

1-6 楽しく分かる生物の授業 (高校の例)

1. はじめに

前回の学習指導要領改訂 (2009 年) の際に、生物分野で大きく変わったのは、新しい生物学の内容としての「遺伝情報とタンパク質の合成」を、それ以前の1999年改訂の学習指導要領に基づく「生物Ⅰ・生物Ⅱ」(各3単位)時代の「生物Ⅱ」から、多くの学校での必修修が見込まれる「生物基礎」に導入したことです。また、生物の遺伝子の発現についても、新しい生物学の知見を踏まえて内容を充実させました。そこで各社の「生物基礎」の教科書では、遺伝子の本体であるDNAを身近に感じさせる教材として、「DNAの抽出」の観察・実験を取り上げました。今回改訂された学習指導要領(2018年)でも、「生物基礎」の内容には大きな変更はありませんので、新しい教科書でも同様に掲載されることでしょう。

授業用に開発されたDNA抽出実験の初出は、森田保久(1997)の第29回東レ理科教育賞受賞論文でしょうか。インターネットで検索すると、多くの方がバナナやタマネギなどを使った方法を紹介されています。(例えば、参考文献参照)。今回は、これらを参考にして私が授業で行っているやり方を紹介します。なお、DNAを抽出する材料は、比較的安価でタンパク質の割合が少なく、生徒にとって肝臓や精巣に比べて抵抗感が少ないタマネギを使用しました。

2. アクティブ・ラーニング型の観察・実験

「生物基礎」の観察・実験では、条件を変えて行った結果を比較して考察するというより、与えられた手順通りに行った現象の観察や追試実験が中心になりがちです。その上で、観察・実験の目的、材料・器具、方法、結果、感想などをまとめるレポートを書かせて終わりにしていました。教室での一斉授業に比べれば、理科実験室での授業は十分にアクティブですが、これだけでは、今回の学習指導要領(2018年)で強調されている「主体的・対話的で深い学び(アクティブ・ラーニング)」とは言えないでしょう。今回取り上げた「DNAの抽出」は、比較的短時間で済ませることができ観察・実験なので、授業時間に多少のゆとりがあります。そこで、与えられた観察・実験を通して、それらの操作の目的や意味、結果の考察などを3~4人の実験班で話し合う時間を十分に取って、主体的・対話的に深く考えさせるアクティブ・ラーニング型の授業を行いました。また、各自のレポートでは、考察や感想に加え、簡単な自己評価も行いました。

3. 学習指導略案

(1) 単元名：遺伝子とその働き — 遺伝情報と DNA —

(2) 単元目標：遺伝情報の学習導入として、DNAが特別なものではなく、どんな生物(今回はタマネギ)の細胞内にもあることを知る。また、実験方法を通して細胞やDNAの特徴・性質を学ぶ。

(3) 導入：DNAはどこにあるか、取り出すためにはどうしたらよいかを考えさせる。また、このあとで学習するDNAとヒストン(タンパク質の一種)からなる染色体の構造にも簡単にふれる。

(4) 展開：詳細は次ページの生徒用プリント参照。

① 観察・実験方法を簡単に説明する。(10分)

② タマネギを1クラス分まとめてミキサーで粉碎し、このタマネギ粉碎液を各班に分け、観察・実験を行う。(15~20分)

③ プリントの【問題】(55ページ)を班で話し合いながら考える。(15~20分)

※話し合いが早く終わった班は、抽出した物質がDNAであることを確かめる実験を行う。

④ 片付け。(5分)

※実験を行う上での留意事項

- ・できるだけ冷えたエタノールを使うため、バットの中央に置いたビーカーのまわりに保冷剤を敷き詰めて、そのままの状態であらかじめ冷凍庫で冷やしておきます。授業時はこのビーカーに、冷凍庫で冷やしたエタノールを注いで使用します。
- ・沈殿物がDNAであることを確かめる酢酸カーミンなどの染色液、DNAをこすり取るろ紙、ろ紙を乾燥させるためのドライヤーなどを準備しておきますが、プリントには明示しません。
- ・この方法で抽出できるのは、食塩水に溶け、エタノールで沈殿するDNAやRNAなどの核酸になります。ただし、RNAは竹串で巻き取れるほど長くはありません。また、タンパク質には多数の種類があり、その一部には核酸と同様に、食塩水に溶け、エタノールで沈殿するものもあります。ですから、この実験で抽出できたものを正確に表現すると、「ある程度のDNAを含む物質」となります。



写真1：ビーカーのまわりに保冷剤を敷き詰める

観察・実験「DNAの抽出」

【目的】すべての生物は、遺伝子の本体であるDNAを持っているので、どんな生物（今回はタマネギ）の細胞内にもDNAはある。適切な方法で行えば、このDNAを簡単に抽出できることを確かめてみよう。

【材料】タマネギ約20g*（1/4に割ったうちの、内側半分程度。あらかじめ冷蔵庫で冷やしておく） ※1班あたりの量

【器具】100mLビーカー（2個）、コーヒー用ペーパーフィルター、ガラス棒、竹串、小さじ、駒込ピペット、ミキサー

【薬品】台所用中性洗剤、食塩（塩化ナトリウム）、無水エタノール（あらかじめ冷凍庫で冷やしたもの）

【方法】

①1班あたり、タマネギ約20gに氷水約30mL（氷を含めた体積）、中性洗剤数滴の割合で加え、ミキサーで1～2分粉碎する。

※1クラス分をまとめてミキサーで粉碎した後、各班に分ける。

②班ごとに、粉碎液約30mLを100mLビーカーに移し、食塩小さじ1杯（約5g）を加える。
※食塩によって、ヒストン（タンパク質の一種）がDNAから切り離される。また、DNAは食塩水に溶けるが、タンパク質は食塩水に溶けにくく析出しやすい。

③ガラス棒でおだやかにゆっくりかき回すと、どろっとした状態になる。

④別の100mLビーカーの上にコーヒー用ペーパーフィルターを置き、食塩を加えた粉碎液をろ過する。

※ろ液が5～10mmぐらいたまればよい。

⑤ろ液の約2倍量の冷エタノールを駒込ピペットを使い、ビーカーの壁伝いに静かにゆっくり加える。

※ろ液と加えたエタノールが2層に分かれるように、静かに注ぐ。

⑥ビーカーを軽く揺ると、ろ液とエタノールの境界面に白くふわふわしたものが浮いてくる。

⑦竹串で、ビーカー内に浮いてきた糸状の物質を静かに巻き取る。

【実験上の注意】

ア. DNAは長い鎖状であるため、物理的刺激によって切断しやすい。食塩を加えた後は、静かにかき回すこと。また、竹串で巻き取る時、何回もかき回していると切断され、巻き取ることができなくなるので注意する。

イ. タマネギの細胞中やヒトの手の表面等にはDNA分解酵素が含まれているため、エタノールを加えるまでの操作をできるだけ手早く行う。

ウ. DNAは水より軽いので境界面まで浮き上がり、エタノール層にふれる。DNAは低温のエタノールに溶けにくく、沈殿しやすい。また、エタノールが低温であるほどDNAの溶解度は小さいので、あらかじめ冷凍庫で冷やしておく。

【問題】

問1. 材料として、タマネギの外側ではなく内側の部分を使うのはなぜか。

問2. ミキサーで粉碎するのはなぜか。

問3. ミキサーで粉碎するとき、冷やしたタマネギや氷水を使うのはなぜか。

問4. ミキサーで粉碎するとき、中性洗剤を加えるのはなぜか。

※ヒント：細胞膜や核膜の成分は？

問5. 食塩を加えた粉碎液を、ガラス棒でおだやかにゆっくりかき回すのはなぜか。

問6. ペーパーフィルターでろ過すると、何と何がある程度分離できるか。

問7. ろ液に冷エタノールを加えると、ろ液とエタノールとの境界面にDNAが出てくるのはなぜか。

問8. 竹串に巻き取られた物質がDNAであることは、どのような方法で確かめられるか。

【自己評価】

○観察・実験の目的や操作を理解し、関心を持って取り組みましたか？

よくできた	できた	あまりできなかった	できなかった
4	3	2	1

○班で問題を考えるとき、積極的に取り組みましたか？

よくできた	できた	あまりできなかった	できなかった
4	3	2	1

【感想】

月 日 () 1年 組 番 名前

4. 実際の授業の進め方

授業の初めに、この後で学習する染色体の構造について説明します。そして、実験手順を説明しながら、食塩やエタノールに対する DNA やタンパク質の反応など、問題を考えるときのヒントになることにふれておきます。次に、タマネギを切り分けて、氷水などを入れたミキサーで粉碎する際、「タマネギの外側と内側では何が違うのかな?」とか、「DNA を分解する酵素の活性を抑えるにはどうしたらよいのかな?」とか、発問しながら作業を進めます。

実験後は、机間指導をしながら班での話し合いに耳を傾け、「ミキサーで核を壊す」という声があれば、「細胞分画法で核や葉緑体は壊されたかな?」とか、「中性洗剤で細胞膜のリン脂質を溶かす」という意見が出れば、「細胞膜の他に、リン脂質でできた膜はないかな?」というような問いかけをしていきます。また、「ろ過は、何と何を分ける作業か?」「白い糸状のものはどこに現れているかな?」「竹串で巻き取ったもののおいをかいだり、さわってみよう」など、ヒントになることを与えたり、班での話し合いや次の行動を促したりする質問をしていきます。

このような、班での主体的・対話的な活動を通し、生徒たちは単に DNA (らしいもの) が抽出できたという事実だけではなく、その実験方法や結果を通して、細胞やタンパク質、DNA などの特徴や性質を、より深く学ぶことができます。

[久米 宗男]

<参考文献>

- 森田保久「特殊な機材・薬品を使わない DNA 抽出実験」, 第 29 回東レ理科教育賞受賞論文, 1997, http://www.toray-sf.or.jp/activity/science_edu/pdf/h09_06.pdf (2019 年 1 月 2 日確認)
- 一般財団法人バイオインダストリー協会, 「バナナからの DNA 抽出実験」『みんなのバイオ学園』, https://www.jba.or.jp/top/bioschool/club/clu_02.html (2019 年 1 月 2 日確認)
- 愛知県総合教育センター, 「DNA の抽出実験」『理科・CST の広場』, <http://www.aichi-c.ed.jp/contents/rika/koutou/seibutu/se15/dna/dna.htm> (2019 年 1 月 2 日確認)
- 斎藤の部屋 (理科), 「10 分でできるタマネギの DNA 抽出実験」, <http://sai.oiso.net/r2002/0726/index.html> (2019 年 1 月 2 日確認)