

高校生を対象とした分子生物学実験に関する報告 — 高校生のための大学授業開放 2015 —

津嘉山泉* 武田泰典** 川上祐生*** 山本登志子***

要旨 近年、高大連携事業が普及しており、全国的に様々な取り組みがなされている。岡山県立大学保健福祉学部栄養学科においても、第1回「高校生のための大学授業開放」の一環として、「高校生のための分子生物学実験」が実施された。本実験では、分子生物学的実験操作を通して、高校生らに、高校の「生物」で学習する分子生物学の知識をより深く理解し、机上の学習では得られない体験と興味をもってもらうことを目的とした。このような公開実験は、本学科においては前例のない取り組みであったため、実施に際しては「効化的なタイムテーブル」、「技術サポート」、「高校生の内容への理解」が課題となり、十分な事前検討を行う必要があった。実施後の独自アンケートにより、本公開実験は、参加した高校生の評価が高く、十分な成果が得られたものであった。

キーワード：高大連携事業、高校生のための大学授業開放、分子生物学実験

I. 緒言

平成27年8月29日、岡山県立大学保健福祉学部栄養学科において、第1回「高校生のための大学授業開放」が実施された。その中で私達は「高校生のための分子生物学実験」を担当した。この公開実験では、大学で行っているものと類似の実験を体験してもらうことにより、生命科学としての栄養学を理解してもらい、本学科で学ぶことへの興味や意欲を深めてもらうことを目的とした。実験では、高校生物履修者にとって馴染みのあるDNAの取り扱いやその性質を知るための内容で、実際の実験を通して、これまでに学習したことのある分子生物学の知識をより深く理解し、教科書の内容だけでは得られない興味をもってもらうことを目的とした。

近年、高大連携事業が普及しており、全国的に様々な取り組みがなされている¹⁻⁴⁾。その内容や形態は多種多様であるが、本学科におけるこのような取り組みは前例が無く、対象者の理解度や技術、実施に際する適正人数や時間、メンターの配置人数が不明であったことに加え、実験内容の妥当性が懸念された。そこで、まずこれらの問題点を想定し、

「効化的なタイムテーブル」、「技術サポート」、「高校生の内容への理解」の3点に絞った事前検討を行った。「効化的なタイムテーブル」については、制約された時間内に、高校生の知性を刺激する最良の結果を得ることができるよう、実験の条件や方法を検討し、改良を行った。「技術サポート」としては、未経験者には困難な技術を要する操作を避けるための実験方法の改良や、当日の操作訓練を行うことにより、繊細な技術を要する分子生物学実験への取り組みを可能とした。「高校生の内容への理解」に関しては、全体の実験目的や概要の説明以外にも、参加した各人の理解度に合わせて実験を進められるように、3～4人の班に1人のメンターが配置された。メンターは、班毎に実験手技の直接的な指導を行い、その都度、高校生らが実験内容を理解しながら進められるように助言を行った。また、高校生らは、実験の最後に班毎のディスカッションを行い、実験結果より得られた情報の統合と、分子生物学実験への理解を深めることができた。さらに、彼らは、実験結果についての報告を自身が行うことで、本実験で得られた知識や技能を活用し、与えら

* 岡山県立大学保健福祉科学研究科

** 岡山県立大学保健福祉学研究科

*** 岡山県立大学保健福祉学部栄養学科

〒719-1197 総社市窪木111

〒719-1197 総社市窪木111

〒719-1197 総社市窪木111

れた課題に向けて自主的に探求する姿勢を学んだ。
 なお、実験の最後に行った独自アンケートの結果からも、これらのことが、参加した高校生等の評価を高めたことは明らかであった。

Ⅱ. 事前準備

第1回「高校生のための分子生物学実験」を実施するにあたっての課題は、先述のように「効率的なタイムテーブル」、「技術サポート」、「高校生の内容への理解」であった。中でも、通常では時間のかかる分子生物学実験手技において、機器を使った反応時間を可能な限り短縮し、参加する高校生らがいかにスムーズな操作を行うことができるかが最大の課題であった。その課題解決のために、ティーチングアシスタントとして参画した大学院生が中心となって、十分な事前準備を行った。具体的には、時間短縮のために、最適な実験条件の設定や提供する教材等を吟味し、想定される問題に対しても解決案を十分に検討した。これらの検討を経て、効率的なタイムテーブルを作成し、短時間で十分な学習効果と達成度の期待できる実験内容を目指した。

Ⅲ. 実施概要

Ⅲ-1. 参加者の内訳

参加者は、岡山県内の高校生13人、県外の高校生（広島県）1人であり、そのうち女子13人、男子1人という内訳だった。

Ⅲ-2. 当日のタイムテーブル

本公開実験は、実験の目的と概要の説明、実験、実験結果の考察と発表、アンケート回答の構成で実施された。実際のタイムテーブルを表1に示す。なお、実験指導を担当する教員2名と大学院生2名（博士後期課程1年、博士前期課程2年）の紹介を事前に行い、班毎に参加者の自己紹介を行った。本実験は、DNA型検出のデモ実験（実験1）とDNAの性状を観察する実験（実験2）の2部構成で実施した。実験の目的と概要では、実験の基本となる分子生物学の講義を行い（写真1）、実際の実験手技の説明は、班毎に担当のメンターが行った（写真2）。また、班毎に、実験によって得られた結果から考察できるような課題を与え、実験の最後に、班毎の代表者が課題内容と実験結果の考察について発表を行った（写真3）。

表1 公開実験のタイムテーブル

タイムテーブル	内容
13:00-13:30	実験の目的と概要の説明
13:30-14:00	実験1-1
14:00-15:00	実験1-2・実験2
15:00-15:40	実験1-3
15:40-16:00	実験結果の考察と発表・アンケートの回答



写真1 分子生物学の講義



写真2 班毎のメンターによる指導



写真3 報告会の様子

Ⅲ－３．配布物

実験の手引書、アンケート用紙、使い捨て白衣、使い捨て手袋、保護めがね

Ⅲ－４．実験手技の練習

参加した高校生らは、分子生物学的な実験や、マイクロピペットを用いた微量な試薬の取り扱いの経験が乏しかったため、実験開始前に、試料や試薬の取り扱いの操作の練習を行った。ピペッティング操作の練習では、各自が、用意された蒸留水入りのサンプルチューブから、実際の実験操作を想定して12 μ lを量り取る練習を行った。持ち方、チップの取り方、プッシュロッドの第1ストップで吸引し、第2ストップまで押すことで完全に溶媒を出すこと、吸引速度に注意を払うことなどを指導した。また、メンターから機器の取り扱いや、解析方法などについても説明を行った（写真4）。

Ⅲ－５．実験の実施内容と結果

実験1では、特に繊細なピペッティング操作（写真5）や内容がやや難しいこともあったため、班毎

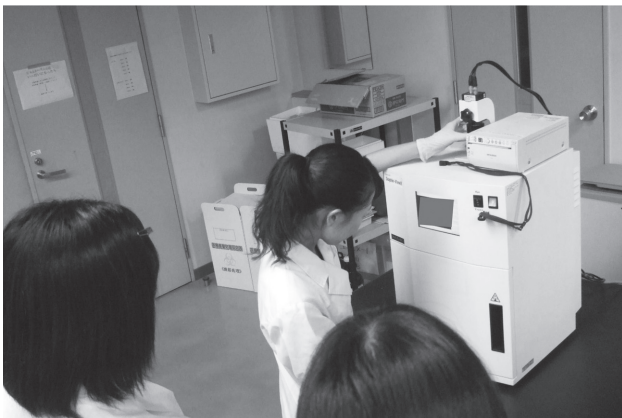


写真4 メンターによる機器操作と解析方法の説明

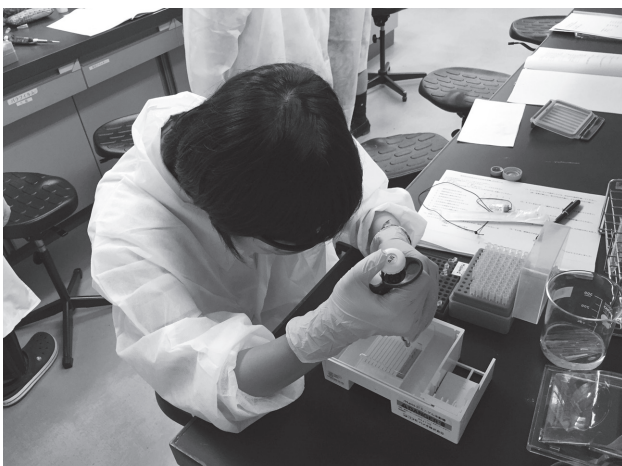


写真5 実験風景

に行うこととしたが、必ず各人が実験操作に携わるように指導した。一方、実験2では、繊細な操作や、危険な機器や試薬を用いず、内容も比較的理解し易いものであったため、各人で手引書に従って行った。また、実験結果は班毎にディスカッションし、プレゼンテーションの準備等も行った。機器操作については、メンターが行うこととした。

実験の中では、写真6のようにDNAを細い繊維状の析出物として可視化することで、興味を抱くとともに、その実験を行うことによって、DNAの性質や、実験で使用する試薬の役割などの理解にもつながった。加えて、実験手技や関連する分子生物学の内容を説明することにより、DNAを用いた最先端研究への応用も可能であることを知ることができた。本実験では、班毎に異なる課題を与え、実験結果よりその解答を考察するように取り組ませた。

Ⅲ－６．当日の様子

1) 実験

微量な試薬の計量や繊細な作業があったが、技術指導の後に実験を行ったため、高校生らは本番で失敗することなく安心して操作を行っていた。今回の参加者にこのような実験についての経験を聞くと、「生物で実験はない」や「このような微量の計量を行ったことがない」などの意見が大半であった。実際の作業を観察していても、このような実験の経験や精密な実験器具を扱った経験が乏しいであろうことが伺え、技術的サポートは不可欠であると分かった。また、技術指導に十分な時間を確保することは、以後の実験のスムーズな進行と成功へ導くものと感じた。実験結果の分析には、分子生物学的な知識を要する内容も含まれていたが、メンターが助言することで、高校の「生物」の授業で学習した内容と、実際の実験結果とを結びつけ、理解を深めることができたようであった。また、高校生らは、与えられた課題について、自らの実験結果より考察し、解答を導きだすことによって、本実験における達成感と、分子生物学実験に対する興味が深まったようであった。全体を通して、実験は予定時間を超過することなく、スムーズに進行することができた。

2) グループディスカッションと報告会

実験の最後に、実験結果についての班毎のディスカッションを行うことにより、高校生らは、本実験

により得られた知識や関連する内容の理解が深まり、実験に対する主体性と達成感を得ることができた。さらに、問題を解決しようとする積極性や班毎のコミュニケーションの向上が観察された。また、報告会（写真3）では各班の課題と実験結果のまとめをスクリーンに投影し、問題と考察を全員で共有した。彼らは自分達の班に与えられた課題を解決するだけでなく、本実験で取り扱った分子生物学実験の手技と、それに関連する内容の理解を深めたようだった。

IV. アンケート結果

公開実験終了後、参加者に対し無記名自記式アンケートを行った。図1に内容の一部を示す。内容は、授業に対する評価や自身の興味を問うものであり、9つの項目について「非常に思う」、「思う」、「どちらでもない」、「あまり思わない」、「全く思わない」の5段階評価で回答させた。加えて、自由記載欄には、参加した高校生らに感想や意見を回答してもらった。アンケート結果を表2に示す。なお、アンケート結果より、「あまり思わない」、「全く思わない」の回答がなかったため、記載を省略した。質問3から9の項目では、約80%以上の生徒が「非常に思う」と回答しており、メンターの説明や指導、分子生物学への関心、意欲、満足度について高い評価が得られた。これらの結果は、質問1の結果から理科科目に関心のある生徒が多数参加していたため得られたものと考えられる。しかし、実験時間に関する質問2では80%以上の生徒が実験時間をちょうど良いと回答しているものの、評価にややばらつきが見られた。実験後に、一部の参加者からは「集中して長時間実験を行ったため、疲れた。」との意見も伺えたので、慣れない実験操作に疲労感をもった参加者も少なからずあったものと考えられる。

V. 考察

本実験は、高大連携事業の一環として本学科で実施された第1回目の取り組みであった。そのため、実施にあたっては不安な点が多く、十分な事前検討を行った。本実験を行うにあたり、最も懸念されたのが制約された実験時間であったので、様々な工夫を行った。参加した高校生らに学びの姿勢を提供するには、自主性をそこなわない程度にサポートを行う必要がある。今回のような短時間での実験では、

彼らの技術面を補うため、方法の簡略化は必須であると感じた。さらに、今回時間を超過すること無く実験を進行できたのは、メンターの配置人数が適し

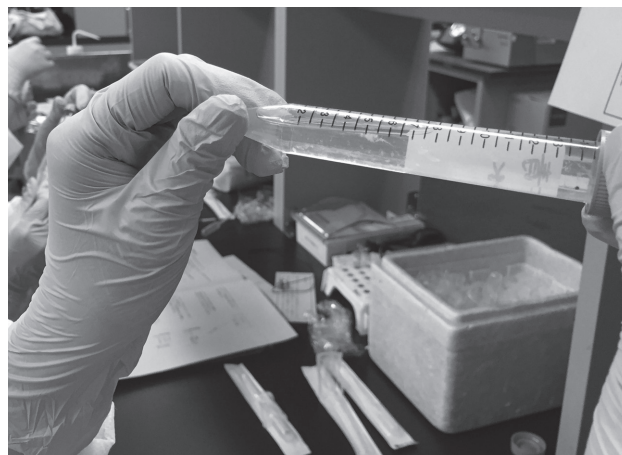


写真6 DNAの可視化

高校生のための分子生物学実験 アンケート

あてはまる項目に「レ」チェックを入れてください。
以下の項目は5段階でチェックしてください。
5: 非常に思う 4: 思う 3: どちらでもない
2: あまり思わない 1: 全く思わない

1. 理科科目が好きである	5	4	3	2	1
2. 実験時間はちょうど良かった	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 実験内容に興味を持てた	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 全体説明はわかりやすかった	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. メンターの指導はわかりやすかった	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 分子生物学に興味を持てた	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. このような実験を今後もやってみたい	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 全体として今日の実験に満足した	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 今後もこのような公開実験に参加したい	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 感想などがあれば記載してください					

図1 配布したアンケート内容

表2 アンケート結果

質問	非常に 思う (%)	思う(%)	どちら でもな い(%)
1. 理科科目が好きである	57.1	28.6	14.3
2. 実験時間はちょうど良かった*	42.9	42.9	7.1
3. 実験内容に興味もてた	85.7	14.3	-
4. 全体説明はわかりやすかった	71.4	28.6	-
5. メンターの指導はわかりやすかった	85.7	14.3	-
6. 分子生物学に興味を持てた	85.7	14.3	-
7. このような実験を今後もやってみたい	85.7	14.3	-
8. 全体として今日の実験に満足した	85.7	14.3	-
9. 今後もこのような公開実験に参加したい	85.7	14.3	-

*は、未記入のものを含む

ていたという点もあげられる。本実験は、高校の教科書にも記載のある内容を題材として用いたものであったが、彼らの多くは分子生物学的実験が初めてであったため、個々に対応した指導を行うには、メンター1人に対して生徒4人程度が適切であることが分かった。また、独自の事後アンケートから、実験時間に対する参加者らの捉え方が様々であることが示された。これは、高校と大学での授業時間の差に加え、生徒の実験経験が少ないことが関係していると考えられる。末本らが行った高校への出前授業においても分子生物学に関する実験を行っているが、その授業では、1日2時間半と3時間15分の2日間で行っている^{2, 3)}。その授業への参加者からも、「とても疲れた反面、すごくおもしろかった」との意見が報告されており、私達が行ったアンケートの結果と類似点が見られた。実施時間については、今回のような実験内容を行うためには、最低3～4時間の時間確保が必須であると感じた。

「内容の理解」に関して、高校生らは、高校の「生物」で分子生物学的な内容については学習しているが、実験結果と知識を結び付けて考えることが難しいようであった。そのため、今回行ったように、実験前の分子生物学に関する講義は必要であると感じた。アンケート結果からも分かるように、彼らは今回の実験内容に興味を持ち、全体的に満足していたようであった。これは、理科学科が好きな参加者が多く、実験に対する意欲が高かったことが一番の要因だろう。また、彼らの理解度の向上をねらい、実験の後に班毎のディスカッションと報告会を行ったことも高評価に繋がったのではないかと考える。

本公開実験の大きな目的は、実験を通して、分子生物学や生命科学への興味をもってもらうことと、本学科への理解と進学意欲を高めてもらうことであった。表3に示す参加した高校生からの感想をみると、これらの目的はほぼ達成できたようであった。

本実験において、大学院生はティーチングアシスタントという立場で参画した。大学院生を中心とした高大連携事業実施の報告は他にもあり、指導者と学生の両方の視点をあわせ持つという点での利点が報告されている²⁾。本公開実験において、大学院生は、事前検討以降から参画し、実施当日は指導者として参加した。これは、学内での実験実習でのティーチングアシスタント以外では初めての経験で

表3 実験後の高校生の感想

参加した高校生の感想
[学び] ・分子生物学実験がどのように行われているか分かった ・遺伝子や生命科学により興味がもてた
[関心] ・実際に実験ができてよかった ・さらに栄養学科に進学したいと思った ・今回のような実験は初めてで不安だったが楽しかった
[その他] ・長時間の実験だったがあっという間だった ・課題が成功して達成感があった

あり、加えて、学問的な内容を直接指導する数少ない機会であった。すなわち、大学院生にとっては、自身の学習の場でもあった。今回の実験を通し、私達が学んだことは大きく分けて2つある。1つ目は、「事前準備の大切さ」である。企画段階で対象者の理解度にあわせた内容と実施時間の適正化を測ること、さらに、実験に際しての学問的な資料や実験器具・試料の確保は非常に重要である。それとあわせて、実施した際に起こり得る問題を想定して、その解決のために事前に準備を行うことが、当日のスムーズな進行と成功につながるものと感じた。2つ目は、「指導の難しさ」である。参加者の知識、意欲、雰囲気などには個人差がある。彼らに、効果的な指導を行うためには、対象者の基礎知識と需要可能な情報量に応じた説明、主体性と意欲を導き出すことが必要である。そのためには、指導者が内容を深く理解していることはもとより、それを効果的に伝えるためのコミュニケーション能力が必要であると感じた。本実験では、これらの難しさを痛感したことに加え、大学院生は自身と改めて向き合う機会となった。このように、本実験は、大学院生がティーチングアシスタントとして参加することにより、高校生へ実験の機会を提供するというだけでなく、双方の利益となる有意義なものとなった。末本らによっても、このような高大連携の取り組みが、高校生と大学院生への双方向への教育効果をもたらすことが報告されている^{2, 3)}。

今回の公開実験においては、初めての取り組みゆえの様々な苦労や、課題点も残ったが、おおむね成功を納め、参加した高校生全員が満足できたことが何よりの成果であった。最後となったが、この成果を導いた最大の要因は、参加した高校生全員が、非

常に意欲的かつ協力的に、そして主体性をもって実験に取り組んでくれたことに他ならない。

謝辞

平成 27 年度岡山県立大学保健福祉学部栄養学科の公開実験「高校生のための分子生物学実験」にご参加いただきました高校生の皆様に、心より感謝申し上げます。

文献

- 1) 仲島浩紀, 梶原篤 (2013) キャリア教育を見据えた高大連携「化学実験」体験講座の取り組み—ESR フォーラム研究会の高等学校での開催—, 奈良教育大学教育実践開発研究センター研究紀要., (22) : 255-259.
- 2) 末本哲雄, 田中清裕, 金井俊輔, 笠原茂佳, 石上歩, 池田絃美 (2007) DNA 鑑定を題材とした大学院生中心の出前授業 —企画と実施, 留意事項について—, 高等教育ジャーナル —高等教育と生涯学習—., 15 : 27-44.
- 3) 末本哲雄, 田中清裕, 金井俊輔, 笠原茂佳, 石上歩, 池田絃美 (2007) 出前授業の企画・実施がもたらす大学院生への教育効果 —学びの双方向化を目指して—, 高等教育ジャーナル —高等教育と生涯学習—., 15 : 45-60.
- 4) 野村純, 松本絵里子, 田村充子, 川島聡子, 野崎とも子 (2005) アルデヒドデヒドロゲナーゼ 2 遺伝子におけるシングルヌクレオチドポリモルフィズム検出法の実習教材化と授業実践, 千葉大学教育学部研究紀要., 53 : 359-366.

A report on molecular biological experiment for high school students at Okayama Prefectural University in 2015

IZUMI TSUKAYAMA*, YASUNORI TAKEDA*, YUKI KAWAKAMI**,
TOSHIKO SUZUKI-YAMAMOTO**

**Graduate School of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University, Soja, 719-1197, Japan.*

***Department of Nutritional Science, Okayama Prefectural University, Soja, 719-1197, Japan.*

Abstract Recently, cooperation project of high school and university education has become popular, and the various approaches are conducted in Japan. The “molecular biological experiment for high school student” was conducted in the first project of “demonstration classes for high school students” in Department of Nutritional Science of Okayama Prefectural University on August 2015. The purpose of the demonstration class is that high school students understand molecular biology more deeply, and take experiences and interests that can not be gained by learning on desk. Such demonstration class was unprecedented in our department, and we had agendas including “effectual time table”, “technical support” and “understanding of the participants to the subject matter”. Hence, we needed enough consideration about the best way to experiment beforehand. The questionnaire after the demonstration class showed high commendations on the class from the participants, and so we may achieve some positive results.

Keywords : high school-university cooperation, demonstration class, molecular biological experiment