

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

A Study on the Actual Conditions of Molecular Biology Experiments at High Schools in Hyogo Prefecture: What We Can Be Seen from Questionnaire Results

向陽 康人* 山本 将也** 笠原 恵***
HINATA Yasuhito YAMAMOTO Masaya KASAHARA Megumi

高等学校で学習する「生物基礎」・「生物」では、分子生物学的な内容について、「生物Ⅰ」・「生物Ⅱ」よりも詳細に学習するようになってきている。しかし、教科書に掲載されているような分子生物学的な実験は、器材や予算など様々な要因が継続的な実験の実施を困難にしていると思われる。そこで、これらの実験の実施状況の把握と、実験を行う際の問題点を調べる目的で、兵庫県高等学校教育研究会生物部会総会及び研修会に参加した教員に対しアンケートを行った。

今回行ったアンケートでは、バイオテクノロジーに関する実験の必要性について、「実験を行う必要がある」、「どちらかといえば必要である」という回答が合わせて80%を超えていた。しかし、「実験を行っている」と答えた教員は23%と少なかった。「実験を行っていない」と答えた教員からは、「予算が足りない」、「実験機器や試薬がない」、「授業時間が足りない」といった理由が挙げられた。つまり、「生物」の各教科書に記載されている実験方法を、少ない予算でより簡略に実施することができ、様々な問題点を解決できれば実験を実施できる教員が増えると考えられる。また、実施したい実験として多かった順に、電気泳動、PCR、大腸菌の形質転換、DNA組換えが挙げられたため、今後はこれらの実験についての教材開発の必要性がある。

キーワード：高等学校, 兵庫県, 分子生物学実験, 実態調査, アンケート

Key words : high school, Hyogo prefecture, molecular biology experiment, actual condition survey, questionnaire

1. 序

バイオテクノロジーの発展に伴い、現在の高等学校で学習する「生物基礎」・「生物」では、平成24年以前に学習していた「生物Ⅰ」・「生物Ⅱ」と比べて詳細なDNA複製のしくみ、遺伝子発現のしくみ、PCR法、シーケンスなどの内容が増加しており、DNAや遺伝子についての内容を学習する機会が増えている（文部科学省1999, 2009）。また、バイオテクノロジーの知識や手法は、生物学の研究だけでなく、実社会においても重要なものとなってきている。しかし、これらの内容は目に見えない現象を扱っているため、講義中心の授業だけでは高校生にとって深い理解が得られにくい可能性がある。そのため、高校生がこれらの学習に対し興味関心を持って深い学びを達成するためには、講義に加えて実験の実施が必要となると考えられる。貝沼ら（2003）によれば、中・高校生に対し組換え遺伝子を用いた実験を体験させたところ、生徒の理解度や興味関心の向上が見られたことが報告されている。さらに、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2018）でも、遺伝情報の発現と発生の単元において、「遺伝情報の発現と発生について、観察、実験などを通して探究し、遺伝子発現の調節の特徴を見いだして表現すること」、「遺伝子を扱う技術については、制限酵素、ベクター及び遺

伝子の増幅技術に触れること。それらが実際にどのような用いられているかについても触れること」とされており、これらの実験を行うことが推奨されている。また、各出版社より出されている「生物」の教科書では手動PCR、大腸菌の形質転換、制限酵素によるDNAの切断、電気泳動などの実験が紹介されている。これらをまとめたのが表1である。筆者も過去に大腸菌の形質転換に関する実験を行ったことがあるが、そのとき実験を行った生徒の学習意欲が高くなった経験がある。しかし、筆者自身も前述の大腸菌の形質転換の実験を一度行ったのみで、その際も準備の煩雑さやキットの価格の高さがネックとなり継続的な実験の実施が難しいと感じた。

表1 各出版社の「生物」の教科書に掲載されている実験
○は掲載されている実験、×は掲載されていない実験を示す。

	東京書籍	第一学習社	数研出版	実教出版	啓林館
大腸菌の形質転換	○	×	○	○	○
遺伝子の発現調節	○	○	○	○	○
DNA切断と電気泳動	×	○	×	○	○
塩基配列を読む	○	×	○	○	×
PCR法(手動を含む)	×	○	○	×	×
試験管内での転写と翻訳実験	×	×	×	×	○

*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2年7月2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 助教

***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

そこで、これらの実験の実施状況の把握と実験を行う際の問題点を調べるために、兵庫県高等学校教育研究会生物部会総会及び研修会に参加した教員に対しアンケートを行った。

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14まで設定し、各高等学校における使用教科書や年間予算、設備等の状況や、バイオテクノロジーに関する実験の実施状況を調査する内容とした。また、問6～問12は複数回答可とした。

(2) アンケートの実施

兵庫県高等学校教育研究会生物部会へ依頼、承認を受けた後、2019年7月3日に兵庫教育大学にて開催された「兵庫県高等学校教育研究会生物部会総会及び研修会」において、参加した教員83名に対して口頭で趣旨を説明しアンケート用紙を配布した。研究協力の同意を得た教員からアンケートを回収し、その結果57名の回答を得た（回収率68.7%）。

3. 結果

教員の勤務校の実態について、全日制高等学校に勤務する教員が93%（52人）、定時制高等学校に勤務する教員が5%（3人）、通信制高等学校に勤務する教員が2%（1人）であった（図1）。また、未回答が1人だった。設置されている学科では普通科の高等学校に勤務する教員が49人、農業科の高等学校に勤務する教員が1人、工業科の高等学校に勤務する教員が4人、商業科・理数科・総合学科の高等学校に勤務する教員がそれぞれ3人、その他学科の高等学校に勤務する教員が5人であった。なお、その他の学科には国際科、海洋学科、国際探究科が含まれていた。また、複数の学科を有する学校もあるため各学科の合計は68となっており57を超えている（図2）。

教員の職歴について、職歴が5年未満の人が14%（8人）、5～10年未満の人が30%（17人）、10～15年未満の人が21%（12人）、15～20年未満の人が7%（4人）、20年以上の人が28%（16人）であった（図3）。

使用教科書の出版社について、「生物基礎」は、使用が多い順に数研出版が52%（29人）、東京書籍が18%（10人）、第一学習社が14%（8人）、啓林館が9%（5人）、実教出版が7%（4人）であった（図4）。未回答は1人だった。また、「生物」は使用が多い順に数研出版が54%（27人）、東京書籍が18%（9人）、啓林館が12%（6人）、第一学習社が10%（5人）、実教出版が6%（3人）であった（図5）。未回答は7人だった。

年間予算について、1万円未満と答えた人が8人、1～2万円未満と答えた人が14人、2～3万円未満と答えた人が9人、3～5万円未満と答えた人が8人、5万円以上と答えた人が11人であった（図6）。また、未回答が7人だった。

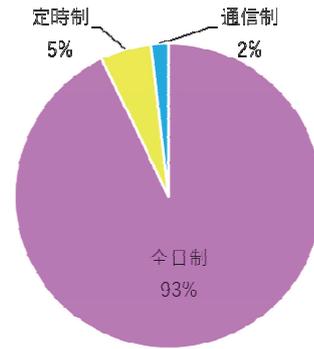


図1 勤務校の状況 A（総数 56 人）

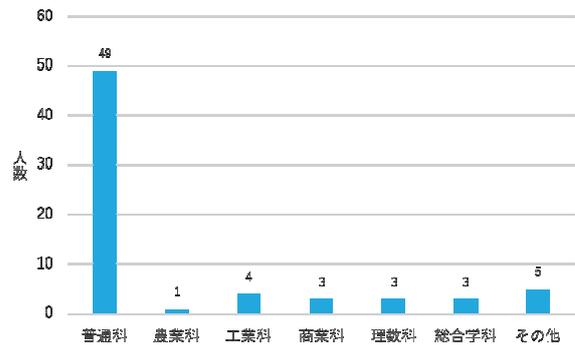


図2 勤務校の状況 B

複数の学科を有する高等学校があるため、合計が57を超えている。

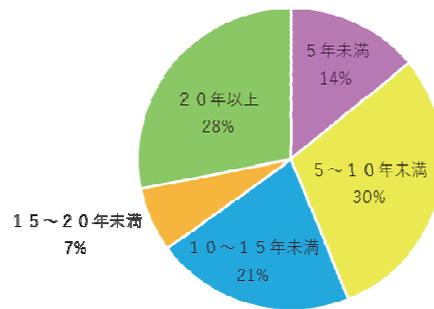


図3 職歴（総数 57 人）

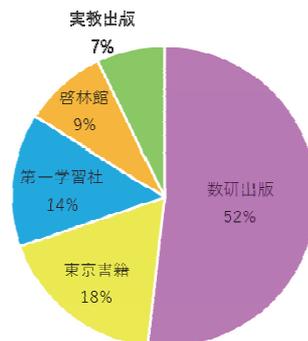


図4 使用教科書「生物基礎」（総数 56 人）

バイオテクノロジー実験の必要性について、必要であると答えた人が33% (17人)、どちらかといえば必要であると答えた人が51% (26人)、あまり必要でないと答えた人が14% (7人)、必要でないと答えた人が2% (1人)であった(図7)。未回答は6人だった。また、「必要」と答えた人から「体験すれば理解が深まる」、「技術的にも新しい内容になるので、簡易実験で技術の素晴らしさを体験させたい」、「ゲノム編集などの技術が身近になっており、実際に一部を体験させたい」といった意見があった。「必要でない」と答えた人からは「費用がかかる、時間がかかる」、「高等学校では幅広い分野の基礎を身につけさせるべきである」、「もっと基本的な実験をさせたい」といった意見があった。さらに、「必要」と答えていても、「行いたい、そもそもの設備、器具が足りない」といった意見も見られた。

実施しているバイオテクノロジーの実験について、大腸菌の形質転換を行っていると答えた人が7人、DNAの切断と答えた人が8人、電気泳動、PCRと答えた人がそれぞれ11人、その他と答えた人が2人、行っていないと答えた人が42人であった(図8)。なお、この問いは複数回答ありのため、実験を行っている人は複数の実験を行っていることが多く、実験を行っていると答えた人は13人であった。その他ではSDS-PAGE、シーケンス、DNA抽出が挙げられていた。

実験を行わない理由について、多かった順に挙げると、「実験機がない」(30人)、「授業時間が足りない」(23人)、「実験に使う試薬がない」(23人)、「予算が足りない」(14人)、「生徒に行わせるのには不安がある」(12人)、「実験のやり方が分からない」(5人)、「その他」(4人)であった(図9)。その他には「定時制工業科のため「生物基礎」・「生物」の授業がない」、「勤務1年目で実情が分からない」などが挙げられていた。

各学校にある実験設備について、多かった順に挙げると、電子レンジ(41人)、インキュベーター(35人)、遠心機(23人)、マイクロピペット(23人)、オートクレーブ(23人)、フリーザー(22人)、電気泳動装置(17人)、クリーンベンチ(16人)、トランスイルミネーター(10人)、恒温振とう機(9人)であった(図10)。

大腸菌の形質転換を困難にする要因について、多かった順に挙げると、プラスミドの入手方法(27人)、大腸菌の入手方法(25人)、使用する実験機器(24人)、コンピテントセルの入手方法または作製(22人)、キットの価格(22人)、滅菌したプレートの作り方(16人)、使用する試薬(15人)、実験方法(12人)、課題設定(12人)、考察の難しさ(11人)、その他(11人)であった(図11)。その他では「実験を導入するまでの心理的・物理的ハードルが高い」、「授業準備の時間が全く足りない」、「無菌操作ができる状況がない」、「教員の経験不足」などが挙げられていた。

PCRを困難にする要因について、多かった順に挙げると、使用する実験機器(32人)、キットの価格(26人)、プライマーの入手方法(24人)、プライマーの設計(23

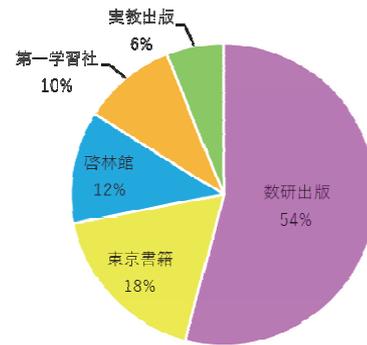


図5 使用教科書「生物」(総数 50人)

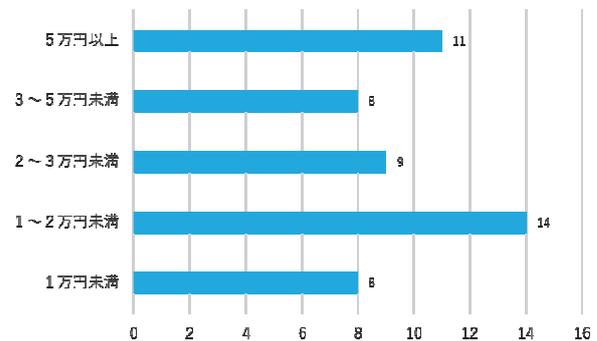


図6 年間予算

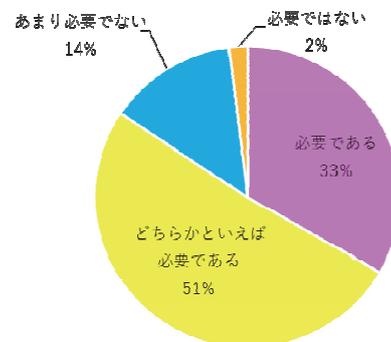


図7 バイオテクノロジーに関する実験は必要か(総数 51人)

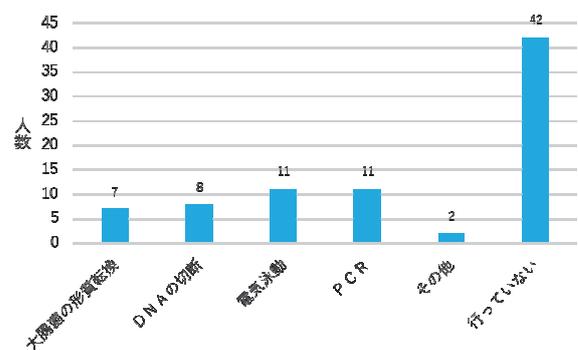


図8 行っているバイオテクノロジーの実験(複数回答あり)

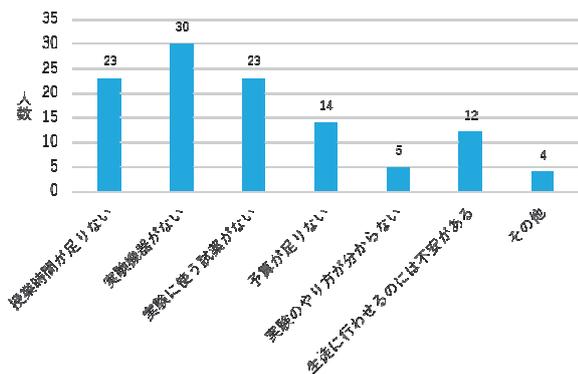


図9 実験を行わない理由 (複数回答あり)

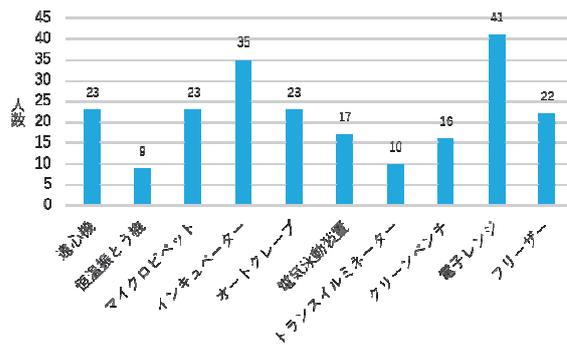


図10 学校にある実験設備 (複数回答あり)

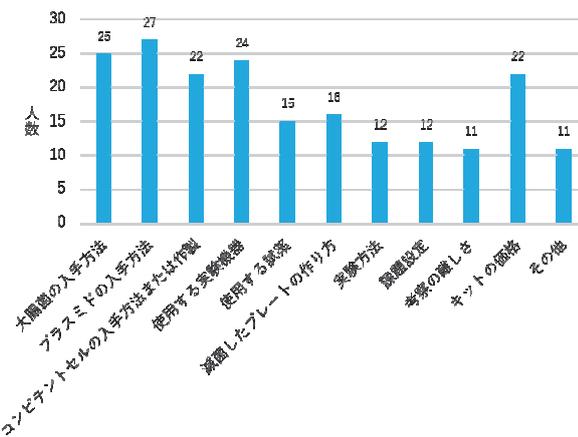


図11 大腸菌の形質転換実験を困難にする要因 (複数回答あり)

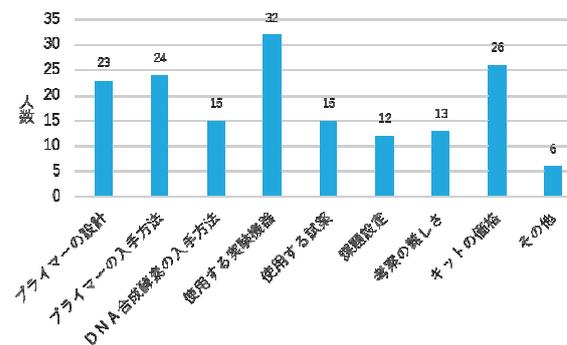


図12 PCRを困難にする要因 (複数回答あり)

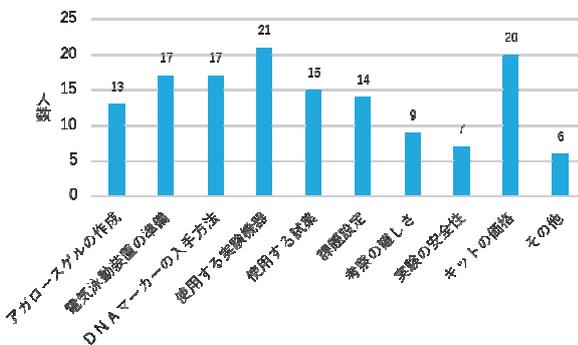


図13 電気泳動を困難にする要因 (複数回答あり)

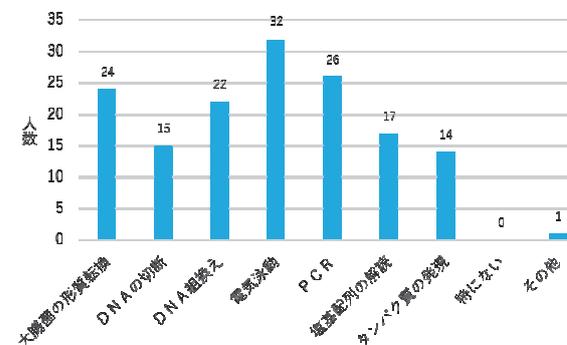


図14 行いたいバイオテクノロジーの実験 (複数回答あり)

人), DNA 合成酵素の入手方法 (15 人), 使用する試薬 (15 人), 考察の難しさ (13 人), 課題設定 (12 人), その他 (6 人) であった (図 12)。その他では「PCR は他の付随で行うもので単独で行う必要がない」, 「得られる成果が少ない」, 「教員の意欲や時間のなさ」などが挙げられていた。

電気泳動を困難にする要因について, 多かった順に挙げると, 使用する実験機器 (21 人), キットの価格 (20 人), 電気泳動装置の準備 (17 人), DNA マーカーの入手方法 (17 人), 使用する試薬 (15 人), 課題設定 (14 人), アガロースゲルの作成 (13 人), 考察の難しさ (9 人), 実験の安全性 (7 人), その他 (6 人) であった (図 13)。その他では「安全な DNA 染色薬品の価格が高い」,

「生徒の人数によっては教員一人では目を配り切れない」などが挙げられていた。

行いたいバイオテクノロジーの実験について, 多かった順に挙げると, 電気泳動 (32 人), PCR (26 人), 大腸菌の形質転換 (24 人), DNA 組換え (22 人), 塩基配列の解読 (17 人), DNA の切断 (15 人), タンパク質の発現 (14 人), その他 (1 人), 特にない (0 人) であった (図 14)。その他では「mRNA 解析、環境 DNA 測定とハプロタイプ解読」が挙げられていた。

バイオテクノロジーの実験を通して探究したい課題について, 「植物の系統解析」, 「生徒の興味や研究の必要性に応じて」, 「環境 DNA について」, 「生徒自身の体

質（アルコール代謝に関わる遺伝子の同定など）、「集団遺伝学的解析」などが挙げられていた（表2）。

バイオテクノロジーの実験について思うところがあればお書きくださいという質問について、「生命の設計図であるが、DNAを扱うとどうしても細胞をすりつぶしたり砕いたりする必要があり、生命現象でなく物質を扱うようになり「生物」を見られなくなりそう」、「自分自身は大学・大学院で扱ってきたが、全高校生がふれる必要はないと考えている」、「実験器具や試薬の入手もだが、教員に実験をするノウハウが少ない気がする」、「内容も難しく、生徒に考察させにくいものが多い気がする」、「行いたい、何にせよPCR、恒温器が必要で高い、難しい」、「実験機器が高額で時間がかかるため、通常の授業内では難しい」、「時間がかかる実験（最大100分以内におさまらない実験）は行いにくい」、「で

きるだけ簡単に行うことができ、結果が分かりやすい（難しい内容ではない）と、どの高校でも取り組みやすいと思う」、「バイオテクノロジーに限らず、地域のSSH校等の施設等を利用して、学校の得意分野を生かした学校共同実験会を持つのがよいと思う」といった意見が見られた（表3）。

4. 考察

(1) アンケート結果の分析

今回行ったアンケートは学校名の記入を求めているため、回答した教員の学校の重複について正確に把握することはできなかった。また、兵庫県内にはスーパーサイエンスハイスクール（SSH）指定校が11校あるが、今回のアンケートでは、学科の記述等から少なくとも2校の回答が得られたと思われる。SSH校の回答では、

表2 質問13で得られた回答の一覧
原文のままを記載している。

- ・植物の系統解析。
- ・生徒の興味や研究の必要性に応じて。
- ・環境DNAについて。
- ・生徒自身の体質（アルコール代謝に関わる遺伝子の同定など）。
- ・集団遺伝学的解析（絶滅危惧種の個体群構造から保全策を考える等）。
- ・バイオテクノロジーというより普通にDNAをあつかった生物実験の1つと考えてよいと思います。電気泳動やPCRも手段として使っていると考えています。顕微鏡で小さなものを観察するように顕微鏡の使い方を学ぶのと同じであると考えています。
- ・生物の系統調査。
- ・遺伝子組換え技術との付き合い方。
- ・酵母の研究（パン作り、酒作り等）。
- ・野外生物の集団遺伝学的解析により、集団構造の推定。兵庫県下の生物多様性、とくに遺伝的多様性について現状を記録しておきたい。大学の研究者よりも、県内の生物部会やひとはくや兵教大の研究室を中心としてある程度長期的な計画をたてて組織的に進めていくことが望まれる。

表3 質問14で得られた回答の一覧
原文のままを記載している。

- ・学校によって器具が不十分な所がある。予算が足りない。授業時間がタイトすぎる時間がない。高校でできるのも必要だが、研究施設で行うことも生徒の意欲を高める上では効果があるかとも思います。
- ・大学などの協力が必要。
- ・実験の意義を十分に生徒に説明することを忘れないでほしい（倫理面の教育）。
- ・行いたい、何にせよPCRが必要・恒温器が必要・高い。難しいです…。
- ・生命の設計図であるが、DNAを扱うとどうしても細胞をすりつぶしたり砕いたりする必要があり、生命現象でなく物質を扱うようになり「生物」を見られなくなりそうです。自分自身が大学・大学院で扱ってきたが全高校生がふれる必要はないと考えています。
- ・身近な現象と関わりのあるような実験であればやりたいが、高校で扱うには難しい内容に思う。
- ・実験器具や試薬の入手もですが、教員に実験をするノウハウが少ない気がします。また内容も難しく、生徒に考察させにくいものが多い気がします。
- ・教員自身の研修の充実（操作方法、指導方法等）。
- ・学校により設備に差があるため、機器のレンタルなどができればもっと実施できる回数が増えると思います。
- ・器具がそろっている学校でしか行えない実験なので、低価格でレンタルできる仕組みがあればと思います（ただ、器具によっては輸送の面で難しいものもあるのですべての学校でおこなおうとするのは現実的ではないですが）。
- ・費用も手間もかかります。各校で実施するよりも地域に集約して1箇所（OC又は体験として）設定して、生徒が出向く形の方が効率良いと考えます。希望者、志願者を募る形でOCの方が自分としては都合が良いと思います。
- ・若い人は得意な人も多いと思います。ぜひチャレンジしてもらいたいです。
- ・実験機器が高額。時間がかかるため、通常の授業内では難しい。
- ・PCR、電気泳動は、ある目的のために用いる手段であり、そこで得られる結果を使って次の実験につなげていく、1ステップにすぎない。その1ステップのみを授業で取り扱うことに意味があるのかどうか疑問が残ります。
- ・時間がかかる実験（最大100分以内におさまらない実験）は行いにくい。実験器具が高額のものは数年に分けて購入しなければならず、実験器具がある程度そろっている場合でないと、すぐには行えない。「目で見て何かがすぐわかる」ような内容でない場合、生徒は「実験をした」ことはわかって、「実験の意図・目的」まで理解できにくい。バイオテクノロジーの実験はそのところが教える側としては難しい（進学校の生徒はわかるだろうが、他は…?）。若手の教員は取り組めるだろうが、年配の教員の一部には教えることも実験することも難しい方がいる（ごく一部だろうが）。その人たちをどう巻きこんで実験できる状況に持ち込むのかも課題。
- ・できるだけ簡単に行うことができ、結果が分かりやすい（難しい内容ではない）とどの高校でも取り組みやすいと思います。
- ・バイオテクノロジーに限らず、地域のSSH校等の施設等を利用して、学校の得意分野を生かした学校共同実験会を持つのがよいと思います。生物部の交流をすすめていく必要があると思います。
- ・機器、薬品が高価なので何らかの予算が必要である。

バイオテクノロジー実験が行われており、予算も5万円以上で実験機器も整っていた。

バイオテクノロジー実験の必要性についての質問に対して、「実験を行う必要がある」という回答が80%を超えていた。しかし、「実験を行っている」と答えた教員は13人(23%)と少なかった。実験を行っている人と予算の関係を調べると、「5万円以上」と回答した人が6人(46%)、「3～5万円未満」が3人(23%)、残りがそれぞれ1人ずつであり(未回答1人)、予算の多い学校ほど実験を行っている傾向が見られた。また、実験に必要な試薬等の消耗品にかかる予算を試算したところ、数研出版「改訂版生物」に記載されている大腸菌の遺伝子組換え実験では4万円程度(実験班当たりでは1400円程度)かかり、第一学習社「改訂高等学校生物」に記載されているPCR法を用いたイネの品種判別では8万円程度(実験班当たりでは2000円程度)かかることが分かった。このため、試薬等を購入するだけでも少なくとも数万円の予算が必要となる。さらに、予算が3万円以上ありながらも、実験ができていないと回答した10人について実験ができない理由(複数回答あり)を調べたところ、「授業時間が足りない」と回答した人が7人、「実験機器がない」が6人、「実験に使う試薬がない」が4人、「実験のやり方が分からない」が1人であった。これより、予算があっても実験をする時間や実験機器・試薬がないといったことから実験が行えないことが分かった。このような内容は、バイオテクノロジーの実験について思うところがあればお書きくださいという質問の回答でも見られた。以上のように、「予算が足りない」、「実験機器や試薬がない」、「授業時間が足りない」といったことが実験の実施を妨げる要因であることが明らかになった。よって、生物の各教科書に記載されている実験方法を改良し、アンケートで挙げられた問題点を解決できれば実験を実施できる教員が増えると考えられる。また、行いたいバイオテクノロジーの実験については、多い順に電気泳動、PCR、大腸菌の形質転換、DNA組換えが挙げられていたため、今後はこれらの実験についての教材開発の必要性がある。

(2) 過去のアンケートとの比較

本研究では、2019年度に各高等学校における年間予算や実験設備の状況について調査した。この内容については、笠原らにより2002年～2005年にかけて58名について調査している(表4)。およそ15年前と現在ではそれらの状況がどのように変化しているか比較した。ただし、今回の結果と過去の結果は同一の高等学校、教員に対する調査ではない。

まず年間予算について比較した(図15)。2002年～2005年では予算が5万円以上と答えたものが85%であったのに対し、2019年では予算が5万円以上と答えたものが22%と大幅な減少が見られた。また、それぞれで最も回答の多かった予算は、2002年～2005年では10万～20万円未満の13人、2019年では1～2万円未満

の14人だった。このことから、各校における予算は15年前よりかなり減っていることが考えられる。

次に実験設備について比較した(笠原ら2007)(図16)。各実験機器の設置状況は、オートクレーブ、クリーンベンチを除いて15年前よりも増加している傾向がみられる。また、電子レンジやインキュベーターは多くの学校にあることが分かった。これらはアガロースゲルの作製や、大腸菌の培養等に使用できるため、ぜひ実験に活用したいと考える。

さらに、2002年～2005年のアンケートでは組換えDNA実験を実施できない理由を聞いており、理由として多い順に「設備面の問題(36%)」、「予算の問題(24%)」、「授業時間の問題(22%)」が挙げられていた。この結果は今回のものと同様であり、兵庫県では15年前から現在に至るまで同じ問題を抱えたまま未だ解決されていないことが明らかとなった。

表4 生物科の年間予算

2002年～2005年における58人に対するアンケート調査より作成

金額	人数
5万円未満	5人
5万～10万円未満	10人
10万～20万円未満	13人
20万～100万未満	2人
100万以上	3人
未回答	25人
合計	58人

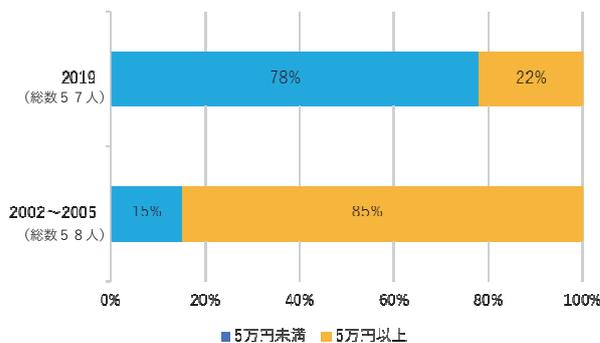


図15 年間予算の比較

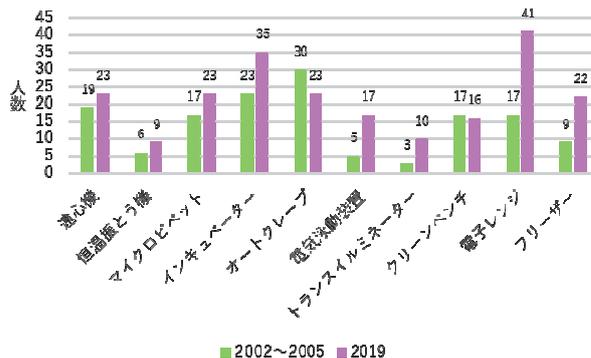


図16 実験設備の比較(複数回答あり)

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兵庫県高等学校の先生方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.
- 貝沼喜兵・斉藤淳一・原田和雄・小林興 (2003) 中・高校生を対象とした組換え DNA 実験に対する生徒の理解度と体験学習の意義. 科学教育研究 27 (3):212-222.
- 笠原恵・西山侑希・小河基子・吉岡秀文・渥美茂明 (2007) 教育目的組換え DNA 実験に関する教材開発研究. 兵庫教育大学教科教育学会紀要 20:1-8.
- 本川達雄 他 17 名 (2018) 生物改訂版. 啓林館. 平成 29 年検定.
- 文部科学省 (1999) 高等学校学習指導要領解説理科編理数編. 大日本図書.
- 文部科学省 (2009) 高等学校学習指導要領理科編. 東山書房.
- 文部科学省 (2018) 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.
- 嶋田正和 他 22 名 (2018) 改訂版生物. 数研出版. 平成 29 年検定.
- 庄野邦彦 他 19 名 (2018) 生物新訂版. 実教出版. 平成 29 年検定.
- 吉里勝利 他 20 名 (2018) 高等学校改訂生物. 第一学習社. 平成 29 年検定.

資料 アンケート用紙

高等学校生物部会の先生方へのアンケート調査

【生物学指導要領では単元「遺伝情報の発現と学生」において、「遺伝情報の発現と学生について、観察、実験などを通して探究し、遺伝子発現の調節の機構を明らかにすること」とあります。今回のアンケートはこのことに関する実験がどの程度、高等学校の現場で実施されているのかを把握する目的で行います。ご協力をお願いします。】

兵庫教育大学 教育高度化専攻 理数系教科マネジメントコース 生物学教室

以下当てはまる番号に○をつけてください

- 1 勤務校の状況を教えてください。
 - A ①全日制 ②定時制 ③通信制
 - B ①普通科 ②農業科 ③工業科 ④商業科 ⑤理数科 ⑥総合学科 ⑦その他 ()
- 2 あなたの職歴を教えてください。
 - ①5年未満 ②5～10年未満 ③10～15年未満 ④15～20年未満 ⑤20年以上
- 3 貴校で使用している生物基礎・生物の教科書の出版社は以下のうちどれですか？
 - 生物基礎 ①東京書籍 ②第一学習社 ③啓林館 ④実教出版 ⑤数研出版
 - 生物 ①東京書籍 ②第一学習社 ③啓林館 ④実教出版 ⑤数研出版
- 4 貴校で生物の実験に利用できる予算は年間いくらくらいですか？
 - ①1万円未満 ②1～2万円未満 ③2～3万円未満 ④3～5万円未満 ⑤5万円以上
- 5 バイオテクノロジーに関する実験は生徒に必要であると思いますか？またその理由をお聞かせください。
 - ①必要である ②どちらかといえば必要である ③あまり必要ではない ④必要ではない
 理由 []
- 6 貴校では、バイオテクノロジーに関する以下の実験を行っていますか？(複数回答可)
 - ①大腸菌の形質転換 ②DNAの切断 ③電気泳動 ④PCR ⑤行っていない
 - ⑥その他 ()
- 7 6で⑤行っていないと答えられた方のみその理由をお答えください。(複数回答可)
 - ①授業時間が足りない ②実験機材がない ③実験に使う試薬がない ④予算が足りない
 - ⑤実験のやり方が分からない ⑥生徒が行わせるのには不安がある
 - ⑦その他 ()
- 8 以下に示す実験設備の中で、貴校にあるものをお答えください。(複数回答可)
 - ①遠心機 ②恒温振とう機 ③マイクロピペット ④インキュベーター (恒温器)
 - ⑤オートクレーブ ⑥電気泳動装置 ⑦トランスイルミネーター ⑧クリーンベンチ
 - ⑨電子レンジ ⑩フリーザー
- 9 太陽菌の形質転換実験を実施する場合、実施を困難にしている要因は何だと思いますか？(複数回答可)
 - ①太陽菌の入手方法 ②プラスミドの入手方法 ③コンピテントセルの入手方法または作製
 - ④使用する実験器具 ⑤使用する試薬 ⑥滅菌したプレートへの作り方 ⑦実験方法
 - ⑧課題設定 ⑨考察の難しさ ⑩キットの価格
 - ⑪その他 ()

※アンケートは裏面にもあります。よろしくお願ひします。

- 10 PCRを実施する場合、実施を困難にしている要因は何だと思いますか？(複数回答可)
 - ①プライマーの設計 ②プライマーの入手方法 ③DNA合成酵素の入手方法 ④使用する実験器具
 - ⑤使用する試薬 ⑥課題設定 ⑦考察の難しさ ⑧キットの価格
 - ⑨その他 ()

- 11 電気泳動を実施する場合、実施を困難にしている要因は何だと思いますか？(複数回答可)
 - ①アガロースゲルの作成 ②電気泳動装置の準備 ③DNAマーカの入手方法
 - ④使用する実験器具 ⑤使用する試薬 ⑥課題設定 ⑦考察の難しさ ⑧実験の安全性
 - ⑨キットの価格
 - ⑩その他 ()

- 12 バイオテクノロジーの実験について、貴校に実験を行う条件がすべて満たされている場合、行いたい実験は以下のどれですか？(複数回答可)
 - ①大腸菌の形質転換 ②DNAの切断 ③DNA組換え ④電気泳動 ⑤PCR
 - ⑥塩基配列の解読 ⑦タンパク質の発現 ⑧特にならない
 - ⑨その他 ()

- 13 バイオテクノロジーの実験を通して探究したい課題があればお書きください。(特になければ空欄で結構です。)

[空欄]

- 14 バイオテクノロジーの実験について思うところがあればお書きください。

[空欄]

※アンケートは以上です。ご協力ありがとうございました。アンケートはお帰りの際、アンケート用紙入れにご提出ください。