

生物コース：探ろう，生命の設計図 DNA！

理科（生物） 菌部 幸枝，橋本 美江

1. はじめに

地球上には多種多様な生物が存在している。その生物は共通して遺伝情報をもとに生命現象に必要なタンパク質を合成している。一方、遺伝情報物質である DNA の塩基配列の違いから生物の多様性が生まれている。したがって DNA について学ぶことは、生物の共通性と多様性の理解につながると考える。

DNA について、中学校の学習指導要領解説理科編⁽¹⁾では、単元「生命の連続性」の「遺伝の規則性と遺伝子」において、「遺伝子の本体が DNA であることにも触れること」とある。しかし、DNA と遺伝子や染色体の関係性を十分に理解するところまで学習することは多くはない。高等学校の学習指導要領解説理科編理数編⁽²⁾では、生物基礎の単元「生物の特徴」の「遺伝子とその働き」において、「遺伝情報と DNA について」と「遺伝情報とタンパク質の合成について」を学ぶことが示されている。中学校では浅い学習で終わることが多い学習内容を深く学ぶことになる。

今回の中学 3 年生向けの体験授業では、「探ろう，生命の設計図 DNA！」と題し、中学校と高等学校を結ぶ懸け橋となる授業を行いたいと考えた。そのため、高 1 の課題研究基礎担当の菌部と高 3 の生物担当の橋本で授業内容を検討した。菌部はかつて中学 3 年生対象に、技術科と連携しロールプレイやモデル化とシミュレーションを取り入れて、DNA からタンパク質合成の過程について学ぶ授業を实践⁽³⁾⁽⁴⁾した経験があり、その経験をもとに体験授業の骨格を提案した。また、橋本は生物基礎の授業経験が豊富で、その経験をもとに紹介する具体例を提案した。さらに、DNA 抽出実験やセントラルドグマシミュレーションについても、二人で予備実験や予備体験を繰り返し検討した。体験授業当日も、ティームティーチングで授業を行った。

2. 授業構成

2.1. DNA の基礎知識を知る

はじめに、DNA と染色体や遺伝子との関係をスライドや動画、模型を用いて説明した。中学 3 年生は、DNA がデオキシリボ核酸という名称の物質であり遺伝情報を担っていること、核の中にあること、細胞分裂する際に染色体となって細胞内に現れること、などを知っている。その基礎的で既知の事柄を確認しつつ、DNA が二重らせん構造をとっていること、細く長いヒストンというタンパク質に巻き付けられながら折りたたまれて染色体になっていることなどを解説した。

2.2. DNA の抽出実験

次に DNA を身近に感じてもらうために、簡単な DNA 抽出実験を行った。冷凍したブロッコリーの花芽の部分をすりおろし、冷却した抽出液を加えゆっくりかき混ぜて茶こしでろ過する。ろ液に冷却したエタノール液を静かにのせるとその境界から白い物質が姿を現す。それが DNA を含んだ物質である。

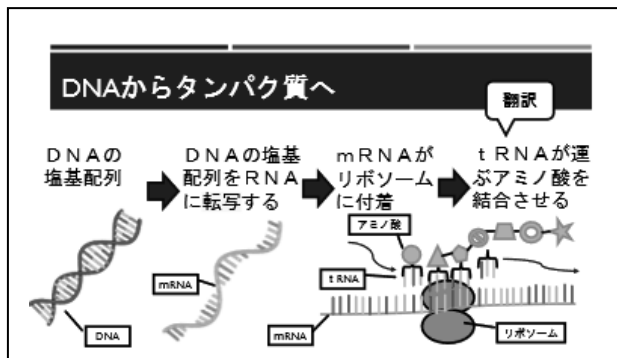
花芽の部分を用いるのは、細胞分裂が盛んで細胞数が多いためである。抽出液に洗剤を入れるのは、洗剤に含まれる界面活性剤が脂質でできた細胞膜や核膜を溶かすためである。また、抽出液に多量の食塩を溶かすのは、余分なタンパク質を沈殿させるためである。さらにかき混ぜるときはゆっくり丁寧にと注意した。これは DNA が非常に細く壊れやすいためである。そして、ろ液の上にエタノールを静かに注ぐとろ液の上にエタノールがのるのは、エタノールの方がろ液より密度が小さいからである。この理由を問かけると、参

加した中学3年生は中学での密度の学習と結びつけて推測して答えられた。ろ液とエタノールの境界にDNAが姿を現すのは、DNAは水には溶けるがエタノールには溶けないからである。実験を通して冷却した状態で実験するのは、細胞は壊されるとDNA分解酵素が働いてしまい、抽出しようとするDNAが細か切られてしまうので、その酵素の働きを抑えるためである。一つひとつの操作には意味があるので、そのことを解説しつつ実験に取り組んでもらった。

2.3. DNAからタンパク質の過程をシミュレーション体験

DNAはリン酸、糖、塩基の基本構造を繰り返していること、また、4種類ある塩基が決まった組み合わせでゆるやかに結合して二重らせん構造をとっていること、塩基配列が遺伝情報で、この情報をもとにタンパク質合成がなされることを動画で学んだ。続いて、DNAの塩基配列からタンパク質合成の流れを右図のようなスライドを用いて再確認した。

次に、塩基配列を模した自作模型を用いてシミュレーションを体験した。DNAの一方を鋳型として相補的な塩基をm-RNAとして写し取る。そのm-RNAの塩基3つずつに対して相補的なt-RNAを並べ、そのt-RNAが運んだアミノ酸を次々につないでいく。



一通りシミュレーション体験をした後、DNAの塩基の1か所を入れ替えて、対応する一つのアミノ酸が「グルタミン酸」が「バリン」へと変化するシミュレーションを体験した。これは塩基置換で起こる「鎌状赤血球症」の例に結び付けやすくするためである。鎌状赤血球症は一つの塩基が入れ替わって対応するアミノ酸が変化し、タンパク質の構造が変化するために酸素運搬機能が低下する貧血症である。塩基配列が情報として重要な意味があることに気づくきっかけとなった。また、1塩基が欠損することで、途中で終止コドンが生じてしまうシミュレーションも体験した。これは授業のまとめで話すABO式血液型に関連する内容である。

2.4. 具体例とまとめ

最後にABO式血液型がどのようにDNAと関係しているのかを説明した⁽⁵⁾。ABO式血液型ではA型が基本となっている。1塩基の欠損により途中で終止コドンが生じ、「ある糖」の転移酵素が作られず、細胞膜の糖たんぱく質に「ある糖」が転移されないためにO型になる。いくつかの塩基の変化により、いくつかのアミノ酸が変化し、「別の糖」の転移酵素が作られて、細胞膜の糖たんぱく質に「別の糖」が転移されてB型になる。このように、塩基配列の変化でタンパク質である酵素が変化し、血液型が変化するのである。DNAがつくるタンパク質の主なものの一つは体内の化学変化を促す酵素であり、酵素が変化すると体内で作られる物質も変化し、生命活動に大きな影響を及ぼすと解説して授業のまとめとした。

3. アンケートから授業を振り返る

今回の体験授業には15名(1名当日欠席)の中学3年生が参加した。授業は高校で学ぶ内容が多く、1回の授業の中で実施するには盛りだくさんであった。そのため「難しい」と感じる参加者が多いと予想した。13名が回答したアンケートでは、「やや難しく感じた」5人、「ちょうどよい」8人であった。授業時間については、授業を延長してしまったので「長く感じられた」が多いと予想した。アンケートでは「長く感じられた」1人、「ちょうどよく感じられた」7人、「短く感じられた」4人、「その他」1人であった。これらから、

参加した生徒が授業内容を理解しつつ集中力を途切れさせることなく取り組んでいたことが推測できた。

自由記述には、「中学校では習わない、踏み込んだ内容を学べてとても良かった。DNA の重要さが理解できた。とても面白い授業だったので、時間があっという間に感じた。」や「DNA について、学校では詳しく学ばない細かいところまで知れたので、とても充実した時間を過ごせました。実験で、DNA を体験出来たので理解しやすかったです。」など、実験などの体験を通して自分でしっかり考えたり中学校で学んだことと結びつけながら理解したりしていた様子うかがえた。また、自由記述全体を見ると「楽しかった」などの言葉も多く、難しい内容であっても粘り強く主体的に考えたり理解したりして、楽しみながら学んでいたことがうかがえた。

【参考文献】

(1) 文部科学省『中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 理科編（令和 3 年 8 月一部改訂）』平成 29 年 7 月

(2) 文部科学省『高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説 理科編 理数編（令和 3 年 8 月一部改訂）』平成 30 年 7 月

(3) 芳賀高洋，菌部幸枝，刑部南月子「セントラルドグマの学習における理科と技術科との連携～『ロールプレイ』と『モデル化とシミュレーション』を取り入れて」平成 24 年 お茶の水女子大学附属中学校紀要第 41 集 p.101～p.134

(4) 菌部幸枝，増田伸江，芳賀高洋，刑部南月子，村上祐「生命科学の基礎を理解するために～細胞や DNA に注目した

中学校遺伝学習～」日本理科教育学会第 65 回全国大会 口頭発表 03G-03 2015 年 8 月

(5) 山本文一郎『ABO 血液型がわかる科学（岩波ジュニア新書）』2015 年 7 月