と翻訳の結果
チーム3（R）： PCR による DNA の分析結果
チーム4（O）： タンパク質の分析結果
チーム5（W）： DNA の塩基配列とタンパク質の特徴（ジデオキシ法による配列決定を含む）

講義「遺伝子とタンパク質」

実習「組換えDNAの作製」

15:10～15:45 （当初の予定：15：00～16:30）

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断片あるいは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1時間反応させた。

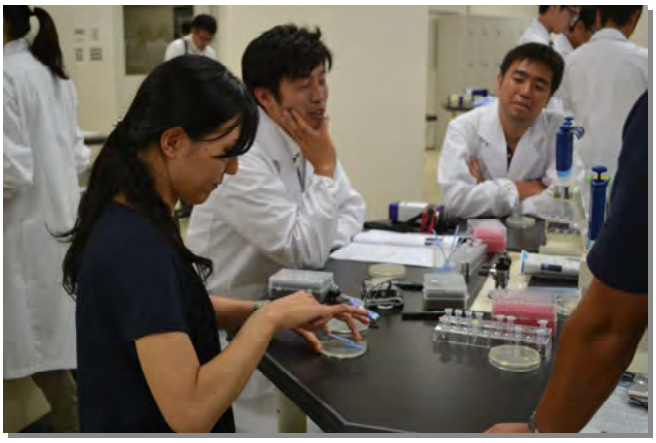
実習「組換えDNAの大腸菌への導入」

15:45～19:00（当初の予定：16：30～18:00）

前述のインサートDNAとベクターDNAおよび両者を接続したプラスミド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で培養した。（17:00～19：00）

この間、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。（16:00～17：00）

またこの間に、DNAの電気泳動の練習を兼ねて、反応に使用した3種類のDNA断片の電気泳動を行った。（17:30～19:00）



組換えDNAの作製と大腸菌への導入

電気泳動によるDNAの分析

ライゲーションに使用したDNA断片

ポスターセッション「新学習指導要領に向けての実習教材、探究活動の開発」

1930～21:00（当初の予定 19:00～20:00）

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事前に用意した。各ポスターはキャンプ開始時までに貼り付けが終了し、夕食後からポスターセッション開始までの間、全員がポスターを見て回った。その後、各参加者がポスターの内容について口頭で説明した。一人約 5 分の発表時間を予定していたが、材料の特色や実施の様子など、熱心に説明したことおよび活発な質疑応答がなされたため、一人あたりの発表時間が 10 分から 15 分となってしまい、結果的に 9 人しか発表できなかった。残りのポスターの発表は翌日以降に持ち越すことにした。

ポスターセッション：新学習指導要領における実験授業

キャンプ 2 日目＜8 月 3 日（金）＞

前日の実験結果の解説

9:00～9:10 （当初の予定 9:00～9:30）

プラスミド DNA あるいは組換え DNA を導入した菌体が寒天プレートに生育している様子を観察した。プレート上にコロニーは見られるものの、サイズが小さく予定していた PCR の実験に用いるのは困難と判断し、前日のポスターセッションの続き、および「セントラルドグマ転写編：mRNA の合成」の実験を先に行うことにした。

ポスターセッション（続き）

9:10～9:40（当初の予定 8 月 2 日の 19:00～20:00）

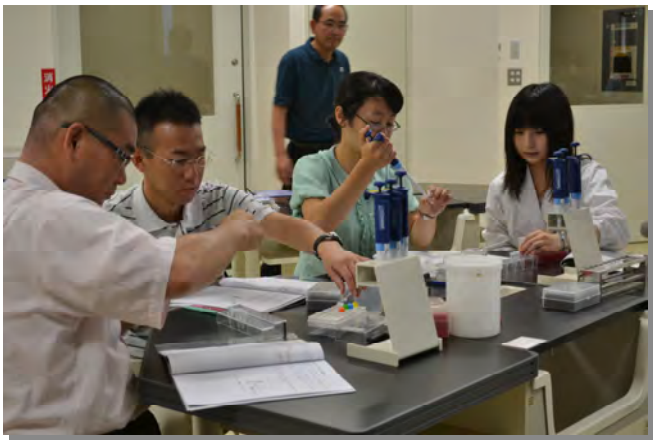
前日のポスター発表を継続し、4 人が同様に発表した。

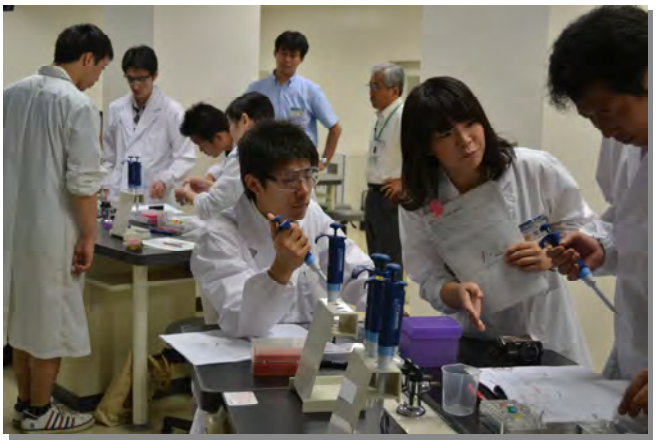
ポスターセッション（続き）

実習「セントラルドグマ転写編：mRNA の合成」

9:45～10:30 （当初の予定 10:00～11:00）

計画書では「PCR による *gfp* 遺伝子の増幅」を行う予定であったが、試料の都合でこの実験を先に実施した。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前半である。緑色ケイ光タンパク質の遺伝子を組み込んだプラスミド DNA（pEU/*gfp*）に RNA ポリメラーゼなどを加え、37℃で約 3 時間保存した。合成された mRNA は午後からの試験管内翻訳反応で利用した。





セントラルドグマ転写編：*gfp* 遺伝子の転写反応

実習「PCR による *gfp* 遺伝子の増幅」

10:30～11:30 （当初の予定：9:30～10:00）

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。

PCR による *gfp* 遺伝子の増幅

講義「遺伝子とタンパク質－遺伝情報の解読」

11:30～12:30 （当初の予定：11：00～12:00）

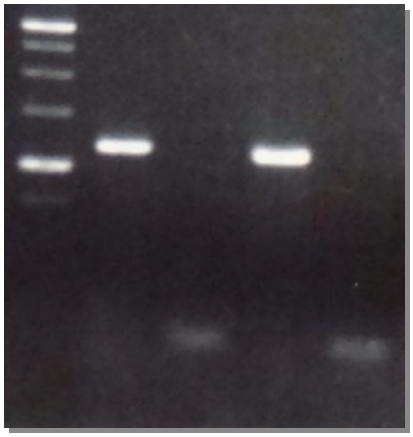
タンパク質の構造と機能を決定するアミノ酸配列と DNA の塩基配列を対応させる遺伝暗号表に関して、アミノ酸によって重複の程度が異なっていること、進化的にどのようなことが考えられるか、異なった遺伝暗号表を持つ生物がいるのか、などについて説明し、タンパク質合成と遺伝情報の関係について理解させた。

講義：遺伝子とタンパク質

実習「電気泳動による DNA の分析」

13:15～14:15 （当初の予定：13：00～14:00）

遺伝子組換えした大腸菌の菌体から直接増幅した DNA を電形動によって分析した。インサートが結合された DAN とベクターのみの 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。



PCR によって増幅された DNA 断片

実習「セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成」

14:15～15:30 （当初の予定：14:00～15:30）

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。まず転写反応によって mRNA が合成されたことを 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 層にして室温で保存した。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。医学部の見学から帰った後、UV を照射して、緑色ケイ光タンパク質の合成を確認した。

セントラルドグマ翻訳編：コムギ胚芽を用いタンパク質合成

反応開始 1 時間後に GFP の合成を確認

プロテオ医学研究センターなどの見学

15:30～19:00 （当初の予定：15:00～18:00）

重信キャンパスにある医学部に移動し（車で約 30 分）、プロテオ医学研究センターを見学した。東山教授から研究センターにおける特徴的な研究内容、ゲノム解読やタンパク質研究の医療における重要性および無細胞生命科学工学研究センターとの連携などについて説明を受けた後、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。

愛媛大学プロテオ医学研究センターの紹介

夕食／講師等との交流会

19:00～21:00 （当初の予定 18:00～20:00）

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、情報交換や懇談を行った。

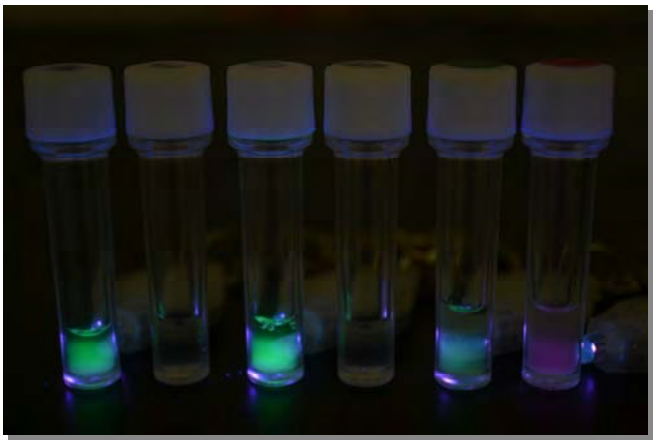
講師等との交流会

キャンプ 3 日目＜8 月 4 日（土）＞

前日の実験結果の解説

9:00～9:15（当初の予定 9:30～11:00）

プラスミドDNAを導入した菌体がさらに生育し、遺伝子によってコロニーの色が異なっていることを観察した。コムギ胚芽の抽出液によるタンパク質の合成がmRNAを加えた場合と加えなかった場合についてさらに違いを観察した。DNAの塩基配列決定の原理を解説した。



コムギ胚芽の抽出液によって合成された GFP と RFP

実習「DNA の塩基配列の解析－シーケンス反応溶液の調製」

9:30～11:25（当初の予定 9:30～11:00）

近年の生命科学研究に必須となっているDNAの塩基配列の解析を行った。高校の教科書にジデオキシ法による塩基配列解析の原理は紹介されているが、解析には自動シーケンサーを必要とするため、高校での実施は不可能であり、ほとんどの参加者には初めての実験であったと思われる。約20分の原理の説明のあと、前日から培養した菌体からプラスミドDNAを抽出し、シーケンス反応に用いた。約3時間の反応終了後、無細胞生命科学工学研究センターのシーケンサーにセットした。

塩基配列解析のためのシーケンス反応液の調製

集合写真の撮影

11:30～11:40（当初の予定 4 日目の 14:00～14:30）

最終日の午後に予定していたが、参加者の都合で先に集合写真を撮影した。

参加者の集合写真

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」

11:40～12:20（当初の予定 11:00～12:00）

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：無細胞タンパク質合成実験の授業における活用

実習「電気泳動による発現タンパク質の分析」

13:20～14:30 （当初の予定 13:00～14:00 ）

キャンプ1日目に遺伝子道移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。インサートとベクターを接続したDNAを導入した菌体および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。

電気泳動によるタンパク質の分析

講義「ヒトのタンパク質は何種類？」

14:40～15:50 （当初の予定 14:00～15:00）

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「ヒトのタンパク質は何種類？」

実習「質量分析によるタンパク質の分析」

16:00～16:30 （当初の予定 15:00～16:00）

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 TOF/MASによる解析を行った。測定には無細胞生命科学工学研究センターに付随するベンチャーラボラトリーの装置を使用した。

MALDI TOF/MAS によるタンパク質の分析

無細胞生命科学工学研究センターの見学

16:30～18:00 （当初の予定 16:00～17:30）

無細胞生命科学工学研究センターの「無細胞生命科学部門」、「プロテオーム・医薬部門」、「進化工学部門」の3部門の研究室を、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の紹介、実験室内で実験材料や先端分析機器などを紹介した。

愛媛大学無細胞生命科学工学研究センターにおける研究の紹介

実習「DNAの塩基配列の解析－シーケンスデータの解読」

18:00～18:30（当初の予定17:00～18:00）

午前中に調製したシーケンス反応液が無細胞生命科学工学研究センターのシーケンサーによって解析されている様子を見学した。

ポスターセッション（続き）

20:00～21:00（当初の予定 8 月 2 日の 19:00～20:00）

前日のポスター発表を継続し、4 人が同様に発表した。最終的に参加者 17 名全員が各自の実験授業や実験教材について説明した。

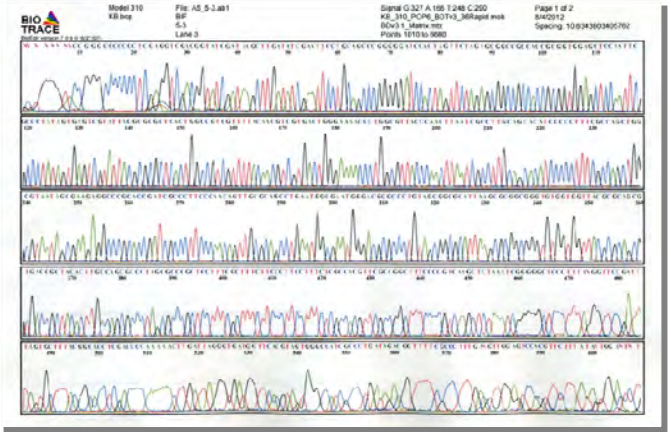
ポスターセッション（続き）

キャンプ4日目＜8 月 5 日（日）＞

前日の実験結果の解説

9:00～ 9:30（当初の予定 9:00～ 9:30）

8月4日キャンプ3日目のオートシーケンサーのデータを解析し、緑色ケイ光タンパク質などの遺伝子の塩基配列を部分的に決定した。



シーケンサーによる DNA の塩基配列の解析データー

講義「生命って、私って？」（講師変更）

9:30～11:00 （当初の予定 9:30～10:30 講義「タンパク質はマラリアを無くす切り札」）

キャンプにおける学習の総括として、当初医療への応用に関する発展的内容の講義を予定していたが、アメリカからインターネットによる中継が可能であることがわかったので、講師を変更し、生命を総合的に考える講義「生命って、私って？」に変更した。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。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研究に対する熱意に感動したことがアンケートの回答などからうかがえる。

講義「生命って、私って？」テレビ会議システムによるアメリカからのライブ映像

実験結果の解析と発表の準備-2

11:00～12:00（当初の予定 10:30～12:00）

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

結果のまとめと発表会

13:00～14:00 （当初の予定 13:00～14:00）

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以下の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。

チーム 1（G）： プラスミド DNA の作製と遺伝子導入の結果

チーム 2（B）： 試験管内における転写と翻訳の結果

チーム 3（R）： PCR による DNA の分析結果

チーム 4（O）： タンパク質の分析結果

チーム 5（W）： DNA の塩基配列とタンパク質の特徴 （ジデオキシ法による配列決定を含む）

キャンプ終了後

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。

提出物のとりまとめ

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を冊子にまとめ「生物基礎」「生物」の観察・実験指導資料とした。

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して、グループごとに相談し、修正したものを提出させ、特に文章化は求めなかった。（本報告書 23-36 ページ）

③感想についてはキャンプ終了後、提出されたものを、本報告書 37-53 ページにまとめた。

イ. 参加者の成果物やレポート

発表スライド（講義報告書）

キャンプ初日に各グループにテーマを以下のように設定し、実験結果をまとめ考察を発表させた。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である。

チーム１（G）：プラスミド DNA の作製と遺伝子導入の結果
チーム２（B）：試験管内における転写と翻訳の結果
チーム３（R）：PCR による DNA の分析結果
チーム４（O）：タンパク質の分析結果
チーム５（W）：DNA の塩基配列とタンパク質の特徴（ジデオキシ法による配列決定を含む）

感想文 17名分

キャンプ終了後、各参加者が提出した感想文を、原文のまま収録した。

「生物基礎」「生物」の観察・実験指導資料（別冊）

キャンプ期間中「新学習指導要領に向けての実習教材、探究活動の開発」というテーマでポスターセッションを実施した。キャンプ期間中のディスカッションなどを参考として加筆修正（あるいは新たに作成）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と教師用指導書として提出されたものを冊子としてまとまた。

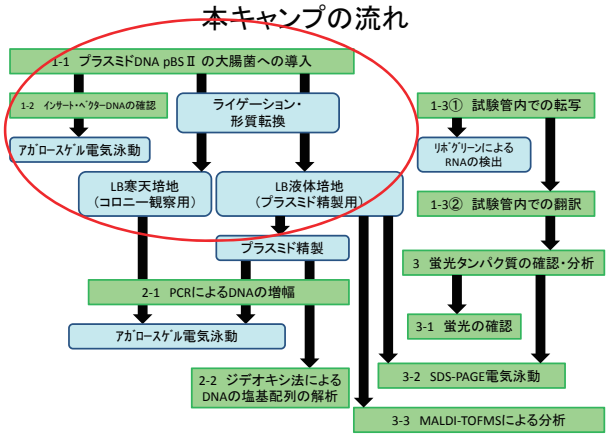
参加者による発表のスライド

サイエンス・リーダーズ・キャンプ最終日発表会　2012.8.5.

プラスミドDNAの作製と大腸菌の遺伝子組み換え

1班（チームG）
太田・後藤・原田・藤田・笹岡TA

本キャンプの流れ

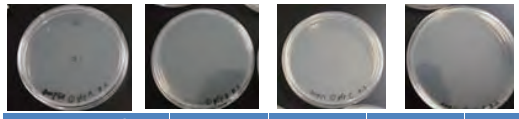


プラスミドDNAの作製

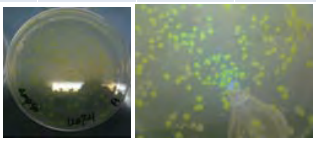
	A	B	C	D
インサートDNA	1 μL	0 μL	1 μL	1 μL
ベクターDNA	1 μL	1 μL	0 μL	1 μL
酵素溶液	2 μL	2 μL	2 μL	0 μL
水	0 μL	1 μL	1 μL	2 μL

結果（gfp遺伝子）

A ポジティブ　B インサートなし　C ベクターなし　D 酵素なし

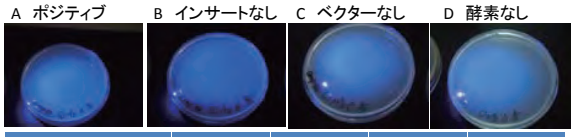


コロニー数	A	B	C	D
蛍光あり	2	0	0	0
蛍光なし	2	8	0	0



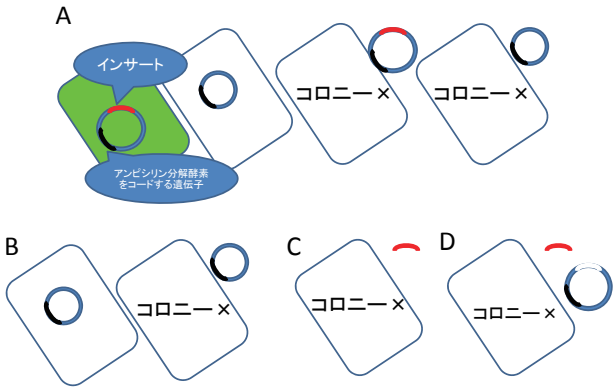
結果（rfp遺伝子）

A ポジティブ　B インサートなし　C ベクターなし　D 酵素なし



コロニー数	A	B	C	D
蛍光あり	0	0	0	0
蛍光なし	0	8	0	0

考察



電気泳動によるDNA分析結果

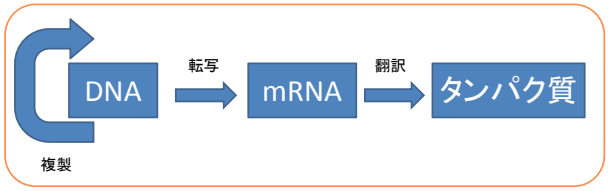
・gfp遺伝子は、約1000bp
・rfp遺伝子は、約900bp
・ﾍﾞｸﾀｰは、約3000bp
・遺伝子+DNAのバンドが
薄く見えるのは、それぞれの量が
少ないためである。

左から順に
「ﾏｰｶｰ、gfp、ベクター、gfp+ﾍﾞｸﾀｰ、rfp、ﾍﾞｸﾀｰ、 rfp+ﾍﾞｸﾀｰ」

試験管内における転写と翻訳の結果
～夢があるから強くなれる～

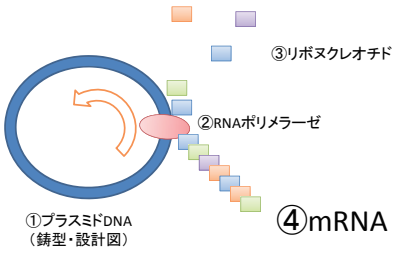
第二班（TEAM　Blue）
京都府立須知高等学校　一井　育
高知県立高知丸の内高等学校　岡崎愛子
徳島県立鳴門渦潮高等学校　近藤　充義
浜松日体高等学校　河合　克仁
TA　柴原　伸哉　先生

生命のセントラルドグマ



試験管内での生命反応の再現を試みた。

転写反応



転写反応　方法・予想

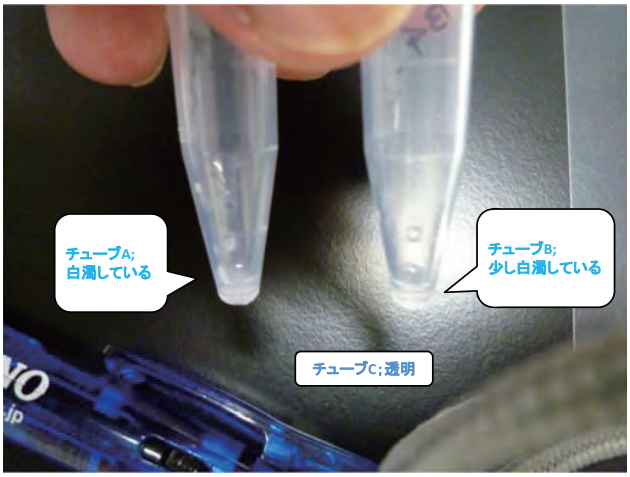
- チューブA, B, Cを用意し、溶液を調整する。
- 37℃で3～4時間保温する。

溶液	A	B	C
RNA分解酵素阻害剤	○	×	○
RNA分解酵素	×	○	×
①プラスミドDNA	○	○	×

○印は2 μL

予想

	A	B	C
mRNAの分解	×	○	×
鋳型	○	○	×
完全なmRNAの生成	○	×	×



転写反応　結果・考察

予想

	A	B	C
mRNAの分解	×	○	×
①プラスミドDNA（鋳型の有無）	○	○	×
完全なmRNAの生成	○	×	×

結果

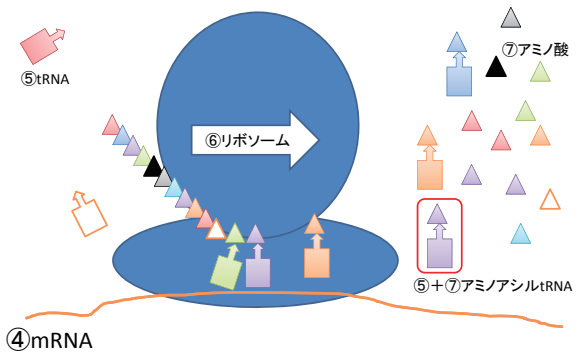
	A	B	C
白濁の有無	◎	○	×
リボグリーンによる検出	◎	○	×

結果から、AはmRNAが生成されたことが確認できた。なぜなら①プラスミドDNA（鋳型）②RNAポリメラーゼ（作業場）、③リボヌクレオチド（部品）があり、かつ生成されたmRNAが分解されていないから。

Bには分解酵素を加えてあるため、生成したmRNAが分解され、その断片が検出されたと考えられる。リボグリーンの検出では、プラスミドDNAを検出した可能性がある。

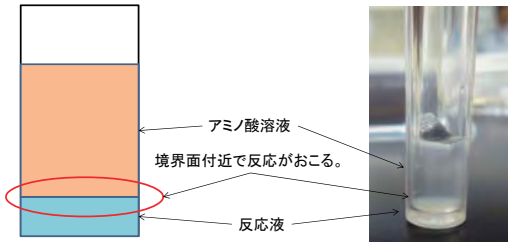
Cには、mRNAの鋳型となるプラスミドDNAを加えなかったため、mRNAは検出されなかった。

翻訳反応



翻訳反応　方法

- 転写反応後のAとCの溶液にコムギ胚芽抽出液を加えた。これを反応液とした。
- アミノ酸溶液の下層に反応液を加えた（下図）。
- 室温で静置した。
- UVを照射して、蛍光を確認した。



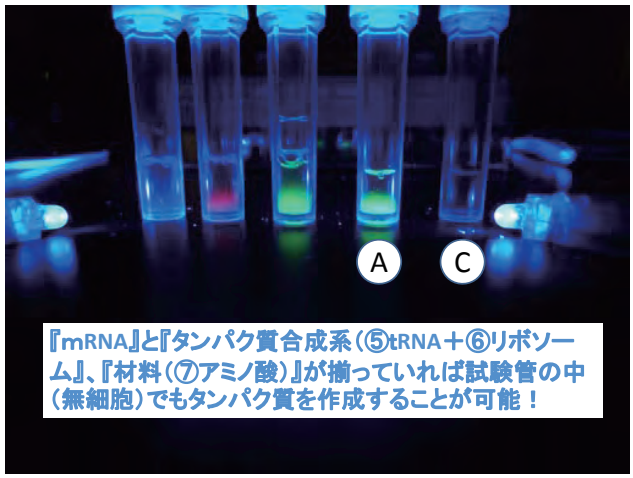
翻訳反応　予想・結果

予想

溶液	A	C
mRNAの有無	○	×
タンパク質合成	○	×
蛍光の有無	○	×

結果

溶液	A	C
蛍光の確認	○	×



課題

- 実験導入のタイミング
- 他教科、他分野への展開

プラスミドDNAを分析する

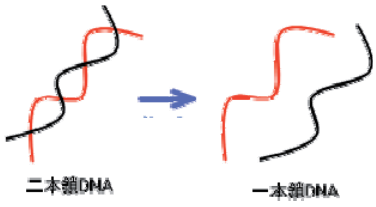
PCR（Polymerase Chain Reaction）
によるDNAの分析結果

サイエンス・リーダーズ・キャンプ
3班（Team Red）
小野・大澤・山口・（TA神原）

PCR法による
DNA増幅の原理

① 熱変性 denatunation

DNAを増幅させるため、まず最初にしないといけないのは***DNAの二本鎖を一本鎖にする***ことである。
DNAを入れた反応液を95℃にし、熱変性させた。これにより、二本鎖DNAが一本鎖DNAに変性する。



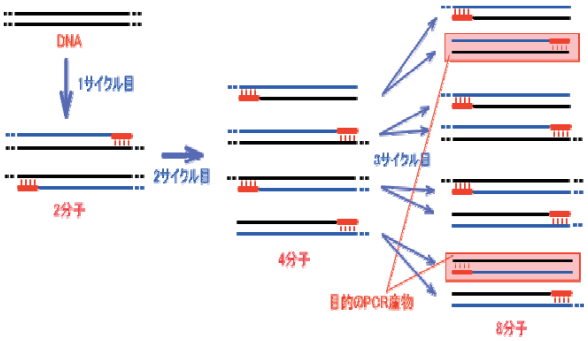
② アニーリング annealing

一本鎖DNAにDNAポリメラーゼを作用させるためには、***予めプライマーをDNAに結合させる***必要がある。
このように、プライマーがDNAと結合することを***アニーリング***という。アニーリングは56℃で行ったが、プライマーによって温度が異なってくる。

③ 伸長反応 extention

最後にDNAポリメラーゼを反応させ、***DNAを伸長させる***。
耐熱性DNAポリメラーゼ(Taq Polymerase)で行う場合、72℃で行った。

④ ①～③を繰り返してDNAのある***一部分だけを選択的に増幅させる***ことができる。



PCRにより増幅したDNA断片の
アガロースゲル電気泳動

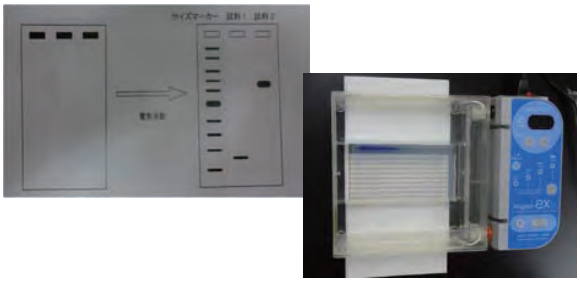
原理

○ ***DNAは負電荷を帯びているため***、電気泳動によりDNA断片は陽極へ移動する。

○ DNAの***長さにより***、アガロースゲル中での***移動度が異なる***。

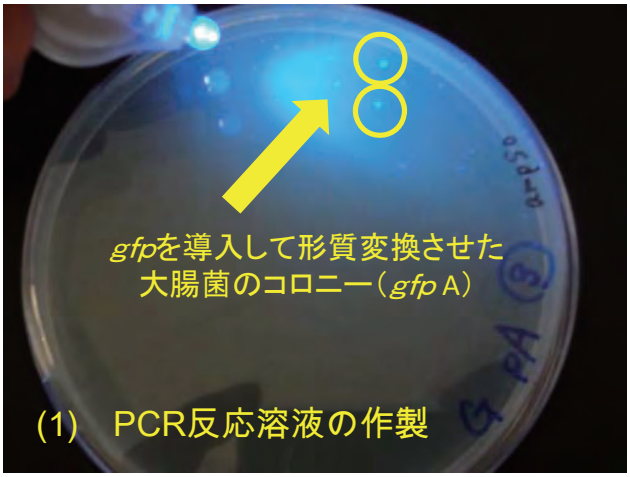
マーカーから***DNAのおおよその長さを知る***ことができる。

泳動後、エチブロ(*ethidium bromide*)で染色してUV照射してDNAを確認する。



実験操作

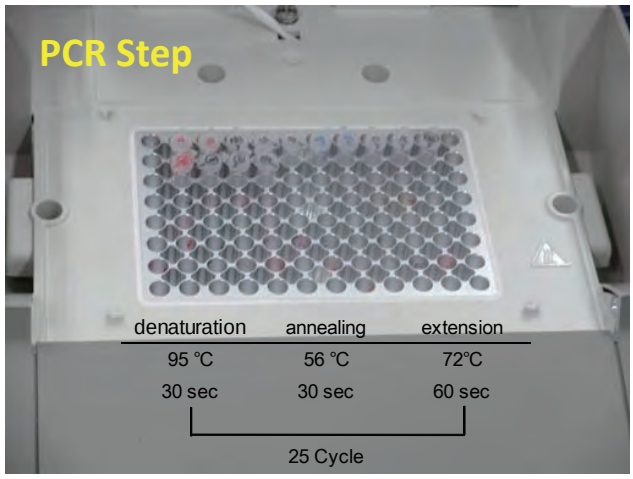
(1) PCR反応溶液の作製
(2) PCR　Step
(3) アガロースゲル電気泳動
(4) 電気泳動結果分析



	ストック液の濃度	容量(μL)	最終濃度
コロニーまたはDNA溶液		1.0　（またはコロニー）	
滅菌D.W.			
10× PCRバッファー	10×	3.0	1×
dNTP	2.5 mM	2.4	0.2 mM
プライマー（Forward）	25.0 μM	0.6	0.5 μM
プライマー（Reverse）	25.0 μM	0.6	0.5 μM
Taq DNAポリメラーゼ	5.0 Unit/μL	0.15	0.75 Unit
Total		30	

Primer (p.44参照)
F primer(T7 primer) : TAATACGACTCACTATAGGG
R primer(T3 primer) : AATTAACCCTCACTAAAGGG

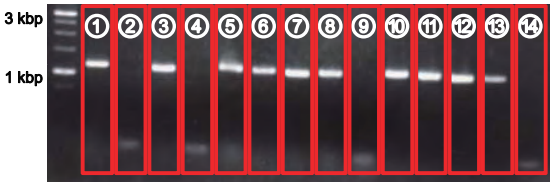
コロニー由来（プレートから採取したもの）				プラスミド由来	
①	gfp A(インサート＋ベクター)	⑤	G	⑩	G
②	gfp B(ベクターのみ)	⑥	B	⑪	B
③	rfp A(インサート＋ベクター)	⑦	R	⑫	R
④	rfp B(ベクターのみ)	⑧	O	⑬	O
		⑨	pBS	⑭	pBS



p.44 プラスミドベクターのMCS配列参照

gfp, G,B 1183 bp　　rfp, R 1141 bp
O 1201 bp

コロニー由来（プレートから採取したもの）				プラスミド由来	
①	gfp A(インサート＋ベクター)	⑤	G	⑩	G
②	gfp B(ベクターのみ)	⑥	B	⑪	B
③	rfp A(インサート＋ベクター)	⑦	R	⑫	R
④	rfp B(ベクターのみ)	⑧	O	⑬	O
		⑨	pBS	⑭	pBS



考察および結論

(a) PCR法により，微量のDNAサンプルを増幅することができた。

(b) アガロースゲル電気泳動により，増幅したDNA断片の長さを確認することができた。

(c) アガロースゲル電気泳動により，DNA断片の長さにより，同定は可能であるが，より確実なものにするためにシークエンスを調べる必要がある。

タンパク質の分析結果

4班　鈴峯女子中・高等学校　万徳　剛
新居浜西高等学校　佐々木　謙一
唐津南高等学校　　藤　容子
TA　佐伯さん　石川さん

タンパク質の分析方法

- ポリアクリルアミドゲル電気泳動
- 質量分析
  MALDI-TOFMS(マトリックス支援レーザー脱離イオン化法）

ポリアクリルアミドゲル電気泳動

- メリット
  分子の大きさの違いで比較的簡単に分離できる
  回収して次の分離に使うことができる
- デメリット
  タンパク質を正確には同定できない

MALDI-TOFMS(マトリックス支援レーザー脱離イオン化法）

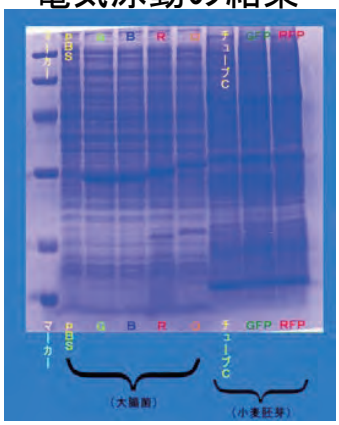
- メリット
  かなり高い精度で分子量を測定できる

  既知のデータベースを基に
  タンパク質を同定できる
- デメリット
  大がかりな装置を必要とする

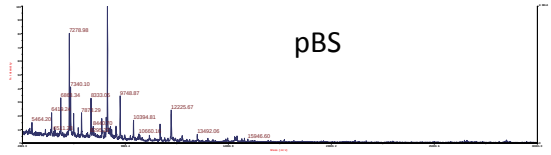
電気泳動の結果

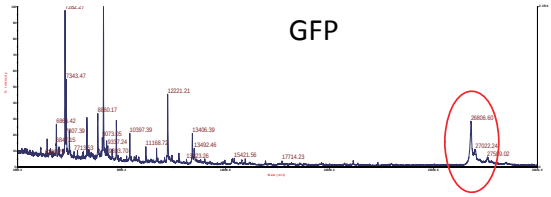
30kDa

20.1kDa

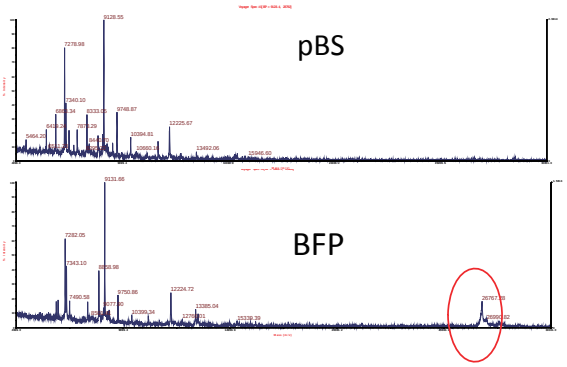


pBSとGFPの結果

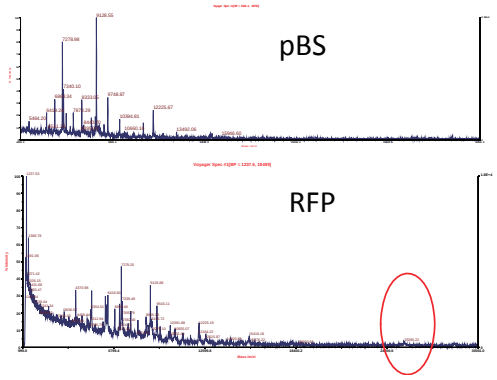




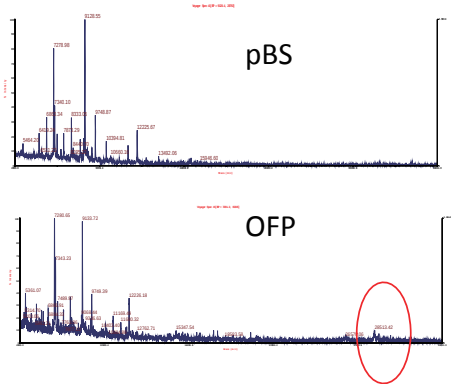
pBSとBFPの結果

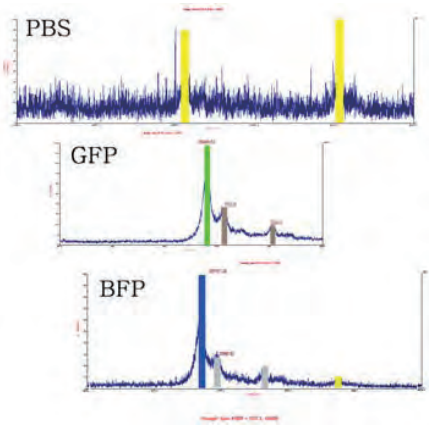


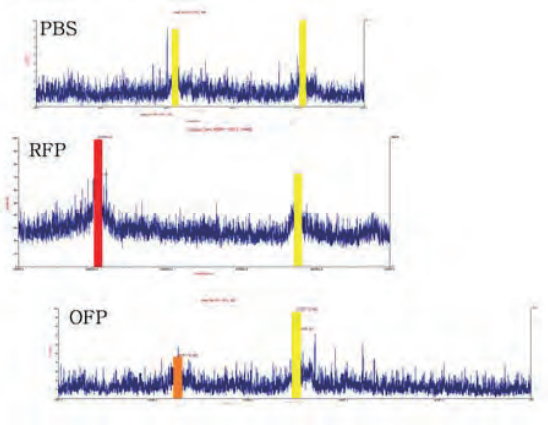
pBSとRFPの結果



pBSとRFPの結果







タンパク質の分子量

- GFP　アミノ酸239　　Mw: 26941.38

10　20　30　40　50　60
MASKGEELFT GVVPILVELD GDVNGHKFSV SGEGEGDATY GKLTLKFICT TGKLPVPWPT

70　80　90　100　110　120
LVTTLCYGVQ CFSRYPDHMK RHDFFKSAMP EGYVQERTIF FKDDGNYKTR AEVKFEGDTL

130　140　150　160　170　180
VNRIELKGID FKEDGNILGH KLEYNYNSHN VYIMADKQKN GIKVNFKTRH NIEDGSVQLA

190　200　210　220　230
DHYQQNTPIG DGPVLLPDNH YLSTQSALSK DPNEKRDHMV LLEFVTAAGI THGMDELYN

と分子量を予測

実測値　26806. 60

タンパク質の分子量

- BFP　アミノ酸239　　Mw　26899.28

-
-
```
        10        20        30        40        50        60
MASKGEELFT GVVPILVELD GDVNGHKFSV SGEGEGDATY GKLTLKFICT TGKLPVPWPT

        70        80        90       100       110       120
LVTTLSHGVQ CFSRYPDHMK RHDFFKSAMP EGYVQERTIF FKDDGNYKTR AEVKFEGDTL

       130       140       150       160       170       180
VNRIELKGID FKEDGNILGH KLEYNYNSHN VYIMADKQKN GIKVNFKTRH NIEDGSVQLA

       190       200       210       220       230
DHYQQNTPIG DGPVLLPDNH YLSTQSALSK DPNEKRDHMV LLEFVTAAGI THGMDELYN
```

- 実測値26767．28

タンパク質の分子量

- RFP　アミノ酸225　　Mw　25423.71

```
        10        20        30        40        50        60
MASSEDVIKE FMRFKVRMEG SVNGHEFEIE GEGEGRPYEG TQTAKLKVTK GGPLPFAWDI

        70        80        90       100       110       120
LSPQFQYGSK AYVKHPADIP DYLKLSFPEG FKWERVMNFE DGGVVTVTQD SSLQDGEFIY

       130       140       150       160       170       180
KVKLRGTNFP SDGPVMQKKT MGWEASTERM YPEDGALKGE IKMRLKLKDG
GHYDAEVKTT

       190       200       210       220
YMAKKPVQLP GAYKTDIKLD ITSHNEDYTI VEQYERAEGR HSTGA
```

実測値25295．22

タンパク質の分子量

- OFP　アミノ酸235　　Mw　26709.28
-
```
        10        20        30        40        50        60
MASKGEENNM AIIKEFMRFK VRMEGSVNGH EFEIEGEGEG RPYEGFQTAK LKVTKGGPLP

        70        80        90       100       110       120
FAWDILSPQF TYGSKAYVKH PADIPDYFKL SFPEGFKWER VMNFEDGGVV TVTQDSSLQD

       130       140       150       160       170       180
GEFIYKVKLR GTNFPSDGPV MQKKTMGWEA SSERMYPEDG ALKGEIKMRL KLKDGGHYTS

       190       200       210       220       230
EVKTTYKAKK PVQLPGAYIV GIKLDITSHN EDYTIVEQYE RAEGRHSTGG MDELYK
```

- **実測値26579．06**

-
- Translation (ExPasy)
- 塩基配列をアミノ酸配列に変換
- Compute pI-Mw (ExPasy)
- アミノ酸配列からpIと分子量を予測
-

サイエンス・リーダーズ・キャンプ

試験管内タンパク質合成技術を活用した
次世代の生命科学教育

DNAの塩基配列とタンパク質の特徴

５班W　長崎県立佐世保西高等学校　神崎　賢太
土佐女子中学高等学校　槌谷　大作
愛媛県立南宇和高等学校　大塚　森
愛媛大学大学院　杉野　友香

DNAの塩基配列とタンパク質の特徴

- 目的
  - DNAの塩基配列の違いが、つくられるタンパク質にどのような影響を与えるか。
  - また、そのことがタンパク質の性質にどのような変化を与えるかを調べる。
- 方法
  - ジデオキシ法による塩基配列の決定。
  - 特定された塩基配列の遺伝子間での比較から、アミノ酸配列の違い、タンパク質の特徴の違いを検証する。

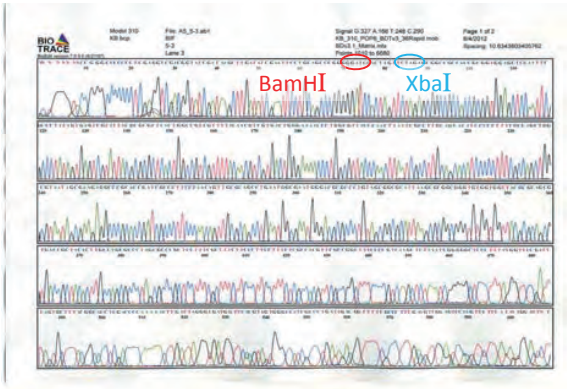
ジデオキシ法による配列決定について

- テキストの遺伝子Gの塩基配列と、シーケンサーにより解読された塩基配列との比較

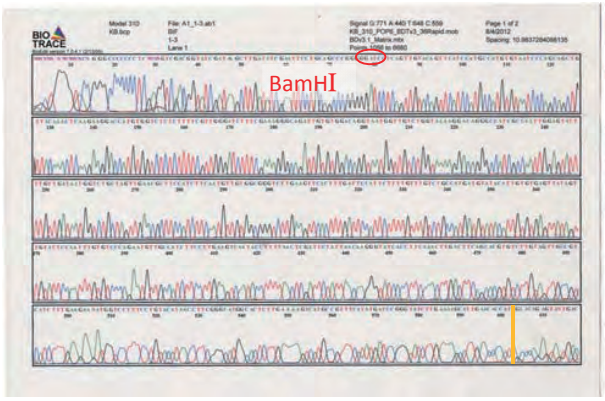
↓

解読領域の50～500番目付近までは信頼できるデータが得られた。400番目当たりから波長に乱れが生じ、特にアデニンが乱れている。550番付近でアデニンが連続する部分では読み取りミスが生じていた。しかし、両側から読み取りを行っているので特定できた。

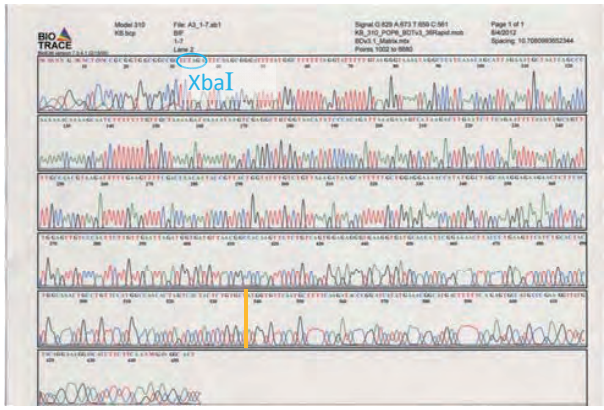
pBSの解析データ（T3ﾌﾟﾗｲﾏｰによる）



遺伝子Gの解析データ（T3ﾌﾟﾗｲﾏｰによる）



遺伝子Gの解析データ（T7ﾌﾟﾗｲﾏｰによる）



遺伝子Gと遺伝子Bの比較

- 基本的に塩基配列はほぼ同じであり、構成するアミノ酸の数も同じ。2か所に塩基配列の変異がみられ、発色団を形成するアミノ酸にも2か所変化が生じていた。

↓

この2つの遺伝子はもともと同じものであり、アミノ酸配列の変化が、蛍光の波長に変化を引き起こしたのではないか。

遺伝子Gと遺伝子B

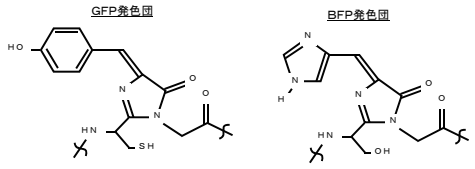
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515
C	T	G	T	G	C	T	A	T	G	G	T	G	T	T
Leu			Cys			Tyr			Gly				Val	

501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515
C	T	G	T	*C*	C	*C*	A	T	G	G	T	G	T	T
Leu			*Ser*			*His*			Gly				Val	

・505番目の G→C、507番目の T→C

・65番目の Cys→Ser、66番目の Tyr→His

GFP発色団とBFP発色団の比較



Non-coding領域の変異

- 11番目G→A
  TTCGAGC
  TTCAAGC
- 208番目A→T
  AAAAAGC
  AAATAGC

遺伝子Gと遺伝子Rの比較

- Xba I サイトから309番目の開始コドンまでは全く同じ塩基配列である。しかし、開始コドン以降の塩基配列およびアミノ酸配列は大きく異なり、構成するアミノ酸の数も異なる。

↓

*gfp*遺伝子のnon-coding領域に、別の遺伝子（*rfp*遺伝子）を結合させてつくったものではないか？

また、遺伝子Oは遺伝子Rとの共通点が多く、遺伝子Rの変異でできたのではないか？

まとめ

- 塩基配列解析より、大腸菌への*gfp*遺伝子の挿入が確認できた。
- *gfp*遺伝子と*bfp*遺伝子間にアミノ酸配列の変化を引き起こす変異が2か所みられた。
- *bfp*遺伝子のnon-coding領域に2か所変異がみられた。

サイエンス・リーダーズ・キャンプ2012に参加して

愛知県立半田高等学校　原田　挙志

今回のキャンプは，年度当初の慌しい中，突然参加が決まった。詳しい内容もあとから分かった次第であり，赴任する高校において化学と物理分野を教えていた私にとっては，このプログラムは生物分野中心であったため，参加前は不安であった。ただ，本年度から理科においては新教育課程が先行実施され，特に生物の遺伝分野を取り扱う内容ではかなり改正がある印象を持っていた。今回，この分野を学習できると分かった時には，興味関心を持って参加できそうと思った。

さて，3泊4日のキャンプに参加した感想を三点述べたい。まず一点目は，現代における生物分野の最先端に触れることができてよかったということである。大学で研究されている内容については，もっと発展的，応用的であると思われるが，それでも今回のプログラムにおいて根本となっている部分を感じ取ることができたと思う。また，大学等の研究機関において要求される内容が，今回の高校生物の教科書に積極的に組み込まれていることも感じとれた。高校で生物を担当する機会がない私にとっては，現在教科としての生物において，どこに重点がおかれているかを知るいい機会になったと思う。

二点目としては，高校理科のあり方について考えるきっかけとなったことである。今回のプログラムは生物の内容ではあるが，DNA，アミノ酸，タンパク質，酵素といった物質を扱う側面がある。つまり，化学の知識は欠かせない。また，電気泳動の原理や蛍光を発するといった点では，物理的な側面も理解しておかなければならない。現在，高校では物理，化学，生物，地学と4つの科目に分かれているが，大学等で研究を進めるにあたっては，科目を分断していては十分でないということを感じた。このことは，今後の教育する現場において意識しておきたいことである。

三点目は，自然科学に携わる研究者の見つめる先である。最終日，遠藤先生の講話を聴いたわけであるが，最後に「これからの若者に勉強してほしいのは生物」という一説があったことを記憶している。その場を締める言葉として大変適切な言葉であったが，生物を専門としてこなかった私にとっては，「それは物理じゃないかな」と思ってしまった。決して先生の言葉に水を差すつもりはなく，それぞれ分野を極める方々は，自分のやってきた内容に誇りを持っているということを改めて感じた。自分にとっても，これこそが大切という姿勢を常に持っていたいとつくづく感じた。

最後に，今回の参加は，自分の知らなかった分野を学習する貴重な機会であったことには間違いない。今後，さらに自分自身のスキルアップにつなげ，日々の授業活動の中に還元できるように努めたい。

【最先端科学技術体験合宿プログラムに参加して】

【京都府立須知高等学校　一井　育】

「高校では勉強の仕方、学び方をまず教えていただきたい。」林先生はキャンプの冒頭で言われました。胸に響きました。身近なこと、最新技術のこと、難易度の高い大学入試問題・・・。日頃、様々なことを伝えよう、理解させようと必死になっているあまり、一方通行になってしまっている、自分の自己満足に終わってしまっている部分があるのでは…と反省しました。まずは、高校生が自ら学ぶ姿勢を身につけるために教師である自分自身がどのように援助していくべきかを再確認できました。教えすぎるのではなく、うまくバランスをとって生徒に気付かせる、活動させることの大切さを再確認しました。その実践のためにはやはり教師には高度な知識や技能、技術が不可欠であると考えています。

今回の「サイエンス・リーダーズ・キャンプ」では、最先端の科学技術を体感することができ、また、地域の枠を超えた教員間の交流も深まり、指導力の向上を図れたと思います。新学習指導要領に取り入れられた「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重要となる遺伝子操作や無細胞タンパク質合成の実験を体験させていただいたり、生命科学の先端研究の見学もさせていただくキャンプ内容は大変刺激を受けるものでした。また、理工学研究科の大学院生から指導をしてもらい実験に取り組ませていただき、自身が大学以来の器具等も思い出しながら操作し、大変新鮮な気持ちで取り組むことができました。全てが初めての実験であり、試薬の成分、各操作の意義などの質問にも細かく答えていただき本当に感謝しています。

医学部見学ではプロテオ医学研究センターでのゲノム情報やタンパク質研究の医療への応用に関する講義を受けた後、DNA分析装置や画像解析装置など最先端の装置も実際に見せていただき感激しました。また、大学で行われている研究が自分の身の回りのことや医療とどのように関わっているかを教えていただきました。これまでは自分自身も漠然としか理解していなかったため今後、授業等で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ていくことができると思います。

ポスターセッションでは、新しい学習指導要領に関連した実験や探究活動、あるいは今後実施してみたい実験などについて討議していく中で、各先生方の意見等も聞かせていただき、自身の課題点を発見することができました。

今回、都合により 3 日目の午後からの講義、実験には参加できませんでしたが、キャンプに参加させていただき、「無細胞タンパク質合成法」を自分なりに理解し、大変興味を持つことができました。これを活用した実験を自校でも取り組んでみたいと思いました。さらに、このように最先端の技術をうまく高校生に触れさせていける実験に大変興味を持ちました。自分自身も理科を指導する教師として、基本を大切にすると同時に様々な最先端技術に興味を持ち、研修を深めていきたいと改めて感じました。

いろいろとお世話になり本当にありがとうございました。今後ともよろしくお願いいたします。

サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

徳島県立城南高等学校　藤田康平

愛媛大学無細胞生命科学工学研究センターで行われたサイエンス・リーダーズ・キャンプは、教員自身が自然科学に対する探究心と熱意を忘れてはならないということを再確認させられる貴重な経験であった。

実験においては、まずマイクロピペットの使い方から戸惑ってしまった。学生時代に使用した経験はあったものの、やはり 10 年以上も触っていないと操作があやふやになっていた。大腸菌の培養については初めての経験で、寒天プレートの蓋の開き方から、培養液の塗り方までの作法全てに合理的な意味があることを知り深く感心した。出来上がったコロニーが蛍光した時には感動した。結果を実際に眼で見えるということは大きな意味を持つことを改めて感じた。

特に印象深かったのは、試験管内でのタンパク質合成反応である。何よりも無細胞タンパク質合成反応をキットで簡単にできるという点が素晴らしかった。是非、授業でも使ってみたいと感じたし、新しい教科書ではこれを使わなければならないとも感じた。しかしながら、あまりにも簡単であるため、この反応の意義について事前にしっかりと学習させることも大事であると考えた。その点において、愛媛大学医学部や工学部を訪問したのは良かった。この反応がもたらす恩恵について、実験を行う際に生徒にしっかりと伝えたいと思う。

また、新学習指導要領に向けての実習教材、探究活動の開発についてのポスターセッションは大変勉強になった。その内容も当然だが、他県の生物教員が強い横のつながりを持ち情報交換をこまめに行ったり、実験実習書を作成したりしているということに驚いた。徳島県でも 10 年ほど前まではそのような活動はあったのだが、現在はかなり横の繋がりが弱くなっている。この点は私たちのような若い世代が頑張っていかなければならないと深く反省した。

実験や講義のプログラムは、研究の面白さを思い出させてくれ、もう一度大学に戻って研究したいという気持ちにすらなった。また、大学の先生方や学生、そして全国の高校教員との交流を通じて、自然科学に対する強い熱意を感じることができた。高校理科教育のリーダーを育成するという本来の趣旨とは違うかもしれないが、このキャンプは私にとって自然科学に対する純粋な探究心を呼び起こす大変良い機会となった。

今回のキャンプを企画し、3 泊 4 日、朝から夜中までご指導いただいた林教授をはじめ、愛媛大学の方々、そしてこのような機会を提供していただいた JST 深い感謝を申し上げる。

サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

鳴門渦潮高校　近藤充義

このキャンプに参加できたことを光栄に思います。多くのプログラムを組んでくださった林先生はじめ多くの関係者に感謝いたします。

まず、全体を通して、今回学習した内容は、多くの夢が詰まっており、まさに生物科学の基礎となる部分であると感じました。生物Ⅱの授業では組換えDNAやPCR、DNAシーケンサーの仕組みを学習しますが、何のために行うのかという基本的目的を教えることができてなかったです。授業では、品種改良やインシュリンの合成の例が出てきますが、上述の手法は、様々な夢の実現には欠かせないことであると思いました。また、PCRのサーモスターラーやDNAシークエンサーはどの研究室にもあり、私の学生時代とは大きく変化をしていると感じましたし、DNA塩基配列の分析は、もはや基本的ベースとなる部分で、不可欠なものであると感じました。

さらに、多くの実験や講義を通じて、この部分の教科書の内容が、ぐっと身近に降りてきた感覚を持つことができました。これは実際見て、触れたからだと思いますが、生徒にもこの感覚を持たせることはできると感じました。生物基礎でのDNAの取り扱いが入った本当の理由が分かったと思いましたし、基本的教養として、どのような内容を学習すれば良いのか、また発展としてどのような内容を学習すれば良いのかが、自分の中で整理できました。この新課程の導入の時期に、このような学習ができて、本当によかったと思いました。

実験においては、プラスミドDNAによる遺伝子組換え、大腸菌への遺伝子導入、転写と翻訳、DNA分析、タンパク質分析を行いましたが、どの実験も細かなところの気遣いが必要であると感じました。それは見えないものを見る力が必要であるということでもあると感じました。見えないものに対する予測やその扱いについてなど、実験を行うためには十分な知識は必要であると感じましたし、その知識があるから実験が楽しいのだと思います。細かなことまで教えてくれたTAの方々には感謝いたします。

ポスターセッションでは、時間を気にせずお互いに意見し合い、日常の研修とは違ったより有意義な時間を過ごせたと思います。年齢的にも近い教員がお互いに行っている実験内容を聞いて、自分ももっと生徒の知的好奇心を呼び覚ましたいという気持ちになりました。

遠藤先生の講義では、自分の夢を多く語っているのですが、それがすべて実現できそうで、普段とはちょっと違った世界に引き込まれました。今回のキャンプを通して、どの先生も夢をもっていて、それがパワーを生んでいると感じました。今回学んだことを生徒に伝え、生徒が夢を持ち、その興味を引き出すことが今の自分の夢であると思います。そのために必要な手法を身につけ、興味を引き出し、語ることで、行動力のある生徒を育成したいと考えました。

サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

香川県立丸亀高等学校　太田恵利子

このサイエンス・リーダーズ・キャンプに参加することで得た収穫は、私の今後の生物の教員としての指針となるだろうという実感がある。新学習指導要領が目指すところ、つまりこれからの生物教育に求められるものが、実体験を通して理解できたのだ。

セントラルドグマの概念は、今後の生きる力の根底をつくる必須知識である。DNAという設計図をもとにタンパク質がつくられる。それを巧みに操ることで、生命がつくられ、また、その生命活動が維持される。今後の社会生活においては、それを応用した技術があらゆる場面で利用され、その技術を能動的に使用することが求められるようになる。今後の生物教育にはこの技術を能動的に開発・利用できる人材を育成する責務があるのだ。さらに、生物教育の責務はそれだけではない。生物学を学習する最終的な目標は、その精巧なシステムを理解することで、自己の起源を見つめ、論理的に生命を捉えて、それによって生命の尊さの理解へと到達することである。しかし、DNAに関連することがらは、可視化することが困難なため、なにか自分とかけ離れた事象のように捉えられがちである。これが、自己の生命へと知識を還元させることを難しくさせている。しかし、この「コムギ胚芽を利用した試験管内タンパク質合成技術」を体験することで、セントラルドグマを視覚的に捉えることができ、より実感をもって理解することができるようになる。

このように、私たち生物の教員に科された使命とは、生徒のこれらの思考をスムーズにさせる介助である。その介助こそが、新教材の開発なのである。新教材の開発と一口に言っても、その過程には多大な知識・経験・そして人脈が必要となる。既成の概念に捕らわれない、新教材を開発するためには、最先端の研究内容まで網羅した幅広い知識や経験が求められる。そして、これはまさにネットワークを広げ、いかに情報収集できるかにかかっている。人脈も教員に求められる重要な「スキル」であると痛感した。また、それぞれの専門性を十分な形で発揮していくこともネットワークがあってこそ可能となるものである。

私は、今回のキャンプに参加して、新教材の開発のために必要な要素を少しでも理解し、また、体験することができた。これを糧にして、今後の活動に発展させたい。そして、「生物基礎」や「生物」という科目を通して、教室や実験室で、生命科学にふれた経験が生徒の人生の転機になるような機会となりうるような授業を研究・開発していきたい。

今回、私にこのような機会を与えて下さったすべての皆様に感謝申し上げます。

「サイエンス・リーダーズ・キャンプ」に参加して

愛媛県立新居浜東高等学校　小野裕基伸

今回、3泊4日の日程で、愛媛大学無細胞生命科学工学研究センターで取り組まれている最先端技術であるコムギ胚芽の抽出液を用いた「試験管内タンパク質合成技術を活用した次世代の生命科学教育」のプログラムに参加させていただいた。

初日は、「組換えDNAの作製、大腸菌への導入」の実習を行った。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（GFP）をコードするDNA断片を接続する操作を実施してプラスミドDNAを作製し、コンピテントセルにプラスミド DNA を導入させた。この実習で、初めてマイクロピペットやマイクロチューブ、遠心分離器やサーマルサイクラーなどの実験器具を使ったが、ごく少量の試料で遺伝子操作ができることに大変興味を持った。また、事前課題であった「新学習指導要領に向けての実習教材、探究活動の開発」のポスターセッションでは、参加された各県の先生方の創意工夫された取組を深く議論することができ、大変有意義だった。

二日目は、「試験管内での転写と翻訳の再現」、「PCRによる *gfp* 遺伝子の増幅」、「電気泳動によるDNAの分析」の実習を行った。試験管内でのmRNAの合成やコムギ胚芽の抽出液を用いたタンパク質の合成、アガロースゲルを用いた電気泳動によるDNA分析、PCRによるDNAの増幅の実験手順を学んだ。また、プロテオ医学研究センターを見学し、医療の進歩には、研究者や研究医の役割が重要であることを深く認識させられた。ヌードマウスを初めて見させていただいたが、かなり衝撃的であった。

三日目は、「DNAの塩基配列の解析」、「電気泳動や質量分析による発現タンパク質の分析」の実習を行った。遺伝子導入に使ったプラスミドDNAの塩基配列の一部を、蛍光色素を結合したジデオキシヌクレオチドと自動DNAシーケンサーを用いて解析し、ポリアクリルアミドゲルを用いた電気泳動やMALDI-TOFMSで、タンパク質の大きさを確認した。また、無細胞生命科学工学研究センターを見学し、生命体を動かすタンパク質を試験管の中で遺伝子から作り出す最先端の研究に、大変興味を持った。

四日目は、コムギ胚芽を用いた無細胞タンパク質合成系の研究の第一人者である遠藤弥重太名誉教授の講義を受けることができ、大変感銘した。午後からは、今回の実習内容と結果を、班別に発表した。私たちの班は、プラスミドDNAを分析するという内容で、PCRによるDNAの分析結果を発表した。全体の前で発表し、説明することで、より知識が深まり、大変勉強になった。

今回のキャンプは、日程的には深夜までグループ内で研究結果の分析や資料作りに取り組むなど、かなりハードであったが、内容が濃く、充実していて大変勉強になった。この経験は、非常に有意義であり、私自身、理科教員として自覚と使命を深く感じさせられた貴重な経験となった。最後に、この機会をいただいた愛媛県教育委員会や御指導いただいた愛媛大学の林秀則教授をはじめ、今回、かかわっていただいた多くの関係者に感謝したい。

サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

愛媛県立新居浜西高等学校　佐々木　謙一

内容が盛りだくさんで講義や実験の内容を整理して理解するための時間がなく、やや消化不良気味ではあったが、終わってみると密度の濃い充実した研修であったと思う。最終日の発表に間に合わせるために、3日目の夜に班員とホテルロビーで実験結果を読んでいるうちに日付が変わってしまったのもよい思い出である。また、JST の担当者や愛媛大学のスタッフの皆さんが大変熱心に講座運営にあたっておられたことが実感できた。

マイクロピペットの操作経験もほぼ皆無という状態であったので、どうなることかと思って参加した。しかし、各班に TA が 1 名ついてくれていたので、疑問点を確認しながら実験を進めることができた。参加者 17 名のうち化学を専攻とする教員が多くいたが、生物Ⅱの指導経験のない教員にとっては、かなり難しい内容と圧倒される量だったのではないかと思う。大学時代に分子生物学にあまり触れることができなかった生物教員にとっては、知識を実体験によって膨らますよい機会になったと思う。私自身、理科教員としては生物が専門だが、大学時代、農業経済学が専門であり、行ったことのない実験がほとんどであったので、よい経験ができた。

今回のキャンプの一つの方向性として、体験した実験のいくつかを実際に高校生に体験させよということがあると思う。が、20～40 名を 1 名の教員で一斉に指導する授業で実施するのはかなり困難を伴うと思う。器具操作に慣れさせるための時間を前もって捻出したり、時間割を生物 2 時間連続や午前・午後 1 時間ずつにしたりというような工夫も必要である。一方で授業進度も確保せねばならず、400 ページを超える「生物」の教科書を週 4 時間の授業で、実質 11 月末には終わらせないといけないことを考えると実験の時間そのものをどの程度確保できるのだろうか。また、マイクロピペットやその他の器具をそろえるとなると初期投資に加えてチップ等の消耗品で相当の出費となりそうだ。ところで、愛媛県の場合、単価 1 万円以上は備品扱いとなるはずなので、無細胞タンパク質合成系の実験キットを実際に購入するには苦労しそうである。

ところで、実験の合間にプロテオ医学研究センターと無細胞生命科学工学研究センターを見学できたのはよかった。愛媛大学医学部があれだけ研究に力を入れていたとは知らなかった。両センターが愛媛大学の大きな柱の 1 つになっていることが感じ取れた。

いずれにせよ、大学時代に経験できなかった分子生物学の実験を経験できた点、ポストゲノム時代ともいわれる今、科学の進展にゲノムやタンパク質のデータベースの重要性について理解を深められた点で有意義であった。

「平成 24 年度サイエンス・リーダーズ・キャンプ」受講報告書

愛媛県立南宇和高等学校　大塚　森

サイエンス・リーダーズ・キャンプは毎日 21 時、22 時まで実習等があり、非常に充実したものであった。たった4日間ではあったが、その間ずっと他の参加者と交流することができた。また班の中での会話も多く、実習や講義の内容の理解をすすめることができた。今回のキャンプで得た感動と経験を、今後の教科指導や課題研究指導に役立てていきたい。

また実習・講義によるセントラルドグマの基礎から、各センターの見学で無細胞タンパク質合成系の応用研究の一端を見せていただいた。基礎から応用まで一つの大きな見通しを持って学習できたことで、非常に良く理解できた。興味・関心を持たせる授業展開についても大変参考になった。

また、その中で坪井敬文教授より、マラリア撲滅にタンパク質合成が貢献するというお話をいただいた。この話の中で、鎌状赤血球がマラリアに耐性がある理由が、鎌状赤血球が浸透圧変化に弱くマラリア原虫が赤血球に侵入してもすぐに壊れてしまうことにあると解説をいただいた。そのお話から、鎌状赤血球を持つ人が貧血になりやすいこと自体がマラリアへの耐性になっていると、生き物の営みの妙に感動した。

実験では、高校では余り使わない器具を多用した。特にマイクロピペットはマイクロリットルという任意の少量の溶液を正確に計りとることができ、そのようなごく少量を扱う生化学分野においては重宝されている。近年、高校化学実験ではマイクロスケール実験が注目を浴び、マイクロスケールでの定量的取り扱いへの試みがなされている。マイクロピペットを用いることで高校でもマイクロスケールでの定量実験が行えるのではないだろうかと、教材化を考えてみたい。

大学の卒業研究テーマはタンパク質モデル錯体の研究であったので私は取り扱うことがなかったが、同じ研究室で遺伝子組換え大腸菌を扱っており、その培養や DNA 挿入確認のための PCR などを行っていた。そのときは自分の研究のこともあり、他の研究班の実験手順の一つ一つが何を意味しているのかを特に深く考えてはいなかったが、今回の実習では担当していただいた先生方やティーチングアシスタントの方に確認しながら行うことができた。大変お世話になり感謝申し上げます。また同じ班で一緒に作業をした槌谷先生、神埼先生にもいろいろと助けていただき、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

高知丸の内高等学校　岡﨑愛子

自分が学生の時から「分子生物学」の分野は苦手に感じていましたが、新しい学習指導要領に取り組んで「苦手など言っていられない時代がやってきており、置いて行かれそうになっている！」と痛感していたところです。また、高知県では採用 10 年次研修という大きな研修があり、昨年は教科指導について自分なりに次のようなことを考えたことでした。「生徒が身に付けたい力や教師が付けさせたい力はそれぞれに多様に異なっていることが多い。生徒の要望に確実に応えることは教師として必須だが、人類や地球がこれから進むべき方向や現代社会の今の状況を考えると、適切な生命観や自然観を養い、科学的に学んでいくことができる力をつけさせることも非常に大切であると感じている。高校での生物に関する勉強は週2～4時間×3年間であるが、この時の理解や取り組みがその後の人生でも『科学に興味を持てるか』を左右する。受験指導も非常に大切で進路希望が叶うような実力をつけさせることも必須だと思うが、近年の生徒を見ていると『（おもしろくて）もっと知りたい、謎を解明したい』という気持ちや『考える』作業や『悩む』作業なしに、教師側が用意したものを『ただ消化しようとしている』ように見える。科学の有機的な繋がりや神秘的な部分にも自ら気がつくことができ、社会に出てからも『学び』を続けていけるように指導をしていきたい。」キャンプ参加のお話をいただいた時は「生命科学」と「分子生物学」についてもう一度勉強する、大きなチャンスだと思いました。そして本当に充実した研修を行うことができたと感じています。

特に「生命」について生徒に授業展開していくことを考えると、キャンプで体験した「化学からのアプローチ」を加えることは不可避であり、誤解のないよう理解させその不思議さに気付いてもらうにはますます私自身が学習していかなければならないと決意を新たにしました。体験したどの実験も（自分で消化するには少々時間がかかりましたが）おもしろく、特に他の先生方と論議したり、TA の先生に詳しく教えていただけたことで理解が進み「もっと深く勉強したい」と考えられるようになりました。生徒への授業方法でも重要だと実感しました。何といっても「無細胞タンパク質合成キットを使った実験」が一番驚いたので印象に残っています。また林先生や片山先生をはじめ熱意ある大学の先生の講義を受けられたことも非常に有意義でした。特に遠藤先生の「生物学や科学から自分や人生をとらえていく」お話に共感・感動して、実は講義中にこっそり泣いてしまいました。普段見られないような大学研究の詳しいお話や施設などを案内していただけたことも大変おもしろく、難しい内容を前向きに理解するための原動力になりました。生徒にも、積極的にたくさんのキャンパス見学に行くよう勧めていきます。

今回のキャンプに参加して、生徒に魅力的な生物の授業を展開していくためのヒントをたくさん頂けたことが何よりの収穫でした。朝は一番早く、夜は一番遅くまで残って準備して下さった林先生、我々生徒と一緒に寝食も共にして下さった片山先生、ハードスケジュールを励まし合い、笑いながら過ごしてくださったキャンプの先生方、どんな質問にも丁寧に答えてくださった TA の先生、お茶やお弁当など準備して下さった職員の方々、企画して下さった JST の方々、このキャンプに参加させてくれたすべての方々に感謝の気持ちでいっぱいです。素晴らしい 4 日間を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

福岡県立明善高等学校　教諭　大澤 真一

本キャンプ参加にあたって，(1) 生命科学の飛躍的な進展を踏まえた，他者や社会および自然や環境と共生していくための倫理観の醸成，(2) 課題発見能力を向上させる教育活動のあり方，(3) 学習意欲を高め，知識や技能の更新のため生涯にわたって学習を継続していくための指導法および教材開発の三点について学びたいと考えていましたが，全てにおいて満足できるキャンプとなりました。

実験では，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を活用して，遺伝子情報発現のすべての過程を試験管内で再現させることができることに感動しました。また，遺伝子組み換え生物に関するカルタヘナ法の制約もクリアし，また特別な設備・器具も要らず，しかも実験操作が簡便であるなど驚きの連続でした。本校では，学校設定科目「STL メディカルサイエンス」の授業で遺伝子組み換え技術の原理に関する実験を計画しており，本キャンプの実験を参考とし内容の精選と再構築を進めていきたいと思います。また，「生物基礎」，「生物」，学校設定科目「科学技術探究」の授業も含め，生徒の視点から見た学びの連続性に留意して三年間を見通した授業計画を立案していきます。

講義や研究センターの見学を通して，大学や研究機関での研修について，最先端で高度な研究内容や専門的な知識に留まらず，その研究手法を学ぶという観点に基づき事前指導を十分に行うことで，生徒にとっても有意義な研修を行うことが可能であるとの印象を得ました。加えて，科学技術の発達にともなう成果を日々取り入れて絶えず変化を続ける大学の理数教育と，高校の理数教育は年々乖離していく現状を少しでも打破できるように，私たち教員の指導力の向上が急務であると再認識させられました。

ポスターセッションでは科学技術分野の指導や理数教育において先進的な実践を行う高等学校の先生方と具体的に協議をおこない，授業や探究活動における工夫点，問題点および解決策を共有することができした。教員の仕掛け，生徒の気付きが授業の根幹であることを改めて感じ，生徒が主体的に理解を深め学習する中でゆるぎない自信を持たせたいと思います。

これからの高校には，理数系クラスにおいては，科学技術の専門教育に加え，それを社会に応用するための社会科学・人文科学的な視野を踏まえた教育を行う環境が必要です。また，逆に文科系クラスにおいては，科学技術への知見を踏まえた上での社会科学・人文科学的素養の育成を図る環境が必要となります。双方がクロスする概念こそ「科学技術リテラシー」であり，この「科学技術リテラシー」を習得させ，活用させる場を授業や学校行事等の場面において設定していく必要性の点からも，開発したカリキュラムや教材を全国的に普及させようと尽力されている愛媛大学の取り組みは一番の成功例ではないかと感じています。

最後になりましたが，本キャンプを主催していただきました JST，愛媛大学の担当者の皆様に深く感謝の意を表しまして結びといたします。

「サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して」

佐賀県立唐津南高等学校　藤　容子

サイエンス・リーダーズ・キャンプには事前に参考資料を予習し、十分な準備で臨んだつもりであった。しかし、大学時代から学んできた生態学とは畑違いの内容で、実習初日から基本的な操作であるマイクロピペットの使い方でつまずく始末だった。一日目の実習内容はほとんど理解できず、毎夜宿舎に帰ってから2～3時間予習復習して次の日の実習に臨んだ。その結果、最終日にようやく実験の内容を理解することができた。今回参加する機会を与えてもらい、まず感じたことはこれまでの研修内容の偏りだった。生態学に関する分野を知らず知らずのうちに好み、生化学の勉強を怠っていたことを痛切に感じた。授業では大学入試問題の演習などで取り扱う内容でありながら、実際に実験装置を使ったことがなく、理論だけで教えていたことを恥ずかしく思った。

新学習指導要領では、今回実習で取り組んだ「セントラルドグマ」が大きく取り扱われる。文系理系に関わらずすべての生物選択者が学ぶことになり、その内容の複雑さと学習時間との間で既に履修している学校の先生から悩みや疑問がでていた。最終日に遠藤先生の講演を拝聴し、生命の神秘や生命の尊さを伝える生物学の根本に立ち返り、限られた授業時間数の中で何をどう伝えていくのかを検証し、生徒に自らの存在意義まで考えさせうる授業を目指し私たち高校の理科教員が教材研究に努める必要があると思った。

現在勤務している農業系の専門高校では、学習到達度や学習意欲の個人差は大きいが、農業科目で既に形質転換の実験を取り扱っている。今後は農業科の先生方と連携し、理科で担うべき領域を確認した上で、各専門科に対応した実験環境を整え、生徒たちに生命の神秘や生命の尊さを伝える授業を目指したい。本研修を通して各県から参加された多くの同年代の先生方と交流でき、自分が狭い範囲で悩んでいたことがなんでもないことのように思えた。今後も疑問や悩みを解決していく貴重な同士を得たように感じた。

また、この7年ほど部活動として地域の生物（カブトガニやニッポンバラタナゴ、魚道の研究など）を対象とした研究活動を行ってきた。地域での研究発表が目標であり、教材の研究に取り組もうと考えたことはなかった。片山先生のお話を聞き、一部の生徒の研究活動に留まらず、授業の探究活動につながる内容を探ってみようと思った。疑問を解決するプロセスを多くの生徒が体験し、学ぶ喜びにつながるよう工夫してみたい。

今回愛媛大学では、研修内容の組み立てがすばらしかった。試験管内でgfp遺伝子から作ったタンパク質を可視化する過程で自ら考え、自ら学ぶプログラムを経験し、生徒にもこの喜びを体験させたいと強く思った。実験の詳しい方法は、今後の実践へ向けて大変参考になった。最後に実験をご指導いただいた林先生、TAの先生方、JSTの方々、講義をしていただいた先生方、事務の先生方、本当にありがとうございました。今後は、本研修で感じたこと考えたことを実践し、「セントラルドグマ」の学習を通して生命の神秘や生命の尊さを一人でも多くの生徒に伝える授業を目指し努力していきたいと思います。

サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

長崎県立佐世保西高等学校　神崎賢太

「1番大切な教科は『生物』なのです。先生方は生徒に自信を持って話してください。」

最終日の講話の中での一言です。この4日間の研修の締めくくりとして、最も心に響いた言葉でした。

今回、私は県教育委員会からの推薦ということでこのキャンプに参加させていただいたのですが、正直なところ、SSHやSPPに関わったこともなく、理科専門部で研究発表も行ったこともない私は場違いではないだろうかと考えていました。しかし、この研修を終えた今感じていることは、それぞれ学校や立場が違っていても、理科教員として生徒に生物（生命科学）の大切さやすばらしさを教えていくことに変わりはないということ、また、我々はこういった研修を通じて日々研鑽に励んでいかなければならないということです。このキャンプの中で、愛媛大学の林先生をはじめとする諸先生方は、お忙しい中にもかかわらず熱心に指導してくださいました。これは、理科教育の裾野を広げるという目的のみならず、一人一人が本当に理科が好きで、少しでも多くのことを学んでもらいたいという気持ちがとても強く感じられました。休憩時間や食事の時間においても丁寧に質問に答えてくださり、ありがとうございました。

今回の研修プログラムにおいては、無細胞タンパク質合成実験をはじめとする私たちが大学生の時にできなかった実験を実際に体験することができ、単なる知識としてしか持っていなかったセントラルドグマについての考えを深めることができました。さらに、他の先生方と実験結果を解析・考察する中で、自分では思いつかない考えやアイディアがとても良い刺激となって私を鼓舞してくれました。プログラムの内容を完全には理解できていない部分もあったかもしれませんが、最終日の研究発表が終わり研修が終了したときには、自分自身が以前より一歩前へ進めたようなすがすがしい気持ちになったことを覚えています。

他にも、医学部のプロテオ医学研究センターではマラリアの研究や遺伝子組換え動物飼育施設の見学、無細胞生命科学工学研究センターでは最先端の設備やタンパク質定量装置などを実際に見せていただき、感心するとともに非常に良い刺激となりました。

私は理科の教員として、この研修を通して改めて生命に携わる大切な教科を教えることができることを嬉しく、そして誇りに思いました。今まで以上に、科学の発展が人類の幸福にどう貢献していけるのかを生徒に伝え、少しでも多くの生徒に生命科学に関わる道に進みたいと感じてもらえるよう努力していきたいと考えています。今回の研修では本当にお世話になりました。ありがとうございました。

サイエンス・リーダーズ・キャンプを終えて

熊本県立宇土高等学校　教諭　後藤　裕市

サイエンス・リーダーズ・キャンプ(SLC)への参加は、学習指導要領改訂に伴い高校生物で学習する内容が国際的に標準化したことを受け、生命科学の正しい知識と関連する技術を伝える必要性を感じていたため希望をしました。特に、セントラルドグマの概念を伝える大切さと難しさを感じていたなかで、実験教材の開発や指導法の充実につなげる機会になると期待をしていました。SLC を終えた現在、「試験管内タンパク質合成技術を活用した次世代の生命科学教育」プログラムを通じて得た知識や経験、参加者との交流の機会は、今後の教育活動の糧になると感じています。

まず、コムギ胚芽の抽出液を利用した無細胞タンパク質合成システムによるセントラルドグマを可視化する実験を体験することができたことは良い経験になりました。大腸菌など生物を利用せずにタンパク質を合成できることに驚きを覚えたとともに、蛍光タンパク質の利用による視覚的に理解しやすい実験結果は高校現場での活用に大きな可能性を感じました。教科書に採択された経緯や背景、ねらいなどを聞くことができたことは生徒に伝える際の内容の深みにも繋がると感じています。また、PCR や電気泳動、塩基配列解析などの基本技術の原理理解とその実験プロコトルの理解に取り組んだのは大学以来であり、探究活動を進める姿勢で行うことができた実習は純粋に生物学への学びを楽しむ時間になりました。

また、SLC プログラムの関係者や参加者の取り組みを知る機会が充実していたことは知識を広げるだけでなく、同じ理科教育に携わる者として大きな刺激を受けることになりました。愛媛大学医学部や無細胞生命科学工学研究センターの施設見学では、教科書で扱う理論やそれに関する実験を研究機関でどのように扱い、研究をすすめているのかを見ることができ、大変良い勉強になりました。一つ一つの質問や疑問にも丁寧に対応してくださる様子や研究内容に誇りと自信を持っておられる姿勢にも、生物学に携わる者として憧れを感じました。SLC 参加者によるポスターセッションでは、それぞれの専門性や得意分野を生かした創意工夫ある実践報告や問題提起、各県の特色ある取り組みを知ることができ、実践者ならではの視点や経験を聞けて参考になりました。

SLC を終えて、プログラムに期待していた以上の充実感を得る密度の高い経験をさせていただくことができたと感じています。プログラムを通じて受けた刺激によって、高い専門性を活かした生物学の授業と教材開発ができる教員になりたいという当初の目標を再確認することまでできました。専門性を深めていく姿勢と興味関心や探究心を高める指導法や教材教具の開発に努める意欲が高まったことを生徒に還元していきたいと考えています。最後になりましたが、SLC を企画した独立行政法人科学振興機構、本キャンプの運営を担当された愛媛大学の教授及び学生の方々に理科教員としての向上心を高める機会設定をしてくださったことに深くお礼を申し上げます。熊本県高等学校教育研究会生物部会や理科教育研修等の機会で SLC の経験を伝え微力ながら熊本県の理科教育の充実につなげていきたいと考えています。大変お世話になりました。

生命科学教育の可能性

学校法人日本体育大学　浜松日体中学・高等学校　河合　克仁

本年度より、数学・理科において新学習指導要領が先行実施された。今回の改訂により、ほとんどの高校生が生命活動の原点であるセントラルドグマを学習することとなった。遺伝子組み換えや再生医療などが話題になる今日、セントラルドグマの流れを理解することは必須であると考えている。今回、サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加するにあたり、“セントラルドグマの理解を深める指導法を身につけること”、“生命科学研究の先端を知ること”そして、“理科教育の将来像を考えること”を目的とした。

本校では、1 年生全員が生物基礎を履修している。キャンプの中心テーマであるセントラルドグマについては、既に学習を終えている。学習後、興味関心や理解度を面接や試験により確認したところ、生命現象の根幹であることは興味関心を持っているが、転写・翻訳の過程、特に化学反応としての理解が十分ではないことがわかった。従来は、生物に遺伝子を組み込み、培養するなど実験設備、時間や費用がかかってしまい、実施できたとしても限られた生徒でしか実験ができない問題があった。しかしながら、キャンプで提案された無細胞系におけるタンパク質合成は、高校生にとっては操作も簡単であり、セントラルドグマの理解を深めるために大変有効な手段であると考えた。さらには、蛍光を発する仕組みについて、反応条件と生成物の関係など他領域への発展が可能であり、生徒が自然科学全体を学ぶことが理解を深めることを実感する教材であると確信している。

次に、プロテオ医学研究センター、工学部、無細胞生命科学工学研究センターの見学を通じて、先端研究の一端を拝見することができた。研究の先進性も印象的であったが、特に印象に残っていることは、先生方の生命科学に対する情熱と使命感の強さであった。研究に対する情熱を肌で感じることができたことだけでも貴重な体験であった。その上、我々の質疑に対しても丁寧に答えていただき理解を深めることができた。

最後に、遠藤先生の講義を聞き、生命科学の発展と生命科学教育の拡充の必要を再確認した。“生きること”や“生きていること”を考えるための手段は無限にある。そのひとつの手段として、生物学（生命科学）の理解が挙げられる。生命現象を理解することが生物の歴史を知ることになり、生命の尊さをも知ることになっていくはずである。実践するために必要な事は教科・科目の枠を超えた教育の場を構築することが必要であると考える。この意識を持ちながら生徒と共に学習し、自然科学の発展に寄与していきたい。

おわりに、サイエンス・リーダーズ・キャンプの企画、運営に際して、林秀則先生をはじめ、多くの先生方、（独）科学技術振興機構の皆様、TA の皆様にはお大変お世話になりました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

次世代の生命科学教育を考える

名城大学附属高等学校　山口　照由

このサイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して、次世代の生命科学教育について改めて考えるきっかけになった。私は勤務校（スーパー・サイエンス・ハイスクール校）において、学校設定科目『バイオサイエンス』を担当しており、生命科学教育について関心が高かったので、非常に興味深い研修であった。この研修のテーマである試験管内タンパク質合成技術を用いた生命科学教育について感想を述べる。

本研修では、コムギ胚芽抽出液を用いた無細胞タンパク質合成技術を活用したセントラルドグマの可視化を実際に操作し、体験した。このセントラルドグマについて、教科書にはその流れの記述がなされているが、高等学校の授業ではそれを生徒が体験することはなかなか難しい。使用する機器や器具が高額であったり、大腸菌の使用や時間的制約であったりと通常の授業でこれらの実験を取り入れることは難しい。今回の研修で用いた、コムギ胚芽抽出液を用いた無細胞タンパク質合成技術は、試験管内で転写、翻訳を行うことができ、大掛かりな機器や器具を必要としない。また、生成するタンパク質は GFP のように確認しやすいものを用いることにより生徒には何ができたかがわかりやすくなっている。この技術を授業に導入するときに気を付けなければならいことは、実験操作一つ一つの生徒の理解度である。物質を入れ、その結果を見るというのが、この実験の主な操作であるので、作業の実験にならないように授業展開の工夫が必要であると思われる。また、この技術では、化学の観点を導入できるという特徴がある。高等学校の理科では、生物や化学のように科目が独立しているように見えるが、実はそれらが複合的に成り立っているというように印象できる。そうすることで理科全体を見ることが大切であるという広い視点を生徒に印象付けることも可能であると考える。是非本校においてもこの技術を導入して、授業展開をしたいと考えている。

2003 年にヒトゲノム解読が完了し、生命現象のメカニズムを理解できるようになってきている。生命現象を分子レベルで迫っている今、生命科学に携わる研究者を排出するための教育が必要である。また同時に、遠藤先生が言われたように生命現象は『生きること』の基本であり、その不思議さや神秘性を理解する教育も必要であると考える。このキャンプを通して、生命科学教育についてさらに興味を持った。

サイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して

鈴峯女子中・高等学校　万徳 剛

今回のサイエンス・リーダーズ・キャンプに参加して、様々な刺激を受けました。

一つめは、「新学習指導要領に向けての実習教材、探究活動の開発」のポスターセッションでした。ほとんどの先生が実践例を報告されていました。私もしたことがある実験でも、より簡便に、より安価に、より生徒に分かりやすく実践されているのを知り、とても参考になるとともに、自分の努力不足を反省しました。

二つめは、大学の先生の講演でした。熱く自分の研究を語る姿は、圧巻でした。また、研究の基本的知識の不足している私たちに分かりやすく説明してくださり、稚拙な質問にも丁寧に答えてくださって、とてもありがたかったです。

三つめは、研究室・動物実験施設の見学でした。教科書の写真やテレビの映像でしか見たこともない、1台数千万円や1億円するような最新の研究機器や貴重な動物など、普段絶対見ることのできないようなものを見て興奮しました。また、ここで世界レベルの研究が行われているのだと思うとそれだけでも興奮しました。

四つめは、数多くの実習でした。高校の現場にいるだけでは絶対に経験できない、現在の分子生物学の基本であるDNAからRNA、タンパク質レベルの操作を体験することができました。やはり、このようなことを一度でも体験すれば、教えるときの心持が全然違います。今までに比べ、自信を持って教えることができると思います。そのような姿勢は、生徒に必ず伝わると思います。私達に計り知れない恩恵を与えてくれている技術を文系・理系問わず詳細に、かつ、熱く語ることは、生徒の理解を深め、興味・関心を持つ子が増えると思います。

五つめは、一つめと関連しますが、参加した高校の先生方のこの研修に対する情熱です。一緒に実習をしていて疑問点があった時に大学の先生やポスドクの先生や TA の先生に一生懸命質問したりする姿は、知的好奇心旺盛な生徒のように見え、とても感心しました。実習の実験結果の解析と発表の準備においては、ホテルに着いて疲れてすぐ寝てしまった私とは違い、同じように疲れているにもかかわらず、日付けが変わっても準備をされていたということを次の日お聞きし、本当に溢れんばかりの情熱と責任感を有している方々だなと思いました。そしてまた、自分の努力不足を反省しました。

今回の研修によって、最新の生命科学の知識を学んだり、高校では出来ない実験を実際に行ったり、全国の他校の取り組みを知ることができたりすることが出来てとても有意義なものでした。それ以上に、大学や高校の先生方の情熱に触れ、私ももっと頑張らなければいけないと思うことが出来ました。今回の“出会い”を大切にしたいと思います。本当にどうもありがとうございました。

サイエンスキャンプで得られた体験

土佐女子中学高等学校　槌谷　大作

参加させていただいたキャンプでは、組み替えDNAの作成から、大腸菌への導入そして電気泳動によるDNA・タンパク質の分析など、生物Ⅱや生物基礎の学習内容と密接に関わる事項について、実体験を伴い、学ぶことができた。以前から、セントラルドグマを中心とした遺伝情報の翻訳やタンパク質の発現は、可視化が難しく授業がどうしても概念的になりがちな分野であると感じていた。今回のキャンプへの参加から、実験操作の手順、留意点などに加え、過去の研究方法における苦労話など、生徒の興味を引き出しながら学習を進めるために必要なトピックスを多く得ることができたことが大きな収穫であった。

無細胞タンパク質の合成は、生物分野だけでなく、化学分野とも大きく関わる分野である。電気泳動の原理や各色を呈する蛍光タンパク質の構造の差異など、化学の複数の単元の探求活動としても有用であるように感じた。時間をかけて、複数の分野で横断的に取り組みたい探求活動である。

また、愛媛大学医学部に設置されたプロテオ医学研究センターでは、無細胞生命科学工学研究センターの無細胞タンパク質合成技術を基礎として、がん細胞を手術中に発光させる手法や各種の難病発症の仕組み及び治療法の研究がなされていた。得られた研究の成果が、次の新しい探求テーマを生み出すという未知への探求の連鎖を垣間みることができ、このことは愛媛大学の研究活動の人材的な懐の深さと支援体制の充実を実感するに充分なものであった。

日程を通じて行われたポスターセッションでは、多くの個性的な実験や探求活動の紹介が行われた。普段、実験書・図表などを参考にしながら試行錯誤し、実験の準備を行うよう心掛けてはいるが、それでも実施の際には、生徒が疑問に思う部分が抜け落ちていることがある。参加された先生方のお話はどれも具体的で臨場感があり、手順だけでなく指導のコツにまで言及され、すぐにでも実践したいと思わせるものばかりであった。

新学習指導要領には、「探究活動においては・・・その特質に応じて，問題を見いだすための観察，仮説の設定，実験の計画，実験による検証，調査，実験データの分析・解釈などの探究の方法を習得させること。」とある。そのうち、「仮説の設定」が探求活動の必須条件であるかのような風潮があるが、「仮説の設定」は、科学的探求活動の一つの手段でしかない。自然科学には、植物相の調査や動物の分布・生態調査など、「仮説の設定」が大きな意味を持たない分野がある。大切なのは、「仮説の設定」ではなく、「仮説の設定に至る過程」なのではないだろうか。

観察や実体験を重視した探求活動が多く発表されていたことに、勇気づけられたポスターセッションであった。

ウ．アンケート

JST実施分

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」において述べる。
日程に関しては8月第1週、3泊4日のスケジュールは概ね受け入れられたと思われる。（問8、強い肯定と弱い肯定で100％）。開催時期として7月第5週、8月第2週などの希望もあげられているが（問9-1）、本学では前者は授業中（期末試験期間）、後者はオープンキャンパスなどの行事があり、担当者、教室などの確保が困難である。期間として2泊3日の希望も40％以上あるが（問9-2）、全実施機関では3泊4日の希望が多数を占めている。
会場、施設、機器等およびキャンプの運営面についてもほぼ問題なかったと考える（問8、強い肯定と弱い肯定で100％、問11、強い肯定と弱い肯定で94％）。キャンプの運営に関して「会時間不足、時程がタイトなどプログラムの時間設定に無理があった」という理由で「どちらかといえばそう思わない」と回答したのは一名だけであった。しかし自由記述の問18「改善を希望する点」などにおいては参加者の半数以上が時間の不足を指摘していた。

- ◆ 一つ一つの時間が足りない。
- ◆ 休み時間が少ない
- ◆ 実験の考察する時間が欲しかった。
- ◆ 毎日もう少し時間的な確保ができる（例えば、夜9：00まで）と良い。
- ◆ （毎日）終了時間が少し遅いように思う。
- ◆ もう少しお互いにコミュニケーションができる時間が活動の間にあるとよいのでは・・・
- ◆ 他県の先生方と交流する時間がもう少しほしいので、ポスターセッションを発表でなく、自由に聞きにいくスタイルに変えて欲しい。
- ◆ 参加者のレベル（技能）に対して、時間が常に不足していた
- ◆ 時間的なゆとりがもう少しあれば良いと思う（特に夜）。
- ◆ 時間の予定が多少遅れた時がありました。

終了時間が遅いとの指摘もあるが、自由時間に多くの先生方と話をしたかったという積極的な要望である。今回のポスターセッションでは全員が発表もする方式で行ったため、発表を聞く時間が多く、相互に話をする時間がとれなかったこともその一因かと思われる。一方、通常のポスタービューイングの方式だと、特定の教員間では詳細なディスカッションはできるものの、どうしても一部の発表しか見ることができず、参加者全員が内容を共有することが難しく、それぞれのメリットを両立させるのは、限られた時間の中では困難かと思われる。

JST実施分

	人数 17人	%	5機関全体 （参考）
問1　今回のキャンプの参加者募集を最初に知ったのは次のどれですか？			
1 JSTのホームページ	1	5.9%	2.7%
2 理科ねっとわーくメルマガ	2	11.8%	4.5%
3 教育委員会からの案内	13	76.5%	61.6%
4 学校内での案内	2	11.8%	30.4%
5 教育関連団体からの案内			4.5%
6 その他			2.7%

問2　今回のキャンプに申し込むきっかけは何でしたか？			
1　教育委員会から参加を勧められた	9	52.9%	47.3%
2 上司（校長、教頭など）に参加を勧められた	4	23.5%	39.3%
3 同僚に参加を勧められた			1.8%
4 学校外の教育関係者等に参加を勧められた			4.5%
5 自ら参加を希望した	5	29.4%	17.0%
6 その他			0.9%

問3　今回のキャンプには以下の4つの大きな目的があります。キャンプに参加するにあたり、あなたの期待が大きかった

1位…1点、2位…2点、3位…3点、4位…4点　空欄…0点	得点		
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	20	1位	1位
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	46	2位	2位
都道府県等の理数教育において中核的役割を担う教員となるための素養を身につける	54	4位	4位
他の教員等との交流・ネットワーク作り	50	3位	3位

問4　今回のキャンプの4つの目的を達成できたと思いますか？

（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

そう思う	13	76.5%	71.4%
どちらかといえばそう思う	4	23.5%	28.6%
どちらかといえばそう思わない			
そう思わない			

（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

そう思う	6	35.3%	31.3%
どちらかといえばそう思う	9	52.9%	53.6%
どちらかといえばそう思わない	1	5.9%	11.6%
そう思わない	1	5.9%	2.7%

（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

そう思う	3	17.6%	19.6%
どちらかといえばそう思う	12	70.6%	62.5%
どちらかといえばそう思わない	2	11.8%	17.0%
そう思わない			

（4）他の教員等との交流・ネットワーク作り

そう思う	9	52.9%	59.8%
どちらかといえばそう思う	8	47.1%	39.3%
どちらかといえばそう思わない			0.9%
そう思わない			

問5　問4を総合的に見た場合、キャンプの目的は達成されたと思いますか？

そう思う	12	70.6%	66.1%
どちらかといえばそう思う	4	23.5%	33.0%
どちらかといえばそう思わない	1	5.9%	0.9%
そう思わない			

問5　キャンプの目的が達成された理由・その他コメント

◆無細胞系でのタンパク質合成という世界最先端の研究に触れることができた。また、他県で活躍される先生方とのネットワークをつくることができたから。
◆学校内では経験できない実験を実際に行うことができた。
◆最先端の技術や他県の先生方との交流を深めることができた。
◆医学・生理学方面の応用をこれまで知る機会があまりなく、大変良い体験となった。
◆プログラムの内容の充実、キャンプ後のフォローアップ体制から。
◆これまで大学の二次試験の内容として取扱っていた実験を実際に行うことができ、その仕組みを体感できたので、生徒に還元していきたい。
◆各県の実践報告である「ポスターセッション」や体系的で準備計画のなされた「実習プログラム」など新学習指導要領に向けての実習教材、探究活動の開発について深める機会が多く設定されていたため。
◆勉強になった。生徒に還元します。
◆最先端の実験技術を学ぶことはできたが、教員対象であったので、操作は全て一から行いたかった。（時間の制限もあると思うが・・・）
◆他の先生方の交流の時間もとれていて、４日間に十分すぎるほどの研修が詰まっていたので。
◆難易度が高く、これから十分に内容を復習し、理解を深めたい。
◆コメントなし1名

【どちらかといえばそう思う】
◆生物工学の最先端に触れることができ、高校での生物の教科書の内容にも触れる実験ができたこと。
◆１つ1つの時間が足りなかった。
◆キャンプ中は、内容が非常に盛りだくさんで、これから授業を実施していく中で分かると思うが、手応えを感じた。
◆今まで知識としてしかもっていなかった実験内容が今回の研修で実際に体験することができ、素養が高まったと感じた。
◆コメントなし1名

【どちらかといえばそう思わない】
◆一つ一つの時間が足りない。

問6　今回のキャンプのプログラムの難易度は適切でしたか？

難しい	1	5.9%	5.4%
やや難しい	5	29.4%	38.4%
丁度良い	10	58.8%	53.6%
易しい	1	5.9%	1.8%

問7　問6で「難しい」「やや難しい」と回答した人にお聞きします、あなたが最も難しく感じたのはどのような点ですか？（一

1 最先端の科学技術に関する内容	3		29人
2 効果的な指導法に関する内容			5人
3 実験方法・実験技術・機器の使用法等	2		9人
4 ディスカッション・グループワーク・発表等	2		5人
5 その他			2人

問8　キャンプの開催時期・開催日程は適切だと思いますか？

そう思う	9	52.9%	47.3%
どちらかといえばそう思う	8	47.1%	43.8%
どちらかといえばそう思わない			6.3%
そう思わない			

問9　平成25年度に実施する場合のキャンプの開催時期・開催日程についてもっとも適切だと思うものはどれですか。

（1）開催時期について

夏季休業中の7月（第1週頃）			
夏季休業中の7月（第2週頃）			
夏季休業中の7月（第3週頃）			
夏季休業中の7月（第4週頃）	3	17.6%	15.2%
夏季休業中の7月（第5週頃）	6	35.3%	44.6%
夏季休業中の8月（第1週頃）	12	70.6%	42.9%
夏季休業中の8月（第2週頃）	14	82.4%	38.4%
夏季休業中の8月（第3週頃）	3	17.6%	11.6%
夏季休業中の8月（第4週頃）	2	11.8%	31.3%
夏季休業中の8月（第5週頃）	1	5.9%	4.5%

（2）開催日程について

1　1泊2日			0.9%
2　2泊3日	7	41.2%	22.3%
3　3泊4日	7	41.2%	63.4%
4　4泊5日	4	23.5%	16.1%
5　日帰り			
6　その他			1.8%

問10　キャンプで使用した会場・施設・設備・機器等は適切だったと思いますか？

そう思う	16	94.1%	77.7%
どちらかといえばそう思う	1	5.9%	22.3%
どちらかといえばそう思わない			
そう思わない			

問11　キャンプの運営面（連絡・指示・進行・宿泊・食事・その他サポート）は適切だったと思いますか？

そう思う	10	58.8%	62.5%
どちらかといえばそう思う	6	35.3%	29.5%
どちらかといえばそう思わない	1	5.9%	8.0%
そう思わない			

問12　問10、11で「どちらかといえばそう思わない」「そう思わない」と答えた人にお聞きします。その理由は何ですか？（複

1　会場への交通アクセスが不便			2人
2　会場が狭い			
3　会場が広すぎる			
4　他にも会場を使用する団体や個人があったので集中できなかった			1人
5　使用する施設・設備・機器等が不備・不調だった			
6 使用する施設・設備・機器等が不足だった			1人
7 実施機関からの事前の連絡・指示が十分ではなかった			
8 会期中のスタッフからの連絡・指示が十分ではなかった			2人
9 会期中のプログラム運営・進行が円滑ではなかった			
10 会時間不足、時程がタイトなどプログラムの時間設定に無理があった	1		7人
11 会期中のスタッフのサポート体制が十分ではなかった			
12 宿泊に関して十分ではなかった			6人
13 その他（　　）			2人

問13　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。(複数回答あり)

実習1組換えDNAの作製	2	11.8%
実習2組換えDNAの大腸菌への導入	3	17.6%
実習3セントラルドグマ転写編：mRNAの合成	8	47.1%
実習4PCRによるgfp遺伝子の増幅	2	11.8%
実習5電気泳動によるDNAの分析	2	11.8%
実習6セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成	8	47.1%
実習7DNAの塩基配列の解析−シーケンス反応溶液の調製	2	11.8%
実習8電気泳動による発現タンパク質の分析	2	11.8%
実習9質量分析によるタンパク質の分析	2	11.8%
実習10DNAの塩基配列の解析－シーケンスデータの解読	2	11.8%
講義1遺伝子とタンパク質−たんぱく質の多様性		
講義2遺伝子とタンパク質−遺伝情報の解読－		
講義3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	5.9%
講義4ヒトのタンパク質は何種類？		
講義5インターネット講義　遠藤弥重太栄誉教授	4	23.5%
ポスターセッション　新学習指導要領にむけての実習教材、探究活動の開発		
プロテオ医学研究センターなど見学	2	11.8%
無細胞生命科学工学研究センターの見学	2	11.8%

問13　最も良かったプログラムとその理由

◆【プログラム内容】遠藤先生講義【理由】今回のプログラムの集大成。４日間の体験したことがつながり、生命のたくましさを改めて感じとれた。
◆【プログラム内容】遠藤先生講義 【理由】無細胞生命科学の第一人者から直接講義をいただいたこと。
◆【プログラム内容】遠藤先生講義【理由】DNAからタンパク質合成の仕組み、教材化にとどまらず、生命の成り立ちを学び、論理的に他を理解することの大切さを考える内容で、これからの教科教育の根本を考えるきっかけになった。すばらしい講義でした。ありがとうございました。
◆【プログラム内容】①セントラルドグマ転写編：mRNAの合成②遠藤先生講義【理由】多くの生徒にとって、ブラックボックスであるセントラルドグマの流れを実証でき、理解を深められる可能性を感じたから。またその開発者の夢を聞くことができたから。
◆【プログラム内容】①セントラルドグマ転写編：mRNAの合成②セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成【理由】これからの理科（物理）教育で、簡単で分かりやすい実験であるから。
◆【プログラム内容】セントラルドグマ転写編：mRNAの合成【理由】試験管内でタンパク質を合成し、それを簡易キットで確認できる方法を学べたから。
◆【プログラム内容】①セントラルドグマ転写編：mRNAの合成②セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成【理由】実験の基本的なスキルを修得するにとどまらず、セントラルドグマを可視化できるという事実に感動したから。
◆【プログラム内容】①セントラルドグマ転写編：mRNAの合成②セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成【理由】授業に取り入れられそうだと思ったため。

◆【プログラム内容】セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成【理由】無細胞タンパク質合成を実際に行うことができた点と、手軽なキットでも実験可能ということが分かった点が良かった。
◆【プログラム内容】セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成【理由】大学が開発した教材を試すことができたから。
◆【プログラム内容】セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成【理由】セントラルドグマの本質を押さえた、最新技術を体験できたから。
◆【プログラム内容】実習【理由】セントラルドグマにそって、タンパク質を合成しそれを分析するという流れを経験できた。
◆【プログラム内容】遺伝子の分析【理由】PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）によってDNAを増幅し、組み換えDNAの分析をした。
◆【プログラム内容】組換えDNAの大腸菌への導入【理由】自ら操作し、実験を行ったことで、教科内容の指導への自信が得られた。
◆【プログラム内容】プロテオ医学研究センターなど見学【理由】マラリアに関する研究や、難治性疾患の治療に向けてのアプローチなど、大変興味深く、もっと時間をかけて見学したいと感じた。
◆【プログラム内容】①プロテオ医学研究センターなど見学②無細胞生命科学工学研究センターの見学【理由】研究スタッフの丁寧な説明や実際に用いる機器など、先端科学の様子に触れることができたから。
◆【プログラム内容】無細胞生命科学工学研究センターの見学【理由】最新機器が多くあり、世界レベルの研究室を見学できて感動した。

問14　今回のキャンプで、あなたにとって特に有意義だった点を挙げてください。（複数回答可）

1　最先端の科学技術を体感できたこと	14	82.4%	68.8%
2　高度な機器や設備を扱う体験ができたこと	9	52.9%	42.9%
3　研究者や研究現場の実際を知ることができたこと	12	70.6%	61.6%
4　科学に関する新しい知識を得たこと	13	76.5%	70.5%
5　効果的な指導法を学ぶことができたこと	5	29.4%	29.5%
6　理数教育への取り組み意欲が向上したこと	9	52.9%	56.3%
7　都道府県等における理数教育の中核を担う教員としての自覚が深まったこと	4	23.5%	21.4%
8　同じ志を持った他地域の仲間と交流できたこと	11	64.7%	75.9%
9 日頃接する機会の少ない研究者と交流できたこと	10	58.8%	50.9%
10 久しぶりに大学や研究施設の雰囲気を味わうことができたこと	10	58.8%	51.8%
11 科学技術と社会生活との係わりを知ることができたこと	4	23.5%	41.1%
12 中学や高校時代に育成すべき資質について学べたこと	4	23.5%	20.5%
13 次代の人材を育成することの大切さを理解できたこと	7	41.2%	35.7%
14 その他			6.3%

問15　今回のキャンプに参加して、日々の教育活動の中で活かすことができる成果を得たと思いますか？

そう思う	11	64.7%	54.5%
どちらかといえばそう思う	5	29.4%	41.1%
どちらかといえばそう思わない	1	5.9%	3.6%
そう思わない			

問16　問15で「どちらかといえばそう思わない」「そう思わない」と答えた人にお聞きします。その理由は何ですか？（最も当

1 授業で扱わない内容だから			1人
2 日々の教育活動の中で活かすための環境が整っていないから	1		1人
3 日々の教育活動の中で活かすための知識・経験が不足しているから			
4 日々の教育活動の中で活かすほどの内容ではないから			
5 その他			4人

問17　今回のキャンプでの成果を踏まえて、あなたが今後身につけたい、学びたいと思っていることはどんなことですか？

◆最先端の内容をいかに高校の教育の現場で伝えていくか。
◆常に新しい内容について、研究し、それをできるだけ、生徒に提供できるよう工夫していく方策。時間的な問題（準備、反応等に必要な時間等）の解消。
◆先端の科学技術についての知識をより深めたいと考えている。また、自分の専門分野に対する専門性をより高めなければならないと感じた。他県における実験の取組みを知る良い機会となった。本県においても実験を充実させる必要があると強く感じた。
◆転写、翻訳の過程における、分かりやすく、考えを深める教授法。分子生物学がどのように役に立っているかを知ること。
◆学習内容の教材化について。最先端技術・知識の人間生活への応用について。
◆専門が化学であり、今回のプログラムが生化学分野であったので、生物面の内容が多かった。生物分野について、さらに知識を深めていけるよう努力したい。
◆消化不良気味部分の復習
◆もっと聴きたくなるプレゼン、会話の方法。今回講義をいただいた会話の話にはグイグイとひきこまれるものを感じた。
◆受け持つ生徒に応じて、より効果的な指導法を取りつつ、全ての生徒に科学のおもしろさや大切さを伝える技術。
◆他者や社会および自然や環境と共生していくために、生命科学という学習の場を通して生徒の倫理観を醸成したい。そのためにも、自分自身が化学のみならず、生物や物理、地学や数学など自然科学全般に対する理解を深めていきたいと思う。
◆得意とする分野の研修にとどまらず、幅広い分野の研修に参加しようと強く思った。自ら実践したものをよりよい形で生徒に還元できるようにしたい。また、教材の研究についても、これまで未知の領域だったが、工夫して学んでいきたいと今回の実習で思った。
◆今回のキャンプで改めて、科学技術や先端研究の大切さを感じることができた。その研究者を育てるためにも、理科教育を充実させることが必要。長崎県の理科教育の発展に貢献していくためにも、もっと多くの最新の研究や情報を学び、生徒に指導できる技術を身につけていきたい。
◆本校は今年度SSH指定に向けて申請準備をしている。生徒の課題研究、探究活動の在り方について、様々な題材や展開方法を提示する力を身につけ、SSH指定校ならではの特色ある実践をしたい。私自身大学院国内留学をしたい気持ちが強く芽生えたキャンプだった。
◆最先端研究から見出した知見を学ぶこと。また、その実験方法、技術を身につけること。教師間ネットワークの拡大していくことを実施したい。
◆先端技術を授業にどう取り入れればよいか、などの実習と指導案作りの手法。
◆実験材料や機器の手入れ方。最新の科学知識。様々な科学に対する補助金の申請書の書き方。
◆実験で自ら行える研究テーマを持ちたいと思うようになった。

問18　今回のキャンプについて、改善を希望する点を挙げてください。

◆休み時間が少ないかも。
◆実験の考察する時間が欲しかった。１人１人が発言する（意見）時間があってもよかった。
◆もう少しお互いにコミュニケーションができる時間が活動の間にあるとよいのでは・・・。
◆キャンプという内容だけあって、朝９：００から毎日夜１０：３０くらいまでの日程でかなり大変であったが、充実していたと感じる。できれば、毎日もう少し時間的な確保ができる（例えば、夜９：００まで）と良い。関係していただいた先生に大変お世話になりました。ありがとうございます。
◆内容については良かったが、参加者のレベル（技能）に対して、時間が常に不足していた。また交流会を1つの目的とするならもう少し時間的な余裕が欲しい。
◆宿泊先のホテルは会場に近いほうが良いのでは。
◆（毎日）終了時間が少し遅いように思う。
◆全体的として、時程がタイトであり、全ての先生方とゆっくりとお話する時間がとれなかったことが唯一残念に思った点。少し改善していただければと思う。
◆他県の先生方と交流する時間がもう少しほしいので、ポスターセッションを発表でなく、自由に聞きにいくスタイルに変えて欲しい。実習は林先生の話の理解に努力し、一日中実習して、夜ホテルでは復習と次の日の予習と、大変充実していた。よく工夫してもらった実習で、改善点はなし・最初の実験（１－１）でgfpとrfp2種類使うと、私のような初心者は混乱するので、シンプルにgfpだけでもよいかもしれない。
◆時間的なゆとりがもう少しあれば良いと思う（特に夜）。他は特になし。ありがとうございました。
◆大変充実したキャンプであったので4泊5日と長く時間を設定し参加者間のディスカッションの場の設定があっても良いかと思う。
◆先端技術の紹介や実習はできたが、それを授業にどう取り入れるかなどの検討会や勉強会。
◆最終日は交通機関の時間もあるので時間内に終了してもらいたい。1本後になりましたので。
◆日程が少し長く、参加しずらい面があるかもしれない。人員を変えて、2回行うなどするとよいと思う。
◆特にありません。時間の予定が多少遅れた時がありました。
◆特にありません。企画・準備・運営ありがとうございました。
◆未記入１名

問19　今後、より良いキャンプにするために、新しい企画内容など、ご提案があればお願いいたします。

◆物理系のプログラム(素粒子、高エネルギー等）あるいは、次世代エネルギーの研究などがあってもいい。
◆もう少し時間に余裕があれば、内容が深められたと思われる部分があった。
◆宿泊はホテルではなく、大学の施設でもよかったと思う。
◆参加者へは教員免許更新講習の一部免除を認める。
◆教員免許更新制度に利用できるようにぜひお願いしたい。内容は同じかそれ以上の良いキャンプだった。
◆生態系の分野でも、このようなキャンプがあればいいと思う。
◆本年度の甲南大学のプログラムのような課題研究や探究活動において、テーマを設定能力の向上のためのプログラム。・小中高の連携の実践発表を中心としたプログラム（高大連携については多くの情報がある。）。
◆最先端の研究や施設を実際に見学し、研究者に質問することができたことは、とても良い刺激となった。これからも、様々な分野における研究内容を紹介してほしい。
◆諸国の高等学校理科教育の実際を見学するキャンプ。生物の国際化・標準化の流れを受け、どのようにして他国では生物学を扱い、授業しているのか大変興味がある。
◆地域連携や地域への広め方などの企画があるとよい。
◆海外の研究室や企業・国の研究室でやる。
◆今後は、教育委員会からの推薦だけでの参加者募集でなく、自己推薦でも参加できるようにして欲しい。自己負担が必要であっても参加し、学びたいスキルを身につけられる内容であったと思う。愛媛大学の林先生をはじめTAの先生方、お世話くださった方々に本当に感謝しています。
◆毎日夜深くまで、ご指導いただいた先生方に大変感謝しています。内容がかなり濃く、勉強になりました。一つでも自分自身に身を付け、今後の理科教育の中で実践していけるよう努力したいと思います。ありがとうございました。
◆興味深い研修をありがとうございました。
◆未記入３人

愛媛大学実施分

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」において述べる。アンケートの質問事項は以下の通り。

サイエンスリーダーズキャンプ 2012 年 8 月 2～5 日

今後の改善の参考にします。今回の講義と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. 講義について

講義全体の内容に興味がありますか？
□とてもある　□少しある　□あまりない　□全くない
コメント（特に興味を持った内容など）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

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
コメント（特に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　□全くわからなかった
コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

講義：遺伝暗号を見てみよう（高井）の内容は理解できましたか？
□よくわかった　□少しわかった　□あまりわからなかった　□全くわからなかった
コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

講義：人のタンパク質は（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　□全くわからなかった
コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

講義：生命って（遠藤）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
コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

2. 実験について

実験 1-1（大腸菌の形質転換）の実験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
コメント（よかった、あるいはわかりにくかった操作など）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

実験 1-1（大腸菌の形質転換）の実験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）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

実験 1-2（無細胞タンパク質合成）の実験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
コメント（よかった、あるいはわかりにくかった操作など）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

実験 1-2（無細胞タンパク質合成）の実験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）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

実験 2（DNAの分析）の実験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
コメント（よかった、あるいはわかりにくかった操作など）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

実験 2（DNAの分析）の実験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）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

実験 3（タンパク質の分析）の実験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
コメント（よかった、あるいはわかりにくかった操作など）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

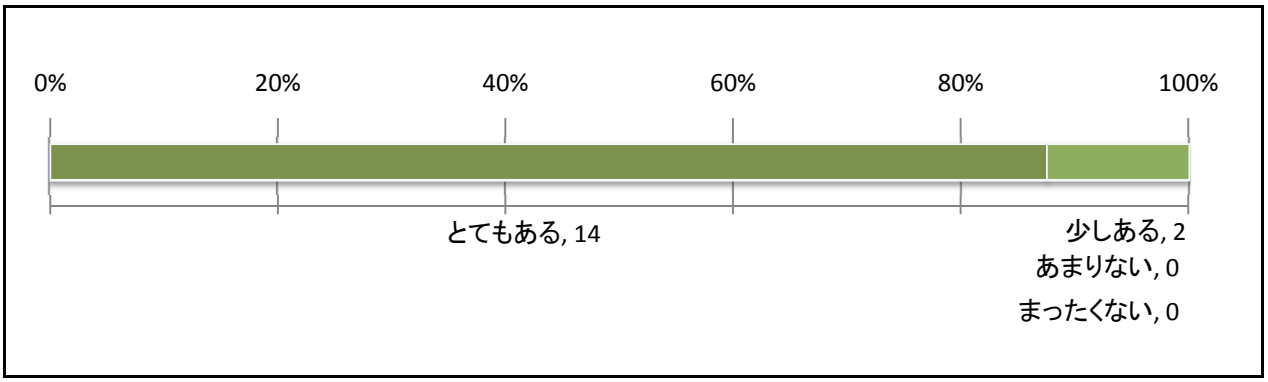
実験 3（タンパク質の分析）の実験はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？
□とても役に立つ　□少し役に立つ　□あまり役に立たない　□全く役に立たない
コメント（特に役に立ちそうな内容など）：

医学部研究施設の見学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）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

無細胞研究センターの研究施室見学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）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

3. その他、全体的な感想、意見、提案など

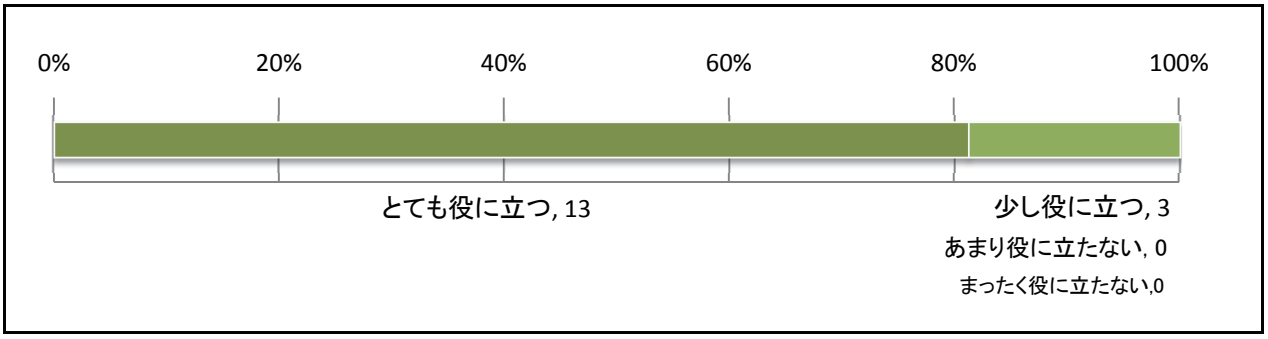
講義全体の内容に興味がありますか？



コメント（特に興味を持った内容など）：

1. 最新技術や先進的な内容は常に興味を持っている分野ですが、その原理についてはなんとなく知っているという程度であやふやになっていました。今回は講義だけでなく実験を通して学べたことが何よりもよかったと思っています。実際に実験を行う中で講義では考えつかなかった疑問が生じることもあり、またその際に先生方やTAさんがすぐに対応してもらえる点は大変よかったです。
2. 遠藤先生の講話。最終日だったので流れがよく分かった。無細胞でタンパク質を合成する利点がよく分かりました。
3.今まで考えなかった視点がたくさんあり、新たに考えるきっかけを得ることができた。
4.セントラルドグマの教材化およびメカニズム。
5.PCR法について。無細胞を用いた最先端の研究に触れることができ、大変勉強になった。
6.無細胞タンパク質合成技術がどんな分野で応用されようとしているか。
7.無細胞タンパク質合成系の応用について。
8.生命科学教育の実験的指導法について。
9. 授業改善と新課程に対応した新たな教材開発の参考にできればと思い参加させていただきました。
10.愛媛大の先生の特徴的な活動の話を聞いて参考になった。遠藤先生の話は授業に取り入れていきたい。
11.分かりやすく詳しい説明をいただき、ありがとうございました。
12.どの講義も実習も大変有意義で、自身のスキルアップにつながったと思います。

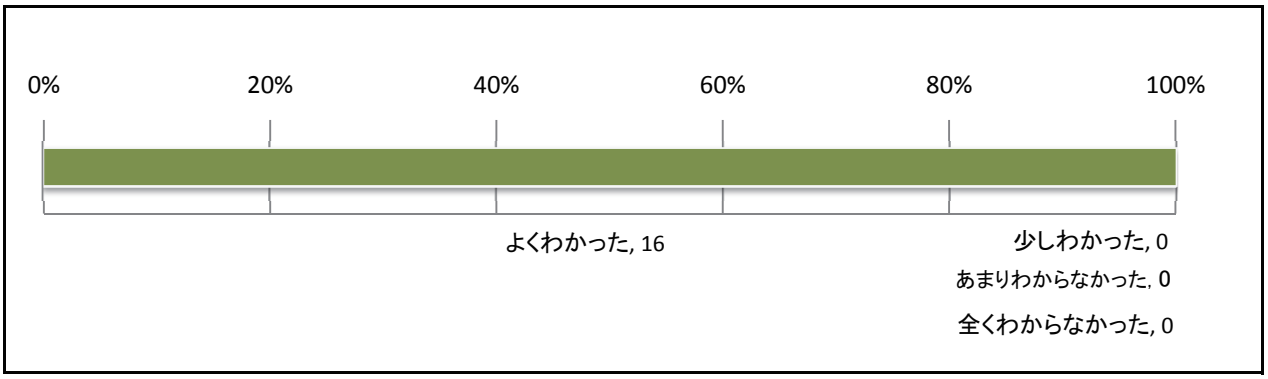
講義全体の内容はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？



コメント(特に役に立ちそうな内容など):

1. 研究者の先生方の話を高校に還元していきたい。
2.10月から本当のメディカルサイエンス（生物+保健）の授業や探究活動基礎の授業にも、すぐに活用できる実験内容が多く、とても参考になりました。
3.今まで具体的に分からなかった遺伝子組み換えや、PCR、無細胞タンパク質合成のことがとてもよく分かった。
4.無細胞タンパク質合成技術の仕組みを実感。
5.タンパク質合成の簡易キットで容易にメカニズムを理解できることに大変興味を持った。
6.この技術がどのような意味を持つかとか、詳しい知識。
7.自分で操作したことのないことを経験できたこと。授業内での課題源としてヒントを得たこと。
8.今回学んだ内容によって今回ほど深い内容について授業で触れることはないかも知れませんが、教師が深い知識を持つことによって教科書の内容の教え方が変わると思います。今後も自分自身の専門性をより高めることが重要だと考えています。
9. 生物現象、生物の体内で起こっていることは、セントラルドグマに基づく化学反応であるということはきちっと頭の中に入れておきたい。

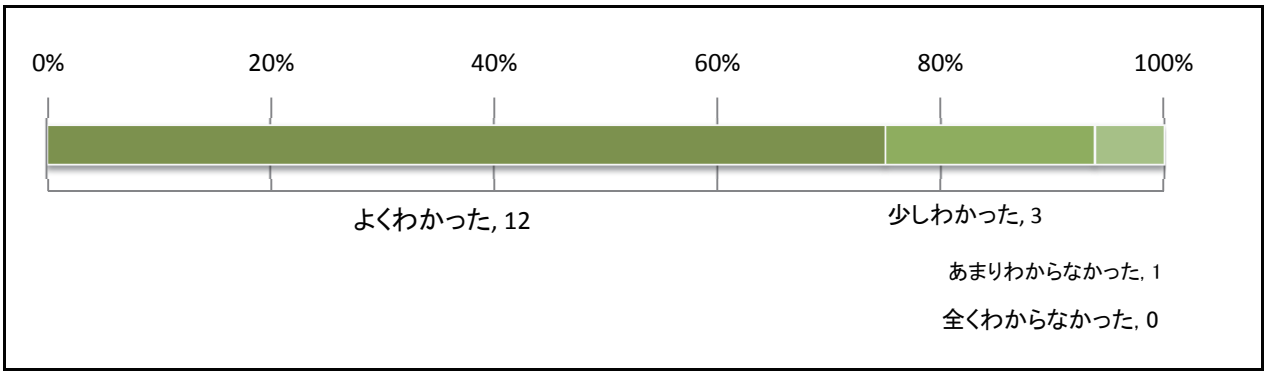
講義：タンパク質と遺伝子（林）の内容は理解できましたか？



コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：

1.高度な内容であったが、各先生の考え方、夢を伺うことができ、今後の参考になりました。
2.4日間分かりやすい手順、説明で教えてもらえました。
3.まず、林先生の熱心さ、また研究を本当に楽しんでいらっしゃる姿が本当にすばらしいと思いました。また、セントラルドグマについてあやふやだったところがすっきりと理解できました。
4.知っている内容もあったが、今回のｷｬﾝﾌﾟの全体像がよく分かった。
5.高校レベルの内容と大学レベルの内容の接続を意識された説明でよかった。
6.タンパク質と遺伝子についてしっかりと理解できた。タンパク質合成が試験管内でできるのが大変興味を持った。
7.このｷｬﾝﾌﾟの全体像が分かってよかった。
8.とても分かりやすく、情熱をとても感じた。

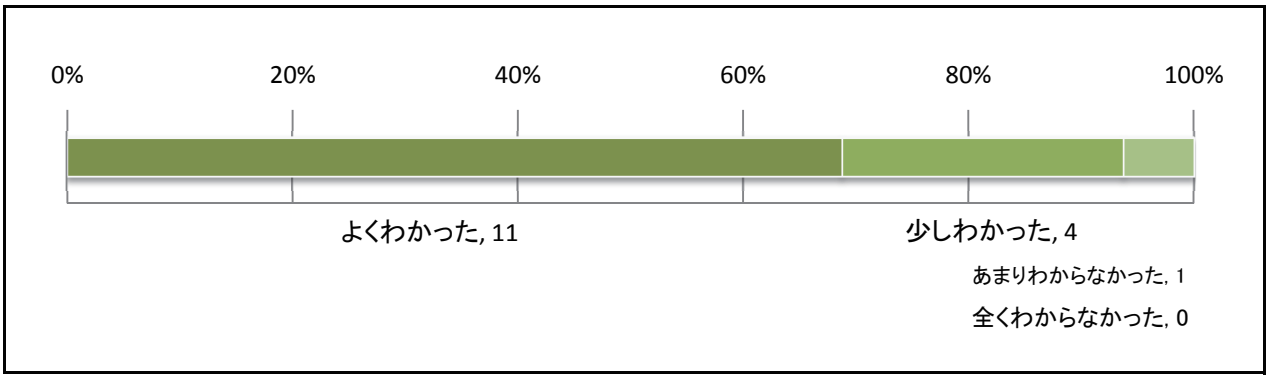
講義：遺伝暗号を見てみよう（高井）の内容は理解できましたか？



コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：

1.ATCGのうちGは何色の蛍光なのか。Q：黒というのは紫外光or赤外光の蛍光ですか？　DNAの塩基配列の読み方、今回でよく分かった。
2.コドン表の規則性（対称性）についてのお話は、自分では考えたことないもので斬新でした。
3.コドンが違う生物がいることが分かった。
4.遺伝子暗号の対称性、偶然凍結説がとても興味深かった。
5.遺伝情報を理解することができた。遺伝暗号を単なる表として見るのではなく、分析しながら見ることでより具体的に分かりやすくなることが理解できた。
6.授業でやっている内容+難しい内容だった。
7.高度な内容であったが、各先生の考え方、夢を伺うことができ、今後の参考になりました。
8.林先生と話の内容が重なっていたように感じた。
9.勉強になりました。

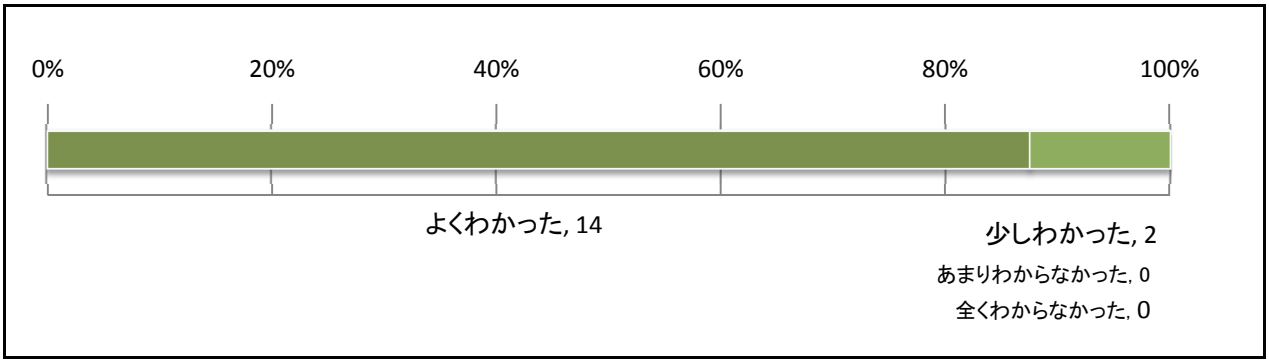
講義：人のタンパク質は（真鍋）の内容は理解できましたか？



コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：

1.電気泳動とMSの違いやMALDI-TOFとESIの違いなど、明確に違いが分かり生徒からの質問にも正しく答えられると思います。
2.物理・化学的理解を求める内容で原理がよく分かりました。代謝マップがよかった。
3.分析の話は理論が大切なので、高校生にどう伝えればよいか勉強になった。
4.ノーベル賞の田中さんの技術を用いて測定している原理がなんとなく分かりました。
5.MALDI-TOF MSの仕組みがよかった。
6.高度な内容であったが、各先生の考え方、夢を伺うことができ、今後の参考になりました。
7.勉強になりました。

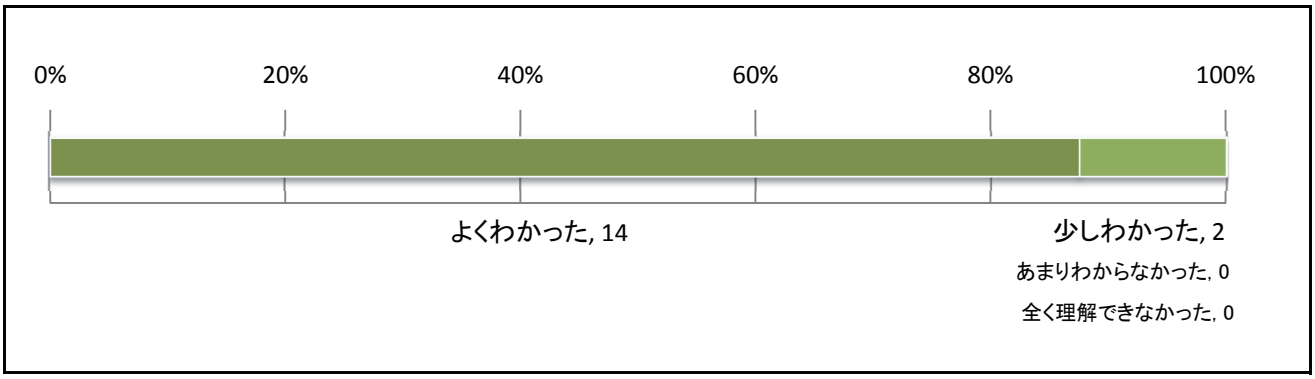
講義：生命って（遠藤）の内容は理解できましたか？



コメント（よかった、あるいはわかりにくかった内容など）：

1.アメリカからわざわざやって下さって、感謝したいです。
2.先生の思いがよく伝わった。
3.感動しました！！
4.先生の人柄、生命の根源を探る姿勢に感銘した。
5.無細胞タンパク質合成技術の経緯や方向性についての展開。
6とても面白かった。生命科学の本質が少しわかった気がした。
7.生物の解明にはまだまだ先があるということ。
8.命の尊さの指導にあたり、生物学的な見地から明快な答えが得られて非常によかった。
9.高度な内容であったが、各先生の考え方、夢を伺うことができ、今後の参考になりました。
10..一つ一つの現象や仕組みを教え点数を取らせることを重要視しがちですが、教える理念を持って教育すべきなのだと強いメッセージを感じることができました。
11.リボソームを働かなくさせる仕組みの説明をもう少し・・・。

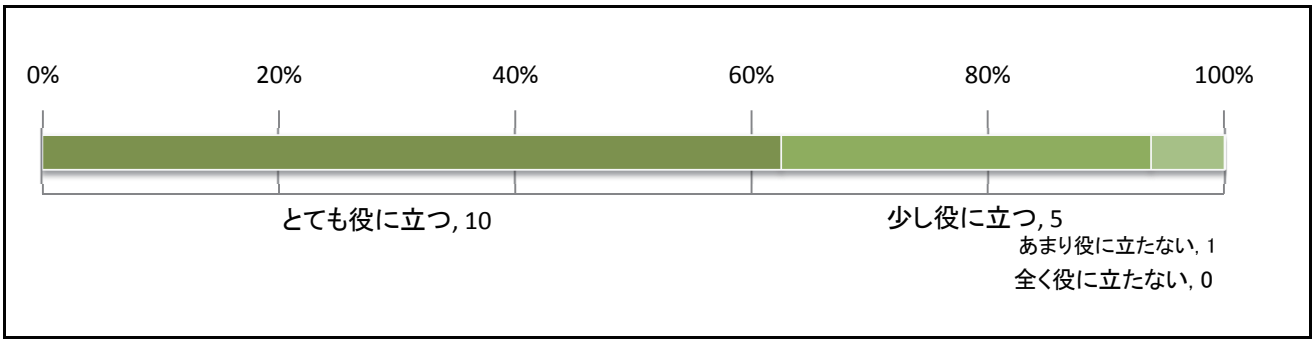
実験1-1（大腸菌の形質転換）の実験は理解できましたか？



コメント（よかった、あるいはわかりにくかった操作など）：

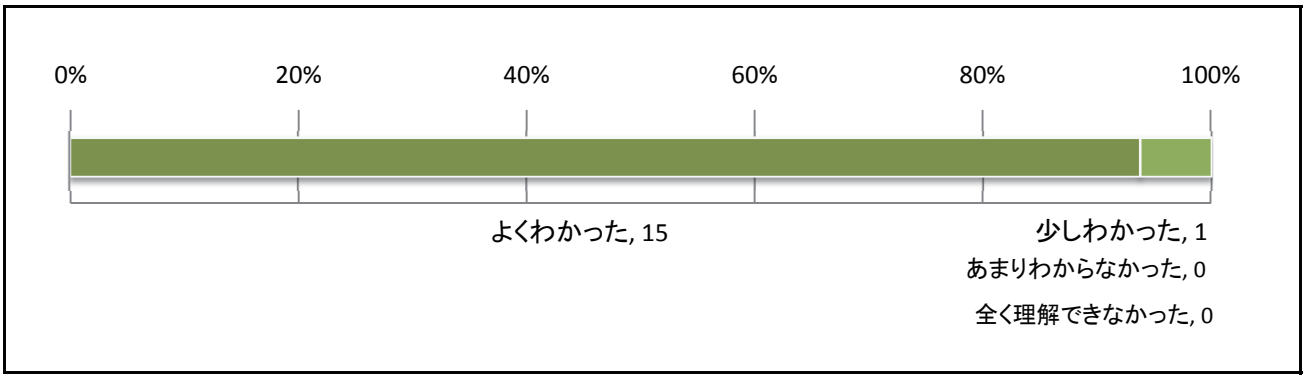
1.インサート、ベクターなど専門用語に慣れないうちに終わってしまいました。理屈は分かったが、きちんと説明できないです。
2.大腸菌に蛍光タンパク質を作らせる実験を実際にやって見ることで、実感がわいたことが非常によかった。
3.最初の実験でわかりにくかったが、TAの人がよく教えてくれた。
4.rfp遺伝子の蛍光発色確認(どの操作でつまずいたのか)。
5.マイクロピペットやマイクロチューブを初めて使った。こんなごく少量で分析、形質転換ができることに驚いた。
6.まずこの実験にチャレンジしてみたいと思います。
7.操作に不慣れであったため大腸菌が増殖できなかったので、形質転換したか確認できなかった。

実験1-1（大腸菌の形質転換）の実験はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？



1.42℃で45秒間加熱する必要性など、授業で話すことのできる内容を知ることができた。
2.果たして高校で取り扱えるものかどうか（設備的に）。
3.授業では全員に（クラス一斉授業での）この操作は難しいと思う。
4.コロニーが形成され、蛍光がある場合とない場合の考察。
5.授業で導入できるよう考えていきたい。
6.実際のインサートDNA、ベクターなど試料を使うことができたこと。
7.大腸菌の培養ということが少し学校では実施しにくいが、教科書にも載っている実験なので説明にも利用できると思った。
8.このような実験操作を初めておこなったので、一つ一つの手順の意味について理解を深めることができた。
9.大腸菌を用いるときの管理体制がよく分からない。どう処分しているのか？

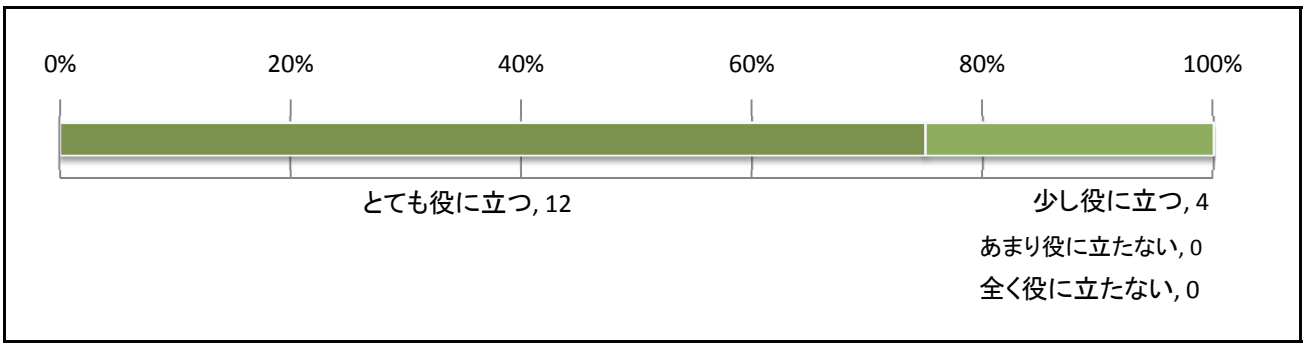
実験1-2（無細胞タンパク質合成）の実験は理解できましたか？



コメント（よかった、あるいはわかりにくかった操作など）：

1.今までの私には全く無かった概念で、とにかく驚いたの一言です。インパクトがすごすぎます。
2.簡単な操作。
3.アミノ酸とmRNA＋小麦胚芽を合わせることが分かりやすかった。
4.無細胞によるタンパク質合成が比較的に簡単に実験でき、理解することができた。
5.動画もありとても分かりやすかった。
6.「なぜ翻訳装置が安定して保存されているか」を理解してからの実験の方が感動もひとしおです。
7.無機反応と違って時間がかかって反応するという部分が面白いと思う。ただし、生徒受けはどうか？

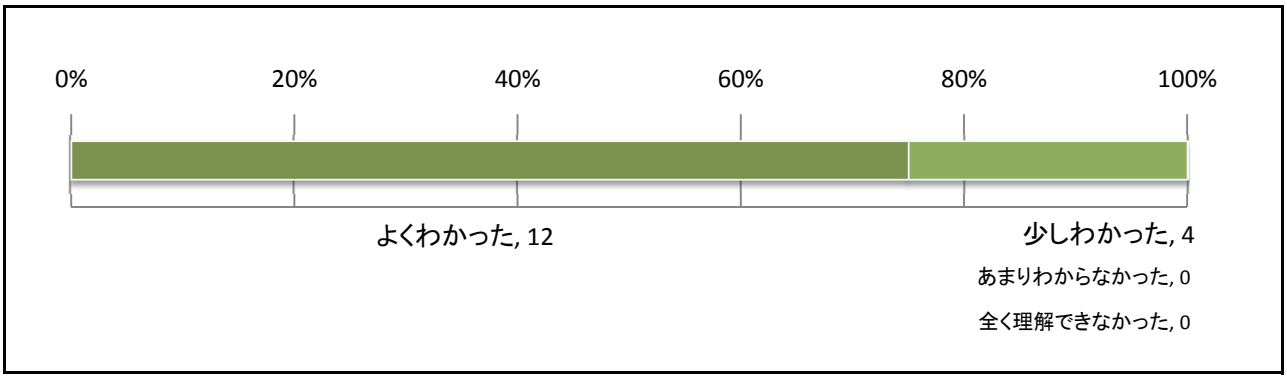
実験1-2（無細胞タンパク質合成）の実験はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？



コメント（特に役に立ちそうな内容など）：

1.これがまさに高校の授業で実施できる内容だと思った。
2.キットを購入して授業をおこなってみたいと思います。
3.簡易版は授業でできると思う。
4.理解が難しいセントラルドグマを実体験をもとに理解できること。
5.セントラルドグマを可視化させることができる点。
6.大腸菌では作れないタンパク質も、多量に無細胞では合成できる点に強く感銘した。
7.キットが発売されましたら早速使わせていただきたいと思います。それまでは私自身が受けた衝撃をまずは座学で生徒に伝えていきたい。
8.無細胞と翻訳とタンパク質合成。
9.生徒達におこなわせるとき、蛍光だけに驚いてしまい試験管内で何が起こったか分からない人も多いのでは。
10.果たして高校で取り扱えるものかどうか（設備的に）。

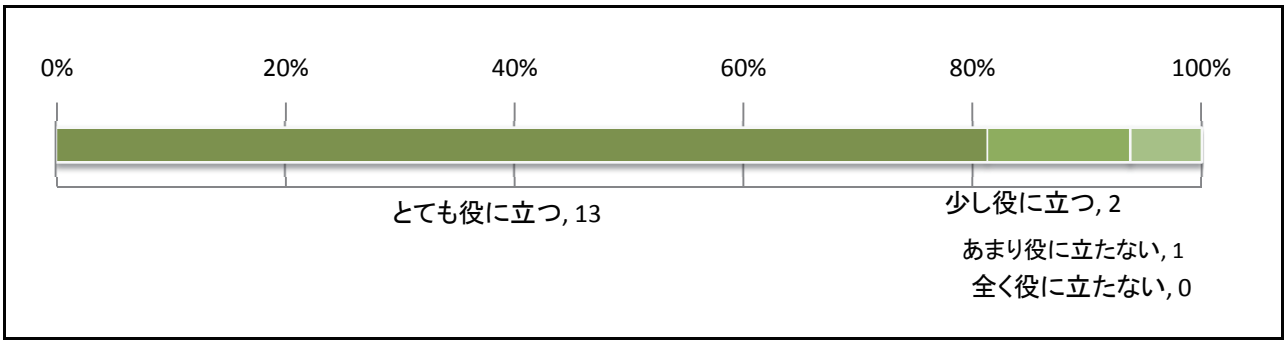
実験2（DNAの分析）の実験は理解できましたか？



コメント（よかった、あるいはわかりにくかった操作など）：

1.先生方の発表を聞いて理解が深まり確認できました。
2.DNAの分析によって塩基配列を確認できることがよかった。
3.ジテオキジ法の説明も丁寧で分かりやすかったです。
4.プライマーの意味がよく分かった。PCRの利用法についてもよく理解できた。
5.大学生のころに生化学実験でおこなった実験もあり、改めて操作の意味を理解できた。
6.なんとなく理屈は分かるが・・・もっと背景にある（例えばプライマーの合成とか）部分が分かってくるともっと面白いと思う。
7.ゲル作製もやってみたかった。

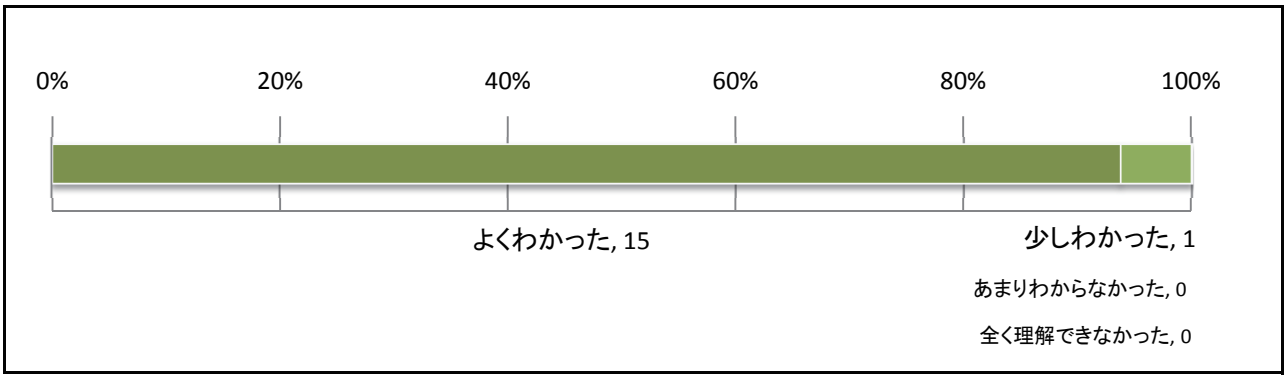
実験2（DNAの分析）の実験はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？



コメント（特に役に立ちそうな内容など）：

1.教科書に載っている内容なので、説明するのにとてもよかった。
2.精製方法や溶液の扱い方など勉強になりました。
3.生徒にもやらせてみたい。
4.PCRの実験を10月に実施予定でしたので、非常に操作のポイントが理解できた。
5.先生方の発表を聞いて理解が深まり確認できました。
6.電気泳動を用いた分析を現場の高校で活用できるよう機器が充実できる環境を目指したい。
7.実験キットの問題。協力体制がないと難しいのではないか。

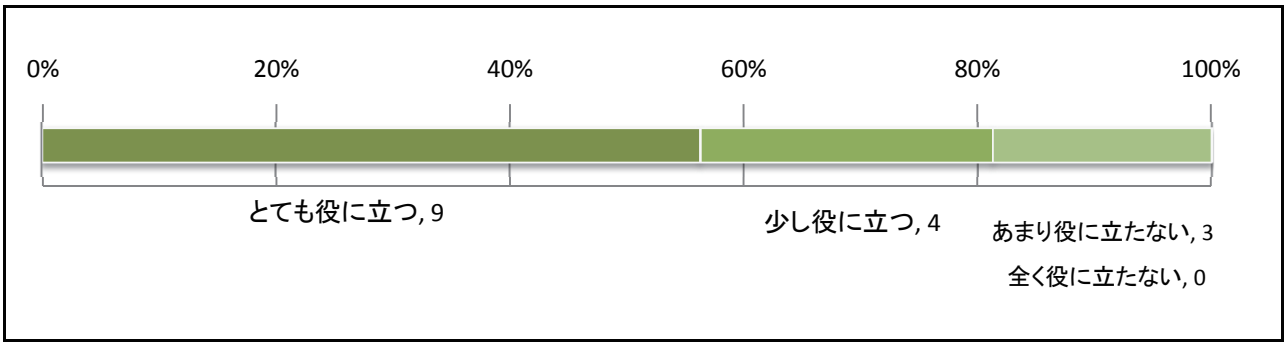
実験3（タンパク質の分析）の実験は理解できましたか？



コメント（よかった、あるいはわかりにくかった操作など）：

1.事後の発表会のためにまとめたことでよく理解できました。
2.MALDI-TOFMSによる質量分析の原理がよく分かった。
3.MALDI-TOFMSの原理がわかりにくかったが、TAの人によく教えてもらい分かった。
4.SDS-DAGEが分かりやすかったです。MALSI-TOFMSはやや難しい印象を受けました。
5.マスを初めて見た。すごい。もう研究室に一つの時代だと、我々の時との時代の違いを感じた。
6.先生方の発表を聞いて理解が深まり、確認できました。
7.この辺りになってくると先の実験と混同してしまっている。整理して覚えたい。

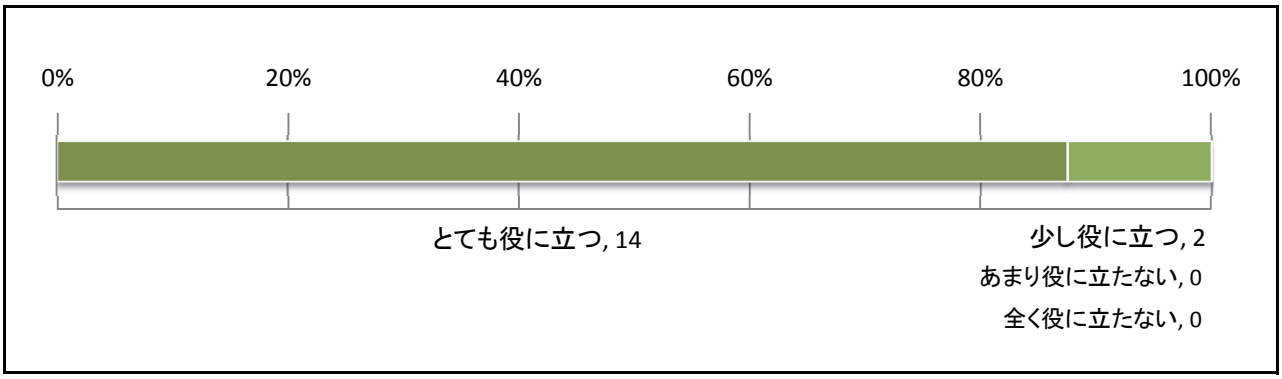
実験3（タンパク質の分析）の実験はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？



コメント（特に役に立ちそうな内容など）：

1.MALDI-TOFMSを用いて実験をすることはないと思いますが、実物を見られたことや原理の説明は部活動を中心に活用していきたい。
2.生徒実験ではなかなか難しいと思うが、探究活動で生徒とともに取り組める環境を作れるよう努力したい。
3.蛍光など視覚にうったえる結果となる教材があればと思います。
4.少し内容が難しく、授業で教えるのは難しいと思った。
5.これは生徒実験で授業をするのは難しい。
6.装置の問題。

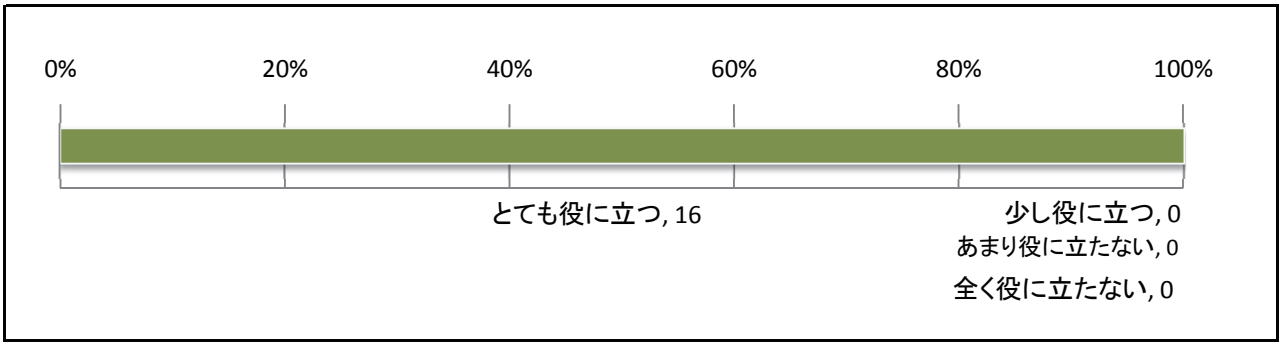
医学部研究施設の見学はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？



コメント（特に役に立ちそうな内容など）：

1.進路指導について役立つ。
2.説明も丁寧で刺激を受けました。
3.先端研究に携わる研究者の重要性がよく理解できた。臨床以外の医学の姿を見ることができてよかった。
4.同じ分野でも、医学部、工学部で考え方が違うこと。
5.東山先生の話にとても興味を持った。
6.かなり最先端の研究を見ることができてよかった。予算のかけ方に驚きました。
7.無細胞生物から作ったタンパク質を応用したマラリアの研究が興味深かったです。
8.無細胞でタンパク質を作ることが、どのようなことに利用されるのかということを具体的に知ることができました。生徒に教える際に具体例を話せることは大変ありがたいと思いました。
9.マラリアの研究や、遺伝子組み換え動物飼育研究が見学できて非常によかった。
10.先端を行く研究である。

無細胞研究センターの研究室見学はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？



コメント（特に役に立ちそうな内容など）：

1.進路指導について役立つ。
2.実際の機器を見てとても参考になりました。
3.遺伝子分析やタンパク質合成の高い研究レベルを見学することができ、大変よかった。
4.同じ分野でも、医学部、工学部で考え方が違うこと。
5.大学の研究室の雰囲気を感じ取れた。
6.特に坪井センター長のマラリアの研究はとても興味深く、無細胞によるタンパク質合成の可能性と応用性が本当によく分かりました。
7.世界をリードする研究を行っているのがよく分かった。最新の機器がたくさんあり感動した。
8.最先端の設備や興味深い研究内容を見ることができた。

エ. 業務の目的及びプログラムの目標の達成状況

キャンプの目標と実施内容

サイエンス・リーダーズ・キャンプの目的は①最先端科学技術の体感と理数系教員の素養向上、②才能ある生徒を伸ばす指導法の修得、③地域の理数教育において中核的な役割を担う教員としての素養育成、④地域の枠を越えたネットワーク形成である。この目的の達成のため、本学のキャンプでは主に生命科学を取り上げ、化学及び生物の教員を対象として講義、実習を設定した。その理由は以下のとおりである。

20 世紀になって物理や化学の法則に基づいた生命現象の解明が試みられ、1960 年代のワトソン、クリックによる DNA 二重らせん構造の提案に始まり、ついにはヒトゲノムの解読や iPS 細胞の作製と、生命科学の研究と応用は急速に展開している。このような状況を考えると、今後の社会人には文系理系を問わず、生命を分子レベルで理解できる素養が必須となり、それ実現するための高等教育も必要になる。事実、高校の新しい学習指導要領には DNA やタンパク質の働きおよび遺伝情報の発現などの分子生物学に関連する内容が多く盛り込まれるようになった。したがって次世代の生命科学教育には化学的観点で生命を説明できる、あるいは化学の延長として生命現象を説明できる能力が教員に求められる。また分子生物学や生化学には抽象的、概念的な内容も多いため、適切な教材による実習を伴った体験学習によって微視的な生命現象を理解させることも重要となる。一方、愛媛大学の無細胞生命科学工学研究センターは独自に開発した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を活用して「新しい生命科学教育法」を開発、実施してきた。その教育法には比較的簡単な実習、特に、転写と翻訳を試験管の中で再現する実験などが含まれ、分子生物学や生化学の内容を実感させるのに適切な手段と考えている。そこで、今回のサイエンス・リーダーズ・キャンプでは生命科学における基本技術となる遺伝子やタンパク質の取り扱いを中心に、特に無細胞タンパク質合成技術の意義及びこれらの実験の先にある先端研究などを体得できるようなプログラムを設定し、これによって次世代の生命科学教育を担う教員の素質向上を図ることを試みた。

キャンプの目標の達成状況

生命科学における基本技術の体得

上記観点から本キャンプのプログラムの目標の一つである「コムギ胚芽の抽出液を用いた無細胞タンパク質合成実験とRNA合成実験を組み合わせた高校生向けの実習およびDNAの複製およびRNAへの転写、組換えDNAの作製と遺伝子導入など生命科学の先端的研究における基本技術を体験する。」はサイエンス・リーダーズ・キャンプの目的の主に①最先端科学技術の体感と理数系教員の素養向上、③地域の理数教育において中核的な役割を担う教員としての素養育成、に関わる実施内容である。

この目標の達成状況として、まず参加者が実習内容を正しく理解できたかどうかを、最終日に各グループによる実験のとりまとめの発表から判断した（本報告書23-36ページ）。その結果、本キャンプで取り扱った内容に関して最高レベルの理解と考察をしたと判断できる。その理由は各グループともまず実験の目的（どのようなことを教えるか）をしっかり理解していたこと（例えば、チーム 1（G）はキャンプの全体の流れについても説明した）、そして実験結果を正しく解釈し（例え

ば、チーム 2(B)は予測と結果を対比させて説明した)、結果が意味すること正しく説明できた点である。これから判断して、次世代の生命科学教育に求められる素養が体得できたと判断する。

次に達成状況をアンケート結果から判断した。本学実施分の「講義全体に対する興味」、「これからの授業の参考になるか」、「それぞれの講義(4 件)の理解」に関しては、いずれも強い肯定と弱い肯定の合計がほぼ 100%、弱い否定はあったとしても一人だけであった。また「実験 1.大腸菌の形質転換」、「実験 2.無細胞タンパク質合成実験」についても強い肯定と弱い肯定の合計はほぼ 100%であった。また自由記述の中には以下のようにこれら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も多かった。

したがって①最先端科学技術の体感と理数系教員の素養向上、③地域の理数教育において中核的な役割を担う教員としての素養育成は充分達成されたと判断する。

◆ 今回は講義だけでなく実験を通して学べたことが何よりもよかったと思っています。実際に実験を行う中で講義では考えつかなかった疑問が生じることもあり・・・・
◆ 今まで考えなかった視点がたくさんあり、新たに考えるきっかけを得ることができた。
◆ どの講義も実習も大変有意義で、自身のスキルアップにつながったと思います。
◆ 今まで具体的に分からなかった遺伝子組換えや、PCR、無細胞タンパク質合成のことがとてもよく分かった。
◆ 42℃で 45 秒間加熱する必要性など、授業で話すことのできる内容を知ることができた。
◆ 今までの私には全く無かった概念で、とにかく「驚いた」の一言です。インパクトがすごすぎます。
◆ タンパク質合成の簡易キットで容易にメカニズムを理解できることに大変興味を持った。
◆ タンパク質と遺伝子についてしっかりと理解できた。タンパク質合成が試験管内でできるのが大変興味を持った。
◆ これがまさに高校の授業で実施できる内容だと思った。
◆ 生徒にもやらせてみたい。
◆ すぐに活用できる実験内容が多く、とても参考になりました。
◆ キットが発売されましたら早速使わせていただきたいと思います。それまでは私自身が受けた衝撃をまずは座学で生徒に伝えていきたい。
◆ 授業内での課題源としてヒントを得たこと。
◆ 遠藤先生の話は授業に取り入れていきたい。
◆ 命の尊さの指導にあたり、生物学的な見地から明快な答えが得られて非常によかった。
◆ 教える理念を持って教育すべきなのだと強いメッセージを感じることができました。

生命科学における先端研究の体感

キャンプ前半の実習内容は高校などでも実施可能な基本技術が中心であったのに対し、後半の実習の目標である「DNA の塩基配列決定やゲノムデーターベースへの利用など高校教科書で紹介されている先端技術を実際に体験する。また研究センターの見学では生命科学の最先端の研究内容や実験操作を学ぶ。これらの学習内容をもとに、高校においてよりハイレベルな探究活動へと発展させる研究テーマなどの具体的案を検討する。」は、サイエンス・リーダーズ・キャンプの目的の特に②才能ある生徒を伸ばす指導法の修得、③地域の理数教育において中核的な役割を担う教員としての素養育成、に必要となるやや高度な内容を設定した。

学習到達度として、例えば最終日の結果のとりまとめの発表において、チーム 4（O）はタンパク質の分子量を MALDI-TOFMAS によって 5 桁の精度で測定した結果、緑色ケイ光タンパク質と青色ケイ光タンパク質では分子量の差が「39」あると結論し、チーム 5（W）は塩基配列の解析から両者において 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「39」であることを示し、先端分析化学の実験と分子遺伝学の両者を考察したことになる。また 5 班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であり、これまで同様の内容で実習を実施したが、このレベルまで理解させることはほぼ不可能であった。

次にアンケート結果について、まず実習「DNAの分析（塩基配列解析を含む）」、「タンパク質の分析（MALDI-TOFMS の解析を含む）」についての理解に対しては強い肯定と弱い肯定の合計はほぼ 100％であった。実験 3（タンパク質の分析）の実験はこれからの授業や研究指導の参考になりますか？に対しては弱い否定が 3 名いた。特に施設見学については、プロテオ医学研究センターに対して「とても役に立つ」が 80％以上、無細胞生命科学工学研究センターに対しては全員が「とても役に立つ」と回答している。

自由記述の中には以下のようにこれらの実験内容は授業での取り扱いは難しいものの、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その応用を知ることができ、授業などで反映させたいとの記述が見られる。したがってキャンプ参加者が今後、②才能ある生徒を伸ばす指導法を実施、また③地域の理数教育において中核的な役割を担う教員としての素養を体得した可能性は充分あると判断する。

◆ 無細胞タンパク質の合成は、生物分野だけでなく、化学分野とも大きく関わる分野である。電気泳動の原理や各色を呈する蛍光タンパク質の構造の差異など、化学の複数の単元の探究活動としても有用であるように感じた。時間をかけて、複数の分野で横断的に取り組みたい探求活動である（感想文から抜粋）。
◆ MALDI-TOFMS による質量分析の原理がよく分かった。
◆ 生徒実験ではなかなか難しいと思うが、探究活動で生徒とともに取り組める環境を作れるよう努力したい。
◆ 蛍光など視覚に訴える結果となる教材があればと思います。
◆ 少し内容が難しく、授業で教えるのは難しいと思った。
◆ 研究者の先生方の話を高校に還元していきたい。
◆ 無細胞でタンパク質を作ることが、どのようなことに利用されるのかということを具体的に知ることができました。生徒に教える際に具体例を話せることは大変ありがたいと思いました。
◆ 世界をリードする研究を行っているのがよく分かった。最新の機器がたくさんあり感動した。
◆ 遺伝子分析やタンパク質合成の高い研究レベルを見学することができ、大変よかった。
◆ かなり最先端の研究を見ることができてよかった。予算のかけ方に驚きました。
◆ 進路指導について役立つ。
◆ 果たして高校で取り扱えるものかどうか（設備的に）。

共同作業と情報交換

キャンプのもう一つの目標、「各グループでこれらの実習の結果と考察をとりまとめ、最終日の午後に発表する。その際に高校の教育現場におけるこれらの実習の可能性や有用性などについて討論する。これらの討論をふまえ、本プログラムの実習内容が、基本的な生命現象の理解に化学の観点を導入し、遺伝情報の流れや、DNAとタンパク質の働きなどを生徒に理解させるために効果的であるかどうか検討する。」は参加者同士で意見を交換して実習内容を授業に反映できるようにすることである。最終的に実験教材や実験プリントを冊子とすることによって、参加者の教育スキルを向上させると同時に教材を共有することができるようになり、②才能ある生徒を伸ばす指導法の修得、③地域の理数教育において中核的な役割を担う教員としての素養育成、④地域の枠を越えたネットワーク形成、を達成できると考える。

ポスターセッションは当初の予定では初日の夜のみ実施する予定であったが、全員が各自の実験授業について発表もする方式で行ったため、2 日目の午前と 3 日目の夜も発表を継続した。討論も活発に行われ、相互に実験材料の工夫や授業実施の特色を知ることができたと思う。また休憩時間などにもポスターについて討論がされ参加者間の情報交換もできたと思われる。最終日の発表の際の「高校の教育現場における今回の実習の可能性や有用性などに関する討論」はできなかったものの、最終日の発表に向けて 4 日間同じメンバーで実験をし、結果をまとめ発表用のスライドを作成する過程で、大いに親交を深めることができたと思われる。

ポスター発表の内容は最終的に『「生物基礎」「生物」の観察・実験指導資料』として教師用指導資料を加えて冊子にまとめた。（また、活用しやすいように Word ファイルを付録として添付した）。ここには全員の連絡先が書かれているため、今後の授業実施などの際、情報交換することが可能である。ネットワーク形成のためホームページに掲示板を用意したが、これは残念ながら全く利用されていない。今後『「生物基礎」「生物」の観察・実験指導資料』の送付や実験教材のサンプルの配布などの機会にネットワークの利用を呼びかけ、多くの県の教員間でネットワークが構築されることを期待している。

総合的なキャンプの目的の達成

上述したように今回のキャンプの目標は参加者の様子や本学で実施したアンケートの結果からほぼ達成でき、それがサイエンス・リーダーズ・キャンプの目的に則したものであると考える。

またJSTが実施したアンケートには参加者自身がこれらの目的を達成したかどうかの設問があり、その結果からもほぼ同様の結論になると考える。

（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
（4）他の教員等との交流・ネットワーク作り

に対しては強い肯定と弱い肯定の合計が100％、

（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

に対しては強い肯定と弱い肯定の合計が88％となっている。

(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、に対しては「そう思う」が70%であったのに対し、他の質問に対しては「そう思う」が20-30%とやや低かったことを考えると、もう少し先端的で高度な内容を取り入れる、あるいは実習を溶液などの準備の段階から全て参加者が行えるような工夫も必要だったかもしれない。ただその場合、理解度が下がる、あるいは実験テーマが限定されるなどのデメリットもある。

「総合的に見た場合、キャンプの目的は達成されたと思いますか？」に対しては70%が「そう思う」と回答しているため、参加者もほぼ目的は達成できたと考えていると思われる。そのように考える理由として以下のような記述があり、目的の(1)～(4)のいずれも達成できたと考えられ、今後授業に活かされることやネットワークの維持も期待できる。

◆ 各県の実践報告である「ポスターセッション」や体系的で準備計画のなされた「実習プログラム」など新学習指導要領に向けての実習教材、探究活動の開発について深める機会が多く設定されていた。
◆ 学校内では経験できない実験を実際に行うことができた。
◆ 今まで知識としてしかもっていなかった実験内容が今回の研修で実際に体験することができ、素養が高まったと感じた。
◆ 操作は全て一から行いたかった。
◆ 生徒に還元します。
◆ 無細胞系でのタンパク質合成という世界最先端の研究に触れることができた。
◆ 難易度が高くこれから十分に内容を復習し、理解を深めたい。
◆ 他県で活躍される先生方とのネットワークをつくることができたから。
◆ 他の先生方との交流の時間もとれた。

最後に「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」の問に対して

「実習3セントラルドグマ転写編：mRNAの合成」

「実習6セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成」

を挙げた参加者が、それぞれ約50%と最も高く、ついで「遠藤特別栄誉教授の講義」を挙げた参加者が多かった、また以下のような具体的理由が挙げられていたことから、本キャンプの特徴である無細胞タンパク質合成系を利用してセントラルドグマ(転写と翻訳過程)を再現する教育教材、およびそれを発展させた統合型生命科学教育、そして生命の正しい理解に基づいて人間や自分を考えるという流れに賛同が得られたと判断する。参加者の感想文にも「遠藤先生の「生物学や科学から自分や人生をとらえていく」お話に共感・感動した」との記述がみられた。

最も良かったプログラムとその理由

【プログラム内容】セントラルドグマ翻訳編：無細胞タンパク質合成
【理由】無細胞タンパク質合成を実際に行うことができた点と、手軽なキットでも実験可能ということが分かった点が良かった。

【プログラム内容】遠藤先生講義
【理由】今回のプログラムの集大成。4日間の体験したことがつながり、生命のたくましさを改めて感じとれた

結　論

アンケートの自由記述などに「知識を深めたい」、「授業に反映させたい」、「ネットワークを拡大したい」といった前向きな意見が多くみられ、キャンプに参加した先生方が今後新しい学習指導要領のもと、「次世代の生命科学教育」に積極的に取り組まれること、そして作成した実験テキスト集『「生物基礎」「生物」の観察・実験指導資料』にこめられた多くのノウハウと教育への熱意を共有し、さらにネットワークを拡大されることが期待される。

最後になるが、参加者の感想文から、キャンプの間「何を学び、どう感じたが」、「それを今後教育現場にどう活かすか」、あるいは「自身のスキルアップに繋げるか」ということに関連した文章をピックアップしてみた。時間的制約のため、運営上で至らぬ点も多々あったかとは思うが、多くの参加者が生命科学から何かを感じ、それを生徒に伝えたいという意欲と、これからも努力を重ねたいという真摯な思いがあふれており、このような教員が一人でも増えれば、次世代に生命の理解、ひいては科学全般への興味と関心、そして科学的、論理的思考力が備わっていくと思う。

◆ 高校では物理，化学，生物，地学と4つの科目に分かれているが，大学等で研究を進めるにあたっては，科目を分断していては十分でないということを感じた。さらに自分自身のスキルアップにつなげ，日々の授業活動の中に還元できるように努めたい。
◆ このように最先端の技術をうまく高校生に触れさせていける実験に大変興味を持ちました。
◆ 是非、授業でも使ってみたいと感じたし、新しい教科書ではこれを使わなければならないとも感じた。
◆ 年齢的にも近い教員がお互いに行っている実験内容を聞いて、自分ももっと生徒の知的好奇心を呼び覚ましたいという気持ちになりました。
◆ 生命科学にふれた経験が生徒の人生の転機になるような機会となりうるような授業を研究・開発していきたい。
◆ 日程的には深夜までグループ内で研究結果の分析や資料作りに取り組むなど、かなりハードであったが、内容が濃く、充実していて大変勉強になった。この経験は、非常に有意義であり、私自身、理科教員として自覚と使命を深く感じさせられた貴重な経験となった。
◆ 分子生物学の実験を経験できた点、ポストゲノム時代ともいわれる今、科学の進展にゲノムやタンパク質のデータベースの重要性について理解を深められた
◆ 今回のキャンプで得た感動と経験を、今後の教科指導や課題研究指導に役立てていきたい。興味・関心を持たせる授業展開についても大変参考になった。
◆ キャンプで体験した「化学からのアプローチ」を加えることは不可避であり、誤解のないよう理解させその不思議さに気付いてもらうにはますます私自身が学習していかなければならないと決意を新たにしました。
◆ 大学の理数教育と，高校の理数教育は年々乖離していく現状を少しでも打破できるように，私たち教員の指導力の向上が急務であると再認識させられました。生徒の気付きが授業の根幹であることを改めて感じ，生徒が主体的に理解を深め学習する中でゆるぎない自信を持たせたいと思います。
◆ 限られた授業時間数の中で何をどう伝えていくのかを検証し、生徒に自らの存在意義まで考えさせうる授業を目指し私たち高校の理科教員が教材研究に努める必要があると思った。「セントラルドグマ」の学習を通して生命の神秘や生命の尊さを一人でも多くの生徒に伝える

授業を目指し努力していきたいと思います。

- ◆ 学校や立場が違っていても、理科教員として生徒に生物（生命科学）の大切さやすばらしさを教えていくことに変わりはないということ、また、我々はこういった研修を通じて日々研鑽に励んでいかなければならない
- ◆ 高い専門性を活かした生物学の授業と教材開発ができる教員になりたいという当初の目標を再確認することまでできました。専門性を深めていく姿勢と興味関心や探究心を高める指導法や教材教具の開発に努める意欲が高まったことを生徒に還元していきたいと考えています。
- ◆ 実践するために必要な事は教科・科目の枠を超えた教育の場を構築することが必要であると考える。この意識を持ちながら生徒と共に学習し、自然科学の発展に寄与していきたい。
- ◆ 生命現象は『生きること』の基本であり、その不思議さや神秘性を理解する教育も必要であると考える。このキャンプを通して、生命科学教育についてさらに興味を持った。
- ◆ このようなことを一度でも体験すれば、教えるときの心持が全然違います。今までに比べ、自信を持って教えることができると思います。そのような姿勢は、生徒に必ず伝わると思います。私達に計り知れない恩恵を与えてくれている技術を文系・理系問わず詳細に、かつ、熱く語ることは、生徒の理解を深め、興味・関心を持つ子が増えると思います。大学や高校の先生方の情熱に触れ、私ももっと頑張らなければいけないと思うことが出来ました。
- ◆ 参加された先生方のお話はどれも具体的で臨場感があり、手順だけでなく指導のコツにまで言及され、すぐにでも実践したいと思わせるものばかりであった。観察や実体験を重視した探究活動が多く発表されていたことに、勇気づけられた。

(4)資料

①担当者名簿

所属機関	役職	氏名	実施業務
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	教授	林　秀則	遺伝子組換え、タンパク質合成、DNA の分析、タンパク質の分析に関する講義と実験
愛媛大学先端研究・学術推進機構	特別栄誉教授	遠藤　弥重太	生命科学に関する講義
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	教授	澤崎　達也	タンパク質合成実験の実施
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	助教	竹田　浩之	タンパク質合成実験の最適化
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	助手	小笠原　富夫	RNA 合成実験、タンパク質合成実験の実施
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	センター長	坪井　敬文	研究施設見学の実施
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	准教授	髙島　英造	研究施設見学の実施
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	教授	戸澤　譲	研究施設見学の実施
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	助教	野澤　彰	研究施設見学の実施
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
愛媛大学理工学研究科	教授	高井 和幸	遺伝情報の発現に関する講義
高崎健康j福祉大学	教授	片山 豪	タンパク質合成実験の実施、新学習指導要領における実験教材の講義
愛媛大学プロテオ医学研究センター	センター長	三木　哲郎	医学部研究施設の見学の実施
愛媛大学プロテオ医学研究センター	教授	東山　繁樹	医学部研究施設の見学の実施
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	事務課長	武田　興昌	準備・運営および報告に関する事務統括
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	ﾁｰﾑﾘｰﾀﾞｰ	宇都宮　美恵	準備・運営および報告に関する事務作業全般
愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター	部課員	松本　圭	準備・運営および報告に関する事務作業全般

②参加者名簿

所属学校名	氏名
愛知県立半田高等学校	原田　挙志
京都府立須知高等学校	一井　育
徳島県立城南高等学校	藤田　康平
徳島県立鳴門渦潮高等学校	近藤　充義
香川県立丸亀高等学校	太田　恵利子
愛媛県立新居浜東高等学校	小野　裕基伸
愛媛県立新居浜西高等学校	佐々木　謙一
愛媛県立南宇和高等学校	大塚　森
高知県立高知丸の内高等学校	岡崎　愛子
福岡県立明善高等学校	大澤　真一
佐賀県立唐津南高等学校	藤　容子
長崎県立佐世保西高等学校	神崎　賢太
熊本県立宇土高等学校	後藤　裕市
日本体育大学浜松日体中・高等学校	河合　克仁
名城大学附属高等学校	山口　照由
鈴峯女子中・高等学校	万徳　剛
土佐女子中学高等学校	槌谷　大作

③外部発表

新聞記事

大学ホームページの記事

学会発表の要旨

愛媛新聞　2012年(平成24年)8月3日　金曜日

新聞記事

理数教育のリーダーへ

愛媛大でキャンプ　県内外から17人

地域で理数教育の中核を担う人材を育てる「サイエンス・リーダーズ・キャンプ」が2日、松山市文京町の愛媛大で始まった。県内外の高校教諭17人が生物分野の授業に生かそうと、同大ミュージアムの実験室でタンパク質の合成実験などに取り組んでいる。

キャンプは昨年から科学技術振興機構が催しており、今年は東北大、埼玉大など全国5大学で開催。愛媛大では無細胞生命科学工学研究センターが実施機関となっている。3泊4日の日程で5班に分かれ研修を受ける。

初日は、同センターの林秀則教授＝植物生理学＝が、DNAや多種多様なタンパク質の働きを解説。参加者は、オワンクラゲの光るタンパク質のDNAを大腸菌に導入し、目的のタンパク質を作らせる実験などに挑戦した。

酵素の働きを知る実験や、アサリの水質浄化作用の実験など各校の取り組みも発表した。

真剣な表情で学生からタンパク質合成実験の説明を聞く高校教諭（右）＝2日、松山市文京町の愛媛大

福岡県立明善高校（久留米市城南町）の大沢真一教諭(31)は、キャンプで取り組んだ実験を授業に反映し、生徒にも先端研究を体験させる考えで「プログラムの内容が丁寧で、有意義な研修」と評価していた。

（長谷川悠介）

PC・携帯 動画ニュース

掲載許可番号:
G20120901-00946

大学ホームページの記事

トピックス 詳細

その他 2012年08月10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24年度サイエンス・リーダーズ・キャンプ」を実施しました【8月2日(木)～8月5日(日)】

平成24年8月2日(木)～5日(日),無細胞生命科学工学研究センターにおいて,サイエンス・リーダーズ・キャンプ「試験管内タンパク質合成技術を活用した次世代の生命科学教育」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」とは，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はかるものです。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，新しい高等学校学習指導要領にそって「生物基礎」，「生物」に大幅に取り入れられた「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重要となる遺伝子操作や無細胞タンパク質合成の実験を体験すること，および，より高度な課題研究などを実施できるよう，高校での学習レベルを超えた高度な内容や研究センターにおける生命科学の先端研究の見学が含まれている点にあります。またキャンプ終了後には新しい指導要領にそった生命科学の学習により効果的な実験テーマや教材などを参加した高校教員自身が考案することになっています。

各県の教育委員会などから推薦を受けた17人の化学あるいは生物担当の高校教員（愛媛県と高知県，各3人，徳島県と愛知県，各2人，香川県，京都府，福岡県，佐賀県，熊本県，長崎県，広島県，各1人）は，まず，無細胞生命科学工学研究センターの林秀則教授から，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日目はDNA断片を接続して組換えDNAの作製し，これを大腸菌に導入しました。2日目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，平成25年度から使用予定の高校教科書に掲載されている探究活動を先取りして実施しました。3日目はDNAの塩基配列をオートシーケンサーで解析したり，遺伝子組換えによって作られたタンパク質の分子量を質量分析装置で決定したりと，通常，高校では実施できないような実験にも取り組みました。多くの参加者にとってほとんど初めての実験もあり，器具の使い方や試薬の成分，各操作の意義などを学生補助員に熱心に質問していました。

2日目の午後は重信キャンパスに移動し，プロテオ医学研究センターの東山繁樹教授からゲノム情報やタンパク質研究の医療への応用に関する講義を受け，質量分析装置や画像解析装置などを見学しました。3日目の午後には無細胞生命科学工学研究センター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。両日の見学とも活発な質問と説明が交わされ，予定時間を超えた一方で，「基礎的な実験内容が日常生活や医療とどのように関わっているか聞くことができ，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。また4日目にはテレビ会議システムによって米国サンタクルズから遠藤弥重太特別栄誉教授による「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，海外との双方向授業に感動した様子でした。

食後の時間などにはポスターセッションが行われ，新しい学習指導要領に関連した実験や探究活動，あるいは今後実施してみたい実験などについて活発な討議がおこなわれました。ポスターセッションでの討議および3日目の高崎健康福祉大学の片山豪教授による「先端技術を教材にする！」と題した授業などを参考として，今後各参加者はより洗練された学習内容や実験教材を考案することになっています。

今回のキャンプに参加した熱心な教員によって，無細胞タンパク質合成法を活用した実験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多くの高校生に紹介されることが期待されます。一般的に，大学における高校教員に対する各種事業が県単位であるのに対し，今回のキャンプの参加者は複数の県にまたがっているため，教員間の連携によって同様の内容に触れる高校生の数はさらに多くなるものと期待されます。

プログラム概要　（PDFファイル 118KB）

サイエンス・リーダーズ・キャンプHP

実験の様子(1日目)

ポスター発表の様子(1日目)

タンパク質合成実験の様子(2日目)

合成されたタンパク質の確認(2日目)

プロテオ医学研究センターでの講義の様子(2日目)

無細胞研究センターの見学の様子(3日目)

遠藤特別栄誉教授による講義の様子(4日目)

参加者そろっての集合写真

＜無細胞生命科学工学研究センター＞

前のページに戻る

ページの先頭へ戻る

学会等発表要旨

Protein Island Matsuyama(PIM)
International Symposium

The 10th Matsuyama International Symposium on Cell-Free Sciences

September 25th, 2012 －ANA Hotel Matsuyama, Japan－

Organized by
Ehime University, Ehime Prefectural Government, Matsuyama City Hall,
Matsuyama Chamber of Commerce and Industry,
Ehime Association of Corporate Executives

Operated by
PIM International Symposium Organizing Committee

Supported by
CellFree Sciences Co., Ltd.
PerkinElmer Japan Co., Ltd.
Co-organized by
Ehime Prefectural Federation of Small Business Associations
The Ehime Association of Small Business Entrepreneurs
Ehime Industrial Promotion Foundation
Matsuyama Convention and Visitors Bureau
Japan Broadcasting Corporation Matsuyama Regional Headquarters
The Ehime Shimbun Co.,Ltd.
Sponsored by
The Japanese Biochemical Society
The Chemical Society of Japan
Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry
Ehime Prefectural Board of Education
Matsuyama City Board of Education

http://www.pim-sympo.jp/

An integrated life-science educational program based on the wheat germ cell-free protein synthesis system

Hidenori Hayashi[1,2], Takeshi Katayama[1,3], Kazuyuki Takai[2], Yaeta Endo[1,2]

1) Cell-Free Science and Technology Research Center, Ehime University
2) Graduate School of Science and Engineering, Ehime University
3) Faculty of Human Development, Takasaki University of Health and Welfare

The progress of molecular biology in these five decades resulted in the explosion of knowledge about life and the wide-range applications of life science. In such a new era, profound understanding of the basic principle of life would be essential for young people not only for safe and healthy life-style but also for environmental protection of the Earth. Considering the importance to teach the modern biology, suitable experimental tools combined with educational programs should be developed for students mostly unfamiliar with molecular biology. For this purpose, we applied the wheat germ cell-free protein synthesis system to visualize the transcription and translation in the central dogma and this experiment was performed together with some other simple experiments and short lectures explaining "What is gene?, What is life?" for high school student and undergraduate students. The basic experimental kit consists of mRNA of green fluorescent protein (GFP) as a model gene and the cell-free protein synthesis system. Within one hour after adding the mRNA solution and amino acids onto the wheat germ extracts in a small tube, synthesized GFP can be recognized by its prominent fluorescence. The advanced experimental kit includes a process of transcription as well as the translation. The mRNA transcribed from the *gfp* gene ligated in a pEU vector can be easily detected by an RNA-staining dye and it is used for the GFP synthesis with the wheat-germ extracts. This experimental kit can visualize both the transcription and translation without any living materials and it was actually effective to improve students' understanding of the central dogma (Katayama et al., 2012). Thus, the educational program we developed is considered to be suitable for the new curriculum of Japanese high school coming in 2012 where the concept of central dogma is requested to be taught. Consequently these experimental procedures will appear as an advanced practice in a newly coming textbook for biology in high school. Furthermore, combination of understanding the central dogma as chemical reactions, learning the mechanisms of chromophore formation in GFP, learning the nature of green fluorescence etc would lead the overall studies on biochemistry, organic chemistry, quantum chemistry, and so on. Eventually such an integrated life-science education will give young people the chance to think and ask by themselves "What is life?, What are human beings?, What am I?".

Reference: T. Katayama, H. Hayashi, K. Takai, Y. Endo (2012) *Jpn. J. Biol. Educ.* 52: 165-177.

P-31

Optofluidic analysis of in vitro reconstituted multisubunit protein complexes

Yann Gambin, Oleksiy Kovtun, WooRam Jung, Zhong Guo, Sergey Mureev, Wayne Jonston and Kirill Alexandrov

Institute for Molecular Bioscience, The University of Queensland, 306 Carmody RoadSt Lucia, QLD, 4072, Australia

In vitro reconstitution is a promising approach for studying of interactions in protein networks or multisubunit protein complexes. Unfortunately its practical realization is hindered by low throughput of protein production, labeling and analysis.

We report the development of all-in-vitro process combining cell-free protein expression with spectroscopic single molecule interaction analysis. To achieve a rapid and cost efficient protein production we GATEWAY cloning of human ORFeome library with a cell-free protein expression in Leishmania tarentolae cell-free system. Interactions of resulting recombinant proteins products labeled with genetically encoded fluorophores are analyzed directly in the translation mixture using fluorescence correlation and coincidence spectroscopy. Using this approach hundreds of interactions can be quantitatively assessed within hours.

To test our approach we reconstituted and mapped interactions in several protein complexes previously poorly amenable to analysis. In particularly, we successfully performed extensive truncation analysis of interactions among 6 subunits of HOPS/CORVET complexes and 8 subunits of human Mediator complex. The obtained in vitro results were validated using in vivo produced complexes.

P-32

Reconstitution and Visualization of the Central Dogma in a Test Tube -Development of education material for biology class in high school-

Takeshi Katayama[1,2], Hidenori Hayashi[2,3], Kazuyuki Takai[3], Yaeta Endo[2,3]

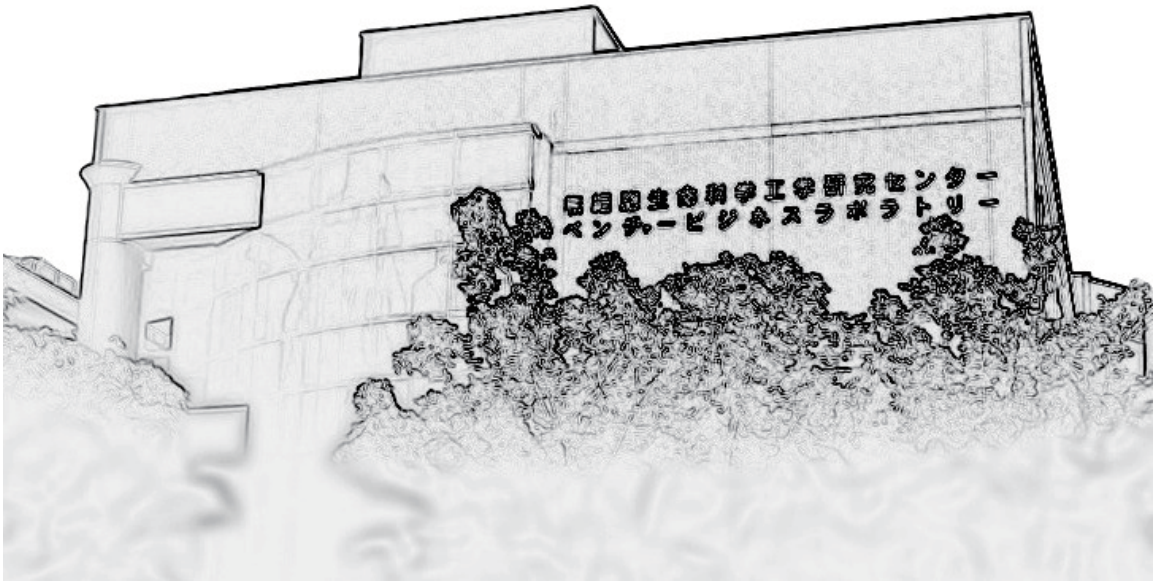
1) Faculty of Human Development, Takasaki University of Health and Welfare, 2) Cell-Free Science and Technology Research Center, Ehime University, 3) Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

"The central dogma" was not a general subject in the basic biology class "Biology I" in high school in Japan. With a rapid and an extensive development of life science today, the teachers realized the importance of teaching this key principle on life in the school. Although the dogma was first proposed by Francis Crick and was well established by 1960s, it was quite hard to understand it even for college students without taking the experimental course.

Here we show a helpful and practical education material to teach the principle especially when it is performed in parallel with teacher's lecture in a class. The teaching material is based on the use of *in vitro* transcription and translation system using wheat germ extract, and students can confirm the whole chemical reaction processes by their eyes. The material kit is composed of two visualization processes in a test tube. The first step is a visualization of transcription using RNA staining dye "RiboGreen." The second step is a visualization of translation by synthesizing "Green Fluorescent Protein (GFP)" using the wheat-germ cell-free protein synthesis systems. We tested the kit in a high school biology class, and could confirm dramatic effectiveness of the material. This education material will be introduced and appeared in the experimental section of high school biology textbooks starting next year. The experimental kit specialized for the high school biology class has been just released. Since wheat seeds are foodstuff, the kit is free of bio-hazard and ethical issues. We expect that the kit will provide a simple and effective material for students to understand this abstruse principle of life in high school and in college as well.

第７回 無細胞生命科学研究会
要旨集

期日：平成 24 年 11 月 17 日・18 日
会場：愛媛大学 南加記念ホール
（松山市文京町 3）



1. コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系を利用した統合型生命科学教育プログラム

○林 秀則[1,2], 片山 豪[1,3], 高井 和幸[2], 小笠原 富夫[1], 遠藤 弥重太[1]

[1]愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター
[2]愛媛大学大学院理工学研究科
[3]高崎健康福祉大学人間発達学部子ども教育学科

この半世紀における分子生物学の進展は，生命現象の分子レベルにおける理解を可能とし，また生命科学に関する多くの技術を生み出した。今後の社会において，分子生物学に基づく生命の理解は，文系，理系を問わず最低限の教養となり，安全で健康的な生活，生命の尊厳，さらには生物の多様性や環境保護を考える上での共通認識となるであろう。このような背景を受けて，高等学校における学習指導要領にも分子生物学的内容が多く盛り込まれることになった。一方で生命現象は微視的かつ複雑であるため，中学生や高校生が直感的に理解することは極めて困難である。したがって，例えばセントラルドグマにおける情報の流れが直感的に体感でき，生命の基本原理を化学的観点から理解できるような実験教材と学習プログラムが必要と考えられる。

我々はコムギ胚芽の抽出液を用いた無細胞タンパク質合成系を利用して，翻訳過程を試験管内で可視化する実験教材を考案し，これを基盤とした授業を中学生，高校生，大学学部生などを対象に実施してきた。最も基本的な教材は緑色蛍光タンパク質の mRNA とアミノ酸混合液などで構成され，簡単な操作によって 1 時間程度で緑色蛍光タンパク質の合成が目視できるようになる。この結果をみて過半数の生徒や学生は,「本来生きた細胞内で合成されるタンパク質が溶液中の化学反応として合成できる」ことおよび,「DNA の塩基配列とタンパク質のアミノ酸配列が生物に共通した遺伝暗号によって対応づけられている」ことなどを理解できるようになる。またこの実験教材は生きた細胞を使わず，安全性の高い成分しか含まないため，実験室に限らす，中学や高校の普通教室，シンガポールやタイの高校や大学の教室，市民会館などでも実施することができる。さらに授業時間や学習内容，対象学生に応じて，DNA やタンパク質の分析，遺伝子導入などの実験と組み合わせることによって，セントラルドグマの概念や DNA とタンパク質の働きをより深く理解させるための統合的な学習プログラムを構築し，大学での演習，高校生や高校教員対象の「サイエンスキャンプ」などに展開できる。特に，緑色蛍光タンパク質の遺伝子をモデルとして，RNA ポリメラーゼによる mRNA の合成実験，および合成された mRNA とコムギ胚芽抽出液によるタンパク質の合成実験を組み合わせることによって,「試験管内での転写と翻訳の再現」，すなわちセントラルドグマの可視化が可能となる。このような教材は新しい高等学校学習指導要領における「遺伝情報とその発現」の学習に有益であることから，その具体的内容が平成 25 年度から使用予定の新しい高校「生物」の教科書の探究活動として記述された。

P13. 無細胞タンパク質合成系を用いた教材の開発
- 高等学校生物におけるセントラルドグマを可視化する実験 -

○片山 豪[1,2], 林 秀則[2,3], 高井 和幸[3], 小笠原 富夫[2,3], 遠藤 弥重太[2,3]

[1]高崎健康福祉大学人間発達学部子ども教育学科
[2]愛媛大学無細胞生命科学工学研究センター
[3]愛媛大学大学院理工学研究科

高等学校生物において，無細胞タンパク質合成に関する記載は，①ニーレンバーグがすりつぶした大腸菌にアミノ酸，ATP などにウラシルだけを含む人工 RNA（ポリ U）を加えるとフェニルアラニンだけからなるポリペプチドが合成されることを発見したことと，②コラーナは，同じ条件でウラシルとシトシンからなる人工 RNA（UCUCUC…）を与えるとセリン，ロイシンが交互に連結したポリペプチドが合成されることを発見したことのみである。

現在高校 2,3 年に在籍している生徒の教育課程「生物Ⅰ」における分子生物学に関する学習は，DNA が遺伝子の本体であるという役割と DNA の簡単な構造を学ぶだけである。分子生物学は一部の生徒が選択する「生物Ⅱ」で学習するので，無細胞生物タンパク質の合成のみならず，セントラルドグマの概念を知らずに卒業してしまう。

科学，産業の急速な発展に対応するために，平成 21 年に高等学校学習指導要領が改訂され，「生物基礎」における解説には，「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」との記載があり，今年の 1 年生からほとんどの生徒がセントラルドグマを学習することになった。「生物基礎」では，セントラルドグマの流れのみを生徒に理解させることが主なねらいであるので，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ことになる。著者らはコムギ胚芽無細胞タンパク質合成系を用いて，セントラルドグマの概念を理解する実験教材を開発した。この教材は，RNA 特異的色素の RiboGreen を用いて転写を可視化し，コムギ胚芽無細胞タンパク質合成系によって緑色蛍光タンパク質（GFP）を合成することで翻訳を可視化したものである。この教材を高校の生物の授業で実践したところ，セントラルドグマの学習に効果があることが確認できた。また，食品であるコムギを用いた無細胞タンパク質合成系なので，バイオハザード，倫理的な問題をクリアーしていることから，教育現場に最適な教材であると考えられた。

そこで，この教材を来年から使用される高等学校生物の教科書に記載した。このことにより，この教材の普及だけでなく無細胞タンパク質合成系を広く教育界に紹介することになると確信している。また，この教材が教育現場に簡単に導入できるように実験キットも販売されることになった。このキットが，生命科学教育の原理を理解するための効果的な教材になることを期待している。

④その他

実習テキスト

講義資料（林）

講義資料（高井）

講義資料（真鍋）

講義資料（片山）

講義資料（遠藤）