

2024 年度 日産財団理科教育助成 成果報告書

テーマ：中学校理科教育における分子生物学的実験の導入

学校名：武蔵高等学校中学校

代表者：杉山 剛士

報告者：前廣 清香

全教員数： 54 名

全学級数・児童生徒数： 12 学級・ 525 名

実践研究を行う教員数： 1 名

実践研究を受けた学級数・児童生徒数： 4 学級・ 175 名

1. 研究の目的（テーマ設定の背景を含む）

昨今の科学の発展は目覚ましく、中でも生命科学・医学分野は急速な技術革新が進んでいる。また、新型コロナウイルスの世界的な流行により最新の生命科学の内容が身近となり、DNA や RNA、遺伝子や PCR 法などかつては専門家にしかなじみがなかったような語句や技術に関する様々な情報が溢れかえり、それらに対して小中学生でも容易に接近が可能となっている。一方で、例えば感染対策やワクチンなどに対するデマが流れるなど、大人であっても何が正しいのかがあやふやになるような事態が起こっている。

そこで、本研究では中学生を対象とした分子生物学的実験の手法や考え方を取り入れた授業を開発することを目的とする。分子生物学的実験の手法や考え方を導入することの効果として、1 つは例えばニュースなどで耳にしているようなあやふやな知識を正確に学び、実験を経ることでその知識を確固たるものとする事が挙げられる。また、DNA を用いた実験などといった中学校では扱うことの少ない発展的な題材に触れることで、肉眼で見ることが難しくイメージの持ちにくい対象に対しても学習者の興味関心を喚起することができる。さらに、定められた手順に従って実験を行ったり、手順の意図を理解・説明したり、実験結果や考察について生徒同士ディスカッションを行いレポートにまとめる作業を通して、論理的思考力を高めることも期待できる。関連する分子生物学的内容を調査しレポートとしてまとめながら、感染症についての基礎的な知識やワクチンなど社会課題となっている内容に触れることで、社会に対する問題意識を喚起することまでを射程に入れたと考えている。

2. 研究にあたっての準備（機器・材料の購入、協力機関等との打合せを含む）

機器・材料の購入

- ・学内で準備、転用できるものはなるべく学内のものを使用した
- ・材料である「ブロッコリー」「鶏レバー」「メダカ」については、スーパーマーケットや専門業者ネット販売にて購入、鶏レバーは前週に行った心臓(ハツ)の解剖時にくっついてきたものを冷凍し転用した
- ・機器や器具は元々学内にあったものを使用し、それに加えてより安全性が高く、中学生でも指導をすれば扱えるものを時間をかけて調査し、購入した
- ・試薬は下記のアドバイスに従いプロト実験時から試行を重ね、最も適したものをを用いた

協力機関等との打合せ

- ・実験実施にあたって、過去に報告者が所属していた研究室等の出身者が集まる学会に事前に参加し、「手法」「試薬」「機器」「材料」「効果」等についての様々なサジェスションを得た
- ・以前参加した学会にて得られた企業との連携から、より適した機器や器具を安価で入手することができた

3. 研究の内容

本研究においては本校の中学校 2 年生を対象とした、講義と実験からなる分子生物学の授業を開発すること、および開発した授業の効果を検証するような検証法を検討し、効果を検証することを行う。

授業（実験）については主に、DNA の抽出実験、および PCR 法からなる構成とした。

1 学期には、動植物の細胞について構造から詳細に学び、その中で主に核の中に存在する DNA という物質について触れ、その物質がどのようなものか少し発展的な内容にまで踏み込むことで基礎知識を得た。またその際に関連する社会的事象の中でも分子生物学に関連すること（新型コロナウイルスや RNA ワクチン、感染を調べるために用いた PCR 法）などについても触れ、簡単なディスカッションを

表 1 授業・実験内容

回	内容	詳細
1	DNA 抽出実験	身近な材料から DNA の抽出を行う。
2	マイクロピペット練習	DNA 抽出や PCR 法で使用するマイクロピペットの操作練習を行う。
3	DNA 抽出実験 (PCR 準備)	メダカの背ビレからアルカリ溶解法を用いて DNA を抽出。PCR 用の鋳型として用いる準備を行う。
4	PCR 作業	各組マスターミックスを作製し、学年を半分に分け、88 サンプルずつ PCR を行う。
5	電気泳動	20 サンプルずつ電気泳動を行い、シグナルを撮影、データとして取得する。

行い、知識の確認とイメージの共有を行った。これにより、今後行う実験についての理解を進めることを目的とした。また細胞のつくりとの関連から DNA などについて扱うことで、よりミクロなものに対するイメージもスムーズに共有できた。

2 学期には、身近な材料（食材など）を用いて簡易な方法で DNA の抽出を行った。本実験により、重要でよく耳にしながらも言葉のみであやふやなどこか遠い存在の物質を身近に感じさせること、またこの後に続くさらに高度な実験への導入をスムーズ行うことを目的としている。さらに本実験時には、植物細胞と動物細胞から取り出される DNA の相違点について確認するというテーマも設定し、グループごとに、植物組織としては「ブロッコリー」を、動物組織としては「鶏レバー」を与え、実験手順の相違点も含め比較させながら実験を行い、結果の共有、比較、考察までを誘導した。この実験により、前述の植物細胞と動物細胞のつくりの違いと比較し、それに対して DNA が（少なくとも見かけ上）共通であるという普遍性に気づくことを目的としている。

同時に、分子生物学についてのイメージを調査するアンケートを実施した。そこでは本年度扱う予定のキーワードも挙げ、それらに対して既知であるかどうかの調査に加え、どのような内容を知っているかも記述させた。また長期休暇を利用し、今後の実験等で必要となる「DNA」「PCR」「分子生物学的キーワード 1 つ」をテーマとした調べレポートを作成させた。授業で学んだ内容に加えて知識を増やしたり定着させたりすることも 1 つの目的ではあるが、今後の実験に対するモチベーションを上げることや、生徒たちがどのような資料を用いてどのような点まで理解しようとしているかを調査することを本レポート課題では目的とした。

3 学期初めには、今後のマイクロスケールでの実験を想定し、グループで協力し合いながらマイクロピペットの操作練習を行った。これにより「マイクロリットル」の分量のイメージを正確に持たせた上で、実験器具の扱い方を学ぶと共に、これから行う実験のスケール感を実感させることが目的である。また微量なものを扱うことの難しさや、少しの誤差による結果への影響の大きさなどを考えさせ、発言させることにより、全体でも共有することができた。

その上で、3 学期は生きた試料であるメダカを利用し、尾ビレの一部を切り取り、マイクロピペットを用いながらマイクロスケールにて DNA の抽出を行った。その際に外部形態より雌雄判定を行った。これは後に続く

PCRによる遺伝的雌雄判別の結果と比較するためである。DNA抽出はアルカリ溶解法を用い、薬品の調整は前もって教員の方で行い2mLチューブに分注した状態で配布した。その後のPCR法についても全体でプロトコルを参考にしながら理解を深めた。また同時に続く実験の作業を担当する代表者を決定した。

その後、生徒一人一人がPCRチューブに自分の抽出したDNA溶液を分注し、授業外の昼休みや放課後を用いて代表者がPCRの反応液を作製し、各チューブに分注し、PCR機器（サーマルサイクラー）へセットした。PCR後の産物は教員が回収・保管し、別日に再度代表希望者が集合し、電気泳動から撮影までを行った。最も長く滞在した生徒で一日に約5時間半、自主的に実験を継続した。

全員、上記実験をまとめてレポートとして作成し、理解を深めた上で本年度のまとめとして提出させた。

最後に2学期と同様の分子生物学についての調査アンケートを実施し、イメージの変容を調べた。

4. 研究の成果と成果の測定方法

実施した授業における授業中の生徒の反応、および質問紙調査の変容について報告する。

授業中の生徒の反応については行動と記録の観察により行った。2学期に行ったDNA抽出の実験では、提出されたワークシートに「DNAは目に見えないと思っていたが、見えることを知って感動した。」「以前よりもDNAというものを身近に感じるようになった。」「こんなに簡単にDNAがとりだせるのなら、自分のも見てみたい。」といったような感想が書かれており、曖昧であったものがより身近なものとして学習者の関心が高まったことが感じ取れた。また3学期に行ったマイクロスケールでのDNA抽出とPCR実験では、普段使用しないような新しい器具を使えたことや、いつもよりも小さなスケールでの実験に緊張感と共に、本格的な生命科学実験を行っているという感覚を強く持ったようで、通常よりも高いモチベーションで挑む生徒が圧倒的に多かった。また何かをクリアしていくという中学生特有の挑戦心を刺激したようで、上手く器具を扱右ことで安定した実験ができること、そのために必要な知識や動作について、より深く慎重に考えて行動する様子が見られた。また前述した通常授業外の放課後等に行った特別授業時には、想定を遥かに超える実験作業代表希望者が続出し、何十名もの生徒が入れ替わりで協力し合いながら数時間にも及ぶ作業を行う姿が見られた。少し背伸びをすれば手が届く、理解できるという感覚は、この時期の子どもたちにとって何にも変え難い経験となるのだということに報告者自身も改めて気付かされた。

授業効果の検証については質問紙調査法を用いた。調査項目には分子生物学の印象についての項目(2項目)、および分子生物学の語句理解に対する認識の項目(12項目)を設けた。調査は一連の授業の前後に各1回実施し、前後において印象や語句理解の認識の変容を捉える。質問紙調査の結果について述べる。各質問項目について回答者の回答の変容をもとに、改善が見られたもの、変化がなかったもの、後退が見られたものの3群に分け、それぞれの回答者数を算出した。

表 2 調査項目

質問項目の概要		選択肢
印象	分子生物学の印象	「難しい」「やや難しい」「あまり難しくない」「難しくない」の4件法
	分子生物学の身近さ	「身近に感じない」「あまり身近に感じない」「やや身近に感じる」「身近に感じる」の4件法
語句理解	「DNA」「RNA」「セントラルドグマ」「染色体」「ゲノム」「遺伝子」「塩基配列」「ウイルス」「ワクチン」「PCR」についての知識、および知っていることの記述	「知らない」「意味はわからないが聞いたことはある」「知っている」の3件法

分子生物学の印象についての項目は、難しさ・身近さともに改善が見られた回答者が多くみられた(図 1)。

分子生物学の語句理解についての認識については結果が分かれた。①セントラルドグマ、ゲノム、塩基配列、PCRといったあまり一般的でない語句については過半数に改善が見られた。一方で、②DNA、遺伝子、ウイルス、ワクチンといった日常生活でも使われる項目については9割以上の回答者に変化が見られなかった(図 2)。

②の語句について具体的な記述をみると、「DNA」については事前調査では遺伝子と混同しているものや、「親から子に引き継ぐ」など情報として捉えている者が多かったが事後調査では「デオキシリボ核酸」など情報を媒介する物質として捉えている記述が多く見られた。「遺伝子」については事前では「遺伝する情報」や「親から子に引き継がれる情報」など古典的な記述が多かったが、事後では「DNAの中の領域」など分子生物学的な記述をするものも一定数見られた。「ウイルス」については事前では感染症やコロナウイルスなど病原体であるという記述が多く見られたが、事後では「RNAをもつもの」など専門的な記述が多く見られた。「ワクチン」については事前では「病気の症状を抑える」など機能についての記述が多かったが、事後では「弱毒化したウイルスを投与して抗体を発生させる」など機序についての記述が多く見られた。

以上より、①のように今まで馴染みのなかった語句については一連の授業により科学的概念の理解が進んだものと思われる。一方で②のように馴染みのある語句については素朴概念として捉えられていたものが、一連の授業により科学的概念に昇華させることができたと評価することができる。

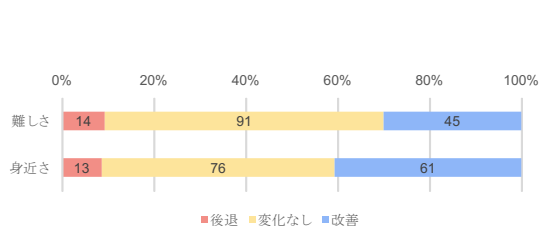


図 1 分子生物学に対する印象の変容

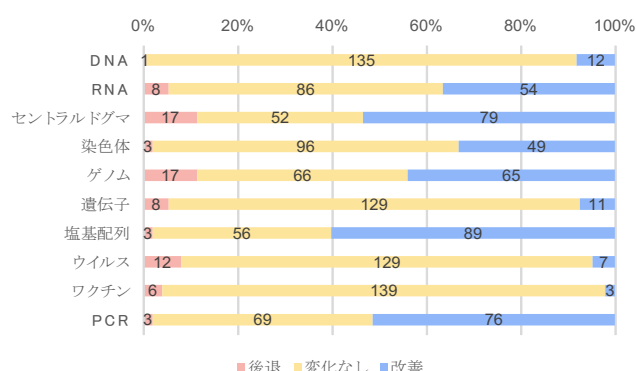


図 2 分子生物学の語句理解に対する認識の変容

5. 今後の展開

中学生が扱う内容としては難易度の高い内容や実験を行う本研究は挑戦的な実践であったが、前述の通り、積極的に深く学ぶことで得られるものが多いという感覚や、知っているようで知らなかったものを体験を通して理解していく感覚は、この時期の子どもたちにとって予想以上の学習意欲と集中力や行動力に繋がるといことがわかった。

座学と実験、またレポートやディスカッションのタイミングはよく検討する必要があると思う。他学年においても本実践がどのように実施できるか検討していきたい。

6. 成果の公表や発信に関する取組

校内にて本取り組みについて公表や研究授業を行ったところ、各科の教員が関心を示した。授業見学や記録はもちろんのこと、変容の分析方法などの検討などについても協力体制を敷いてくれた。今後は他教員とのコラボレーションや、学外への発表、研究授業の実施なども積極的に行っていきたい。

7. 所感

挑戦的な実践であったにも関わらず、積極的な生徒たちの学習態度に大変感銘を覚えた。想定以上に社会への理解の深まりや今後の学習に向けた意欲向上に繋がったことが、本研究の何よりの成果だと感じる。