



高等学校「生物」バイオテクノロジー分野における 既習内容の定着度調査結果の分析

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2021-11-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 榎本, 良祐, 笠原, 恵 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10132/00019954

高等学校「生物」バイオテクノロジー分野における 既習内容の定着度調査結果の分析

Analysis of Survey Results about the Degree of Retention of Learned Content in the Biotechnology Field of High School “Biology”

榎本良祐* 笠原 恵**
ENOMOTO Ryosuke KASAHARA Megumi

高等学校「生物」では、遺伝子組換え実験やPCR法等バイオテクノロジーに関連する内容がいくつか含まれている。向陽ら(2020)によると、これらの内容について実験を実施している兵庫県内の高等学校は少ないことが報告されている。そこで、教科書に記載されているバイオテクノロジーの仕組みや実験内容について、実験等で実際に体験することなく講義中心で教えられた生徒の理解度及び知識の定着度、また興味関心の高まりについて現状を把握するためアンケート調査を行った。

遺伝子組換え実験とPCR法による遺伝子の増幅技術、また、電気泳動法に関する知識の理解度と定着度について調査した問いでは、正答率50%以上の問いが全10問のうち3問のみであった。一方、バイオテクノロジーに対する興味については、「①とても興味がある」と答えた生徒と「②まあ興味がある」と答えた生徒を合わせると全体の56%であり、バイオテクノロジーに対して興味を持った生徒が多いことがわかった。また、体験してみたいバイオテクノロジーについて、遺伝子組換え実験(58%)やPCR法(42%)を挙げた生徒が多かった。講義中心の授業は生徒にバイオテクノロジーに興味を持たせ、体験してみたいと思わせることができる一方で、内容の理解度と定着度について課題があることがわかった。

キーワード：高等学校、バイオテクノロジー、定着度、興味・関心、アンケート

Key words : high school, biotechnology, retention, interest, questionnaire

1. 序

バイオテクノロジーに関する知識や技術は医療や農業、その他さまざまな分野で活用されており、新たな技術の研究・開発も日々進んでいる。これらの技術は高校生にとっても身近な科学技術の一つとして適切に理解させる必要があり、高等学校で学習する「生物」では、バイオテクノロジーに関連する内容がいくつか含まれている。中でも遺伝子組換え実験とPCR法による遺伝子の増幅技術、また、電気泳動法によるDNAの解析については各出版社より出されている高等学校「生物」のすべての教科書(浅島ら2018, 本川ら2018, 嶋田ら2018, 庄野ら2018, 吉里ら2018)に記載されており、バイオテクノロジー分野において特に重要な技術として位置づけられている。筆者はこれまで高校生にこれらの内容について教える際は講義中心で行ってきた。しかし、DNAが関わるこれらの技術について適切にイメージが掴みとれない生徒にとって、講義中心の授業は難解な内容となってしまう可能性を感じていた。適切に理解させるとともに、興味関心を高めるためには講義中心の授業では限界があるのではないかと考えている。実験を体験させることが一つの打開策ではないかと考えているが、未だ実施した経験はない。高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編理数編(文部科学

省2019)では、遺伝情報の発現と発生の単元において、「ここでは、理科の見方・考え方を働かせ、遺伝情報の発現と発生についての観察、実験などを通して、遺伝情報とその発現、発生と遺伝子発現、遺伝子を扱う技術について理解させるとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けさせ、思考力、判断力、表現力等を育成することが主なねらいである」とされており、これらの内容において観察、実験を取り入れた授業を展開することが推奨されている。しかし、兵庫県内の高等学校において、これらの内容について実験を取り入れた授業を実施している高等学校は少ないのが現状である(向陽ら2020)。そこで、バイオテクノロジー分野について講義中心の授業を受けた生徒の理解度及び知識の定着度、また興味関心について現状を把握するためアンケート調査を行った。

2. 方法

(1) アンケート

作成したアンケートを資料に示す。問1～問12まで設定した。問1～問6までは制限酵素やプラスミドベクター、DNAリガーゼのはたらきを含む遺伝子組換え技術に関する内容、問7～問9はPCR法に関する内容、問10は電気泳動法に関する内容、問11～問12はバイ

* 兵庫教育大学大学院(専門職学位課程)教育実践高度化専攻理数系教科マネジメントコース

令和3年7月16日受理

** 兵庫教育大学大学院教育実践高度化専攻理数系教科マネジメントコース 教授

オテクノロジーに関する興味関心を問う内容とした。なお、問3は複数回答問題とした。また、問12は複数回答を可能とするとともに、⑥その他()という選択肢を設け、記載されているもの以外の内容についても記入できるようにした。

(2) アンケートの実施

県立高校普通科(3年生)の理系クラス「生物」選択者36名にアンケートを配布し、実施した。生徒らはアンケート内容であるバイオテクノロジー分野について、アンケート実施日の約3か月前に学習している。また、生徒があらかじめ内容について復習してアンケートに臨むことを防ぐため、アンケートの実施や内容について事前に予告することなく行った。回収率は100%であった。

3. 結果

設問毎の結果を示す。

問1: 制限酵素の特徴に関する問いについて

正答である「④ DNAを切断する制限酵素は多数存在し、制限酵素ごとに特定の塩基配列を切断する。」を答えた生徒は17人(47%)であった。もっとも多い誤答は、「② DNAを切断する制限酵素は3種類存在し、制限酵素ごとに特定の塩基配列を切断する。」で12人(33%)であった(図1)。

問2: 遺伝子組換え実験の際に使用する制限酵素に関する問いについて

正答である「① 遺伝子組換え実験を行う際、目的の遺伝子を含むDNAの切断とベクター(プラスミド)の切断は、それぞれ同じ制限酵素を利用する。」を答えた生徒は12人(33%)であった。もっとも多い誤答は、「② 遺伝子組換え実験を行う際、目的の遺伝子を含むDNAの切断とベクター(プラスミド)の切断は、それぞれ異なる制限酵素を利用する。」で22人(61%)であった(図2)。

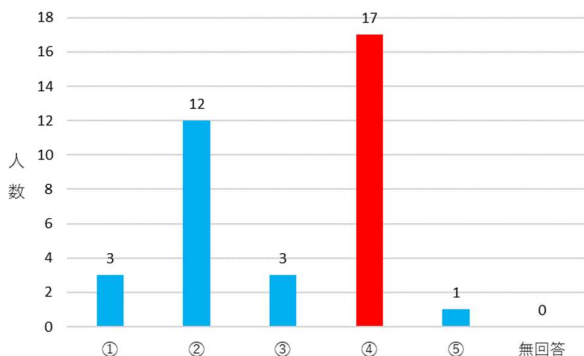


図1 制限酵素の特徴に関する問1 (正答は赤色グラフ)

- DNAを切断する制限酵素は、
- ① 1種類存在し、特定の塩基配列を切断する。
 - ② 3種類存在し、制限酵素ごとに特定の塩基配列を切断する。
 - ③ 3種類存在し、どの制限酵素も同じ塩基配列を切断する。
 - ④ 多数存在し、制限酵素ごとに特定の塩基配列を切断する。
 - ⑤ 多数存在し、どの制限酵素も同じ塩基配列を切断する。

問3: 制限酵素の認識部位に関する問いについて

正答である「②及び④」と答えた生徒は1人(3%)であった。もっとも多い誤答は、「②及び④のいずれか1つ」を選び、さらに他の選択肢を選んで答えた生徒が合わせて14人(39%)であった(図3)。

問4: プラスミドの形状に関する問いについて

正答である③を答えた生徒は31人(86%)であった。もっとも多い誤答は、「②ゲノムDNAの図」で3人(8%)であった(図4)。全体を通して、この問いの正答率ももっとも高かった。

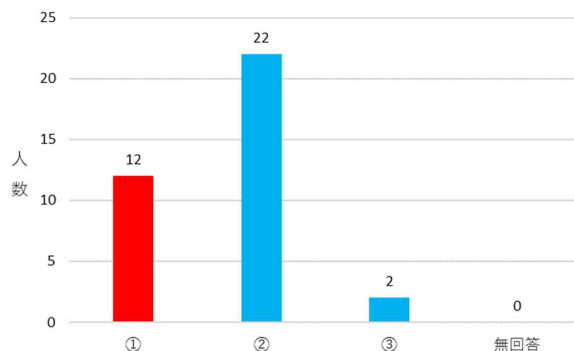


図2 遺伝子組換え実験の際に使用する制限酵素に関する問2 (正答は赤色グラフ)

遺伝子組換え実験を行う際、目的の遺伝子を含むDNAの切断とベクターの切断は、

- ① それぞれ同じ制限酵素を利用する。
- ② それぞれ異なる制限酵素を利用する。
- ③ 同じ制限酵素でも異なる制限酵素でもどちらでもよい。

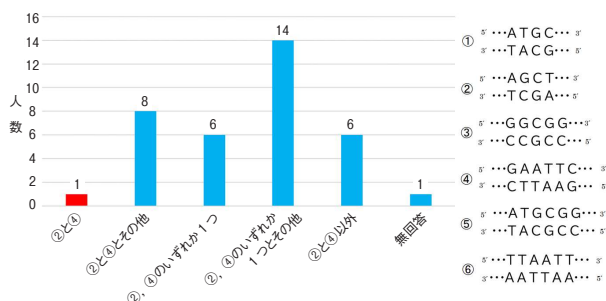


図3 制限酵素の認識部位に関する問3 (正答は赤色グラフ)

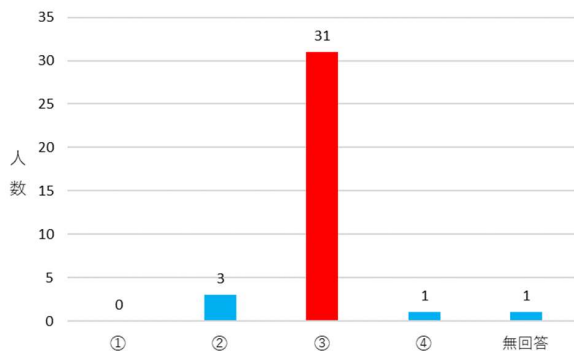
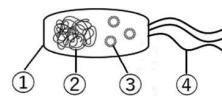


図4 プラスミドの形状に関する問4 (正答は赤色グラフ)



問5：プラスミドの制限酵素処理に関する問いについて
 正答である「③ 3本」を答えた生徒は14人(39%)であった。もっとも多い誤答は、「④ 4本」で14人(39%)であった(図5)。

問6：DNA断片とプラスミドの連結に関する問いについて

正答である「④ 切断したDNA断片をプラスミドに連結させる際に作用させる酵素はDNAリガーゼである。」を答えた生徒は16人(44%)であった。もっとも多い誤答は、「② 切断したDNA断片をプラスミドに連結させる際に作用させる酵素はDNAポリメラーゼである。」で8人(22%)であった(図6)。

問1～問6の遺伝子組換え技術に関する問い(合計6問)について、もっとも正答率の高かった問いは問4:プラスミドの形状に関する問い(86%)で、もっとも低かった問いは問3:制限酵素の認識部位に関する問い(3%)であった。正答数の割合(合計6問)について、6問(全問)正答者はいなかった。5問正答者は8%, 4問正答者は11%, 3問正答者は31%, 2問正答者は25%, 1問正答者は25%であり、すべて誤答だった生徒はいなかった。全6問のうち正答数が4問以上の生徒が19%であり、3問以下の生徒が81%であった(図7)。

問7：PCR法におけるプライマーの結合する位置に関する問いについて

正答である③を答えた生徒は20人(56%)であった。もっとも多い誤答は、④で10人(28%)であった(図8)。

問8：PCR法の手順に関する問いについて

正答である「⑤ 一般的なPCR法の手順は、(1) 95℃ヌクレオチド鎖の解離、(2) 60℃プライマーの結合、(3) 72℃DNAポリメラーゼによるDNA鎖の伸長の3つの手順を繰り返し行う。」を答えた生徒は5人(14%)であった。もっとも多い誤答は、「① 一般的なPCR法の手順は、(1) 60℃ヌクレオチド鎖の解離、(2) 72℃プライマーの結合、(3) 95℃DNAポリメラーゼによるDNA鎖の伸長の3つの手順を繰り返し行う。」で9人(25%)であった(図9)。

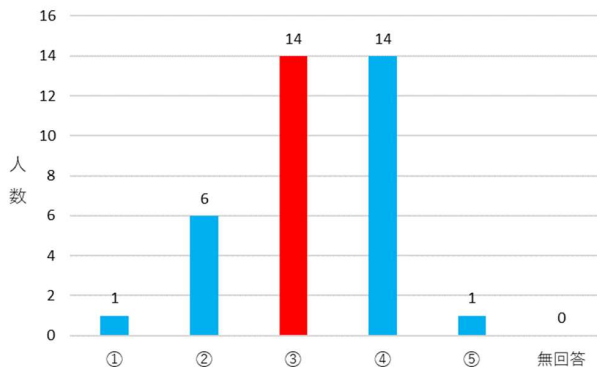


図5 プラスミドの制限酵素処理に関する問5 (正答は赤色グラフ)

① 1本 ② 2本 ③ 3本 ④ 4本 ⑤ 5本

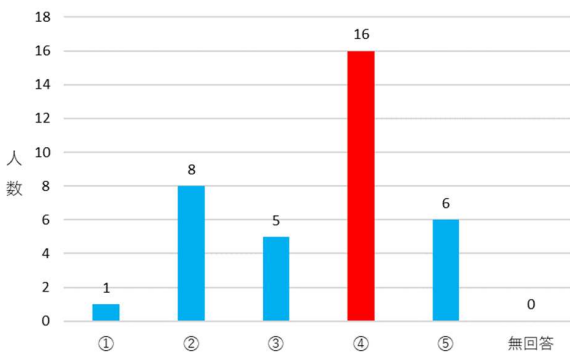


図6 DNA断片とプラスミドの連結に関する問6 (正答は赤色グラフ)

切断したDNA断片をプラスミドに連結させる際に作用させる酵素は、
 ① 制限酵素である。 ② DNAポリメラーゼである。
 ③ DNAヘリカーゼである。 ④ DNAリガーゼである。
 ⑤ RNAポリメラーゼである。

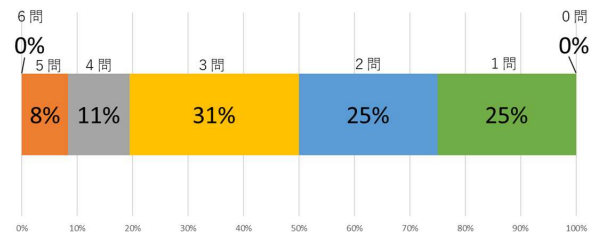


図7 遺伝子組換え技術に関する内容についての正答数の割合

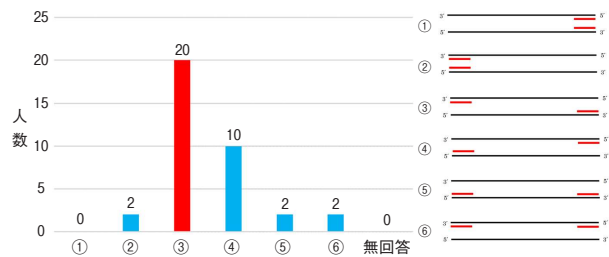


図8 PCR法におけるプライマーの結合する位置に関する問7 (正答は赤色グラフ)

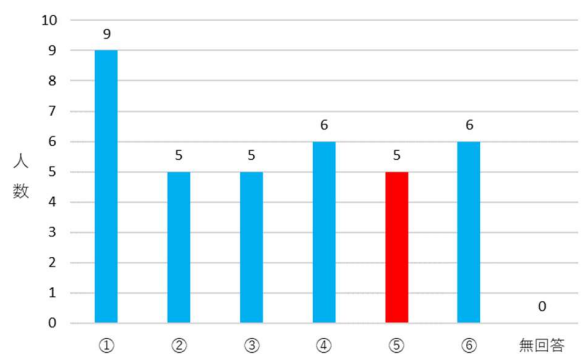


図9 PCR法の手順に関する問8 (正答は赤色グラフ)

① (1) 60℃ヌクレオチド鎖の解離、(2) 72℃プライマーの結合、(3) 95℃DNA鎖の伸長。
 ② (1) 60℃ヌクレオチド鎖の解離、(2) 95℃プライマーの結合、(3) 72℃DNA鎖の伸長。
 ③ (1) 72℃ヌクレオチド鎖の解離、(2) 60℃プライマーの結合、(3) 95℃DNA鎖の伸長。
 ④ (1) 72℃ヌクレオチド鎖の解離、(2) 95℃プライマーの結合、(3) 60℃DNA鎖の伸長。
 ⑤ (1) 95℃ヌクレオチド鎖の解離、(2) 60℃プライマーの結合、(3) 72℃DNA鎖の伸長。
 ⑥ (1) 95℃ヌクレオチド鎖の解離、(2) 72℃プライマーの結合、(3) 60℃DNA鎖の伸長。

問9: PCR法によって増幅されるDNA断片に関する問いについて

正答である「③ PCR法では、問8のサイクルを繰り返すたびに目的のDNA断片が2倍ずつ増えていく。」を答えた生徒は25人(69%)であった。もっとも多い誤答は、「② PCR法では、問8のサイクルを繰り返すたびに目的のDNA断片が2本ずつ増えていく。」で6人(17%)であった(図10)。

問7~問9のPCR法に関する問い(合計3問)について、もっとも正答率の高かった問いは問9: PCR法によって増幅されるDNA断片に関する問い(69%)で、もっとも低かった問いは問8: PCR法の手順に関する問い(14%)であった。正答数の割合(合計3問)について、3問(全問)正答者は3%, 2問正答者は47%, 1問正答者は36%であり、すべて誤答だった生徒は14%であった(図11)。

問10: 電気泳動法に関する問いについて

正答である「① 電気泳動法では、DNA鎖が負に帯電しているため陽極側へ移動する。また、長いDNA鎖ほどゆっくり移動する。」を答えた生徒は13人(36%)であった。もっとも多い誤答は、「③ 電気泳動法では、DNA鎖が正に帯電しているため陰極側へ移動する。また、長いDNA鎖ほどゆっくり移動する。」で15人(42%)であった(図12)。

問11: バイオテクノロジーに対する興味に関する問いについて

「①とても興味がある」と答えた生徒が5人(14%), 「②まあ興味がある」と答えた生徒が15人(42%), 「③ほとんど興味がない」と答えた生徒が11人(31%), 「④全く興味がない」と答えた生徒が5人(14%)であり、半数以上の生徒が「興味がある」と答えた(図13)。

問12: 体験してみたいバイオテクノロジーの実験に関する問いについて

「①遺伝子組換え」と答えた生徒が21人(58%), 「②PCR」と答えた生徒が15人(42%), 「③電気泳動」と答えた生徒が4人(11%), 「④形質転換」と答えた生徒が3人(8%), 「⑤塩基配列の解読」と答えた生徒が5人(14%)であった(図14)。

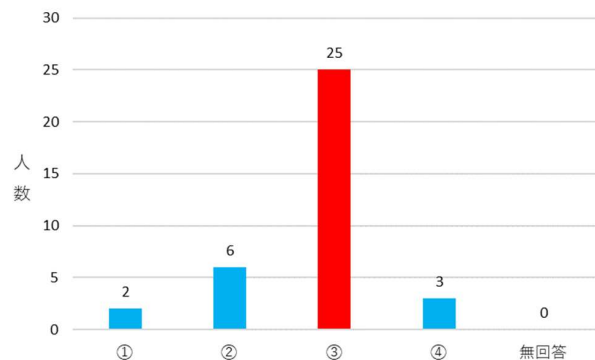


図10 PCR法によって増幅されるDNA断片に関する問9(正答は赤色グラフ)

PCR法では、問8のサイクルを繰り返すたびに目的のDNA断片が、
 ① 1本ずつ増えていく。 ② 2本ずつ増えていく。
 ③ 2倍ずつ増えていく。 ④ 4倍ずつ増えていく。

徒が5人(14%), 「⑥その他」に記入した生徒はいなかった(図14)。

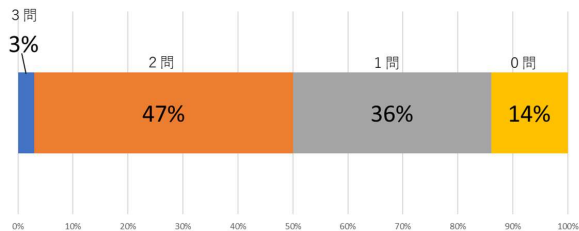


図11 PCR法に関する内容についての正答数の割合

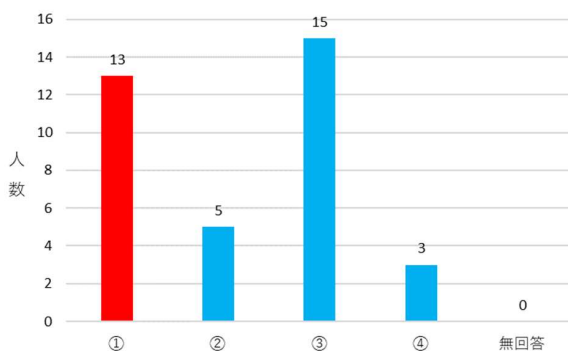


図12 電気泳動法に関する問10(正答は赤色グラフ)

① DNA鎖は負に帯電、陽極側へ移動する。長いDNA鎖ほどゆっくり移動する。
 ② DNA鎖は負に帯電、陽極側へ移動する。短いDNA鎖ほどゆっくり移動する。
 ③ DNA鎖は正に帯電、陰極側へ移動する。長いDNA鎖ほどゆっくり移動する。
 ④ DNA鎖は正に帯電、陰極側へ移動する。短いDNA鎖ほどゆっくり移動する。

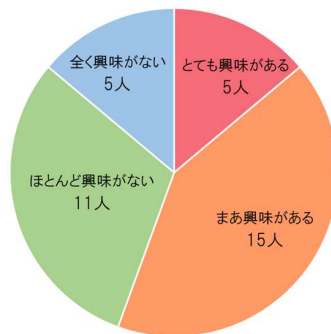


図13 バイオテクノロジーについて興味があるか(総数36人)

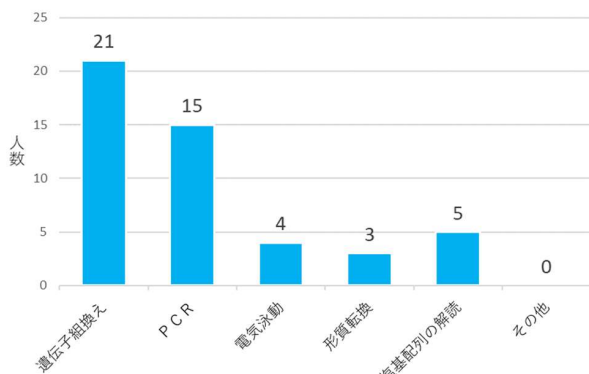


図14 体験してみたいバイオテクノロジーの実験(複数回答あり)

4. 考察

内容の理解度及び知識の定着度について調査した問1～問10について、正答率50%以上(18人以上)の問いが全10問のうち3問のみとなっており(図4, 8, 10)、今回対象とした生徒らにとって、この分野における内容の理解度や定着度に課題があることが伺える。

問1～問6までの制限酵素やプラスミドベクター、DNAリガーゼのはたらきを含む遺伝子組換え技術に関する内容について、問3(制限酵素の認識部位について)の正答率が3%(1人)と極めて低い。制限酵素が認識する塩基配列の特徴について、詳細に記載されている教科書は数研出版(嶋田ら2018)と東京書籍(浅島ら2018)の2社である。数研出版では制限酵素の認識部位について「制限酵素とよばれる酵素は、DNAの特定の塩基配列を識別してその部分を切断する。図31の例では、切断される部分の塩基配列が回転対称となっている。」と図を交えた文章で示されている。東京書籍では「制限酵素が認識する塩基配列は、DNAの2本鎖の塩基配列が同一で、並び方が互いに反対の関係になっているという特徴がある。このような塩基配列を回文配列という。」という文章と図で示されている。一方、その他の実教出版(庄野ら2018)、啓林館(本川ら2018)、第一学習社(吉里ら2018)では具体的な塩基配列の図は示してあるものの、本文においては「DNAの特定の塩基配列を認識して切断する」というような内容にとどまっている。このように、制限酵素の認識部位については「制限酵素がDNAの特定の塩基配列を認識して切断する」という理解が最も重要であり、その詳細な特徴については重要性が低く、これが問3の正答率の低さの原因であることが考えられる。なお、今回対象とした県立学校では数研出版の教科書を使用している。一方で、問4(プラスミドの形状について)は正答率が86%(31人)となっており、大腸菌内部に存在するプラスミドについて、適切に理解し、知識を定着させている生徒が多いことがわかった。それ以外の問いについて、問1(制限酵素の特徴について)では正答率が47%(17人)、問2(遺伝子組換え実験の際に使用する制限酵素について)では正答率が33%(12人)、問5(プラスミドの制限酵素処理について)では正答率が39%(14人)、問6(DNA断片とプラスミドの連結について)では正答率が44%(16人)であり、いずれも正答率が50%以下となっている。これらの結果から、遺伝子組換えに関わる酵素やその作用について、適切な理解及び知識の定着ができていない生徒が多いことがわかった。

問7～問9のPCR法に関する内容について、問8(PCR法の手順について)では、正答率が14%(5人)であり、残りの86%(31人)の生徒がPCR法の手順について理解できていないことがわかった。これは、講義中心の授業では実験操作の手順について理論のみを学ぶことになり、実感を伴った理解につながらないためであると考えられる。問7(プライマーの結合する位置について)では、正答率が56%(20人)、問9(PCR法

によって増幅されるDNA断片について)では、正答率が69%(25人)であり、これらの内容については適切に理解し、知識が定着している生徒が多いことがわかった。

問10(電気泳動法について)では、「DNA鎖が正に帯電している」という文章を含む③と④を選んだ生徒が合計50%(18人)おり、DNAの基本的な特徴について理解できていない生徒が多いことがわかった。一方で、「長いDNA鎖ほどゆっくり移動する」という文章を含む①と③を選んだ生徒は合計78%(28人)おり、電気泳動法によるDNA断片の動きについては適切に理解し、知識が定着している生徒が多いことがわかった。

問11(バイオテクノロジーに対する興味について)では、「①とても興味がある」と答えた生徒と「②まあ興味がある」と答えた生徒を合わせると56%(20人)であり、バイオテクノロジーに対して興味を持った生徒が多いことがわかった。また、問12(体験してみたいバイオテクノロジーについて)では、「①遺伝子組換え」が58%(21人)で最も多く、次いで「②PCR」が42%(15人)という結果であった。これは、生徒が知っている技術や耳にしたことがある技術を実際に体験してみたいという気持ちが表れているのかもしれない。例えば、「遺伝子組換え」については中学校理科の教科書「未来へ広がるサイエンス3. 啓林館」(塚田ら2016)に記載されている。また、「PCR」については新型コロナウイルスの検査法に用いられていることから、日常的な用語として用いられている。

今回の調査結果から、講義中心の授業はバイオテクノロジーに対する生徒の興味関心を高める一方で、代表的な技術である遺伝子組換え実験やPCR法、また電気泳動法に関する適切な理解と知識の定着については課題があることがわかった。これらの課題を解決するための手段としてバイオテクノロジー関連の実験を授業に導入することが挙げられる。今後、検討していきたい。

5. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、調査にご協力いただいた方々に厚くお礼申し上げます。

6. 引用文献

- 浅島誠 他27名(2018)改訂生物. 東京書籍.
平成29年検定.
向陽康人・山本将也・笠原恵(2020)兵庫県高等学校における分子生物学実験の実態に関する一考察:アンケート結果から見たこと. 兵庫教育大学学校教育学研究33:121-128.
文部科学省(2019)高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編理数編. 実教出版.
本川達雄 他17名(2018)生物改訂版. 啓林館.
平成29年検定.
嶋田正和 他22名(2018)改訂版生物. 数研出版.

