

指導資料

理科 第324号

鹿児島県総合教育センター
令和元年10月発行

対象	中学校	義務教育学校
校種	高等学校	特別支援学校

生物 オペロンと遺伝子組換えの授業の工夫例 —モデルを使って理解を深めよう—

高等学校生物の遺伝子分野における授業について、模型を用いて内容を理解するための工夫例を示す。生徒が自分の手で模型を動かすことにより、オペロンと遺伝子組換えのしくみを理解できる。また、この模型は遺伝子組換えの仕組み等を簡単に説明する際のツールとしても使用できるので、中学校や義務教育学校の理科の発展的な学習にも活用可能である。

1 遺伝子分野の学習は難しい！？



遺伝子の分野を授業で習ったけど…
専門用語が多くて分かりにくいな。
小さな分子ばかりでイメージしにくいな。
実験が少なくて実感がわかないな。

視覚的な
事象提示



モデル教材
での学習



分かった！

生徒に遺伝子のはたらきを理解させるための学習方法について、以下に工夫例を示す。

2 まずは基本から

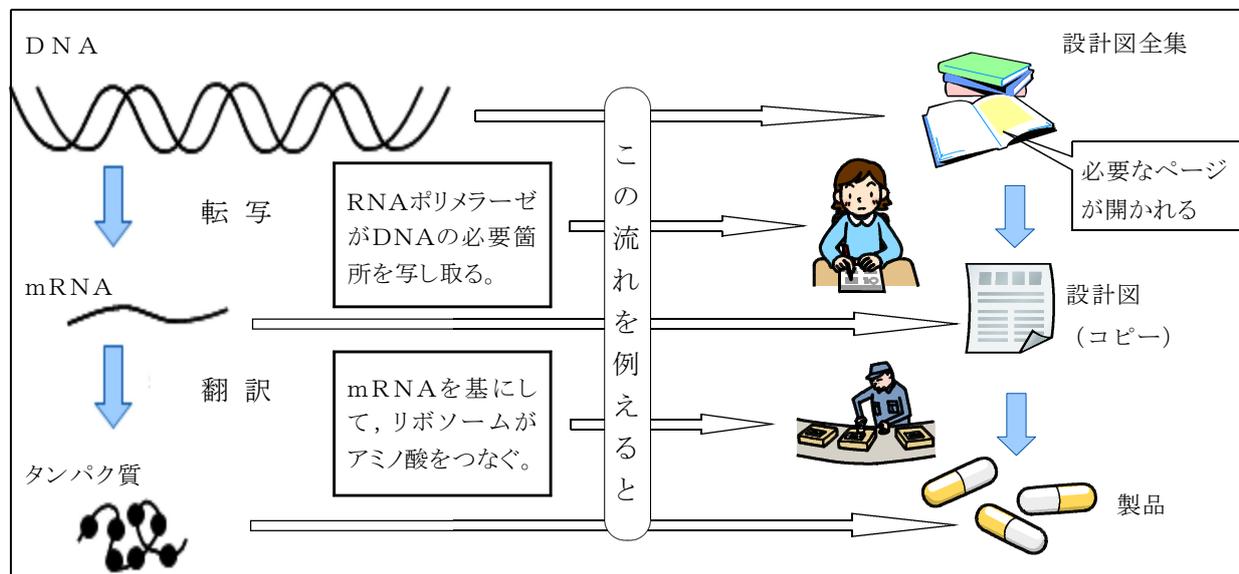


図1 セントラルドグマの流れ

親の形や性質などの情報が子や孫に伝わり、形質として現れることを遺伝という。その情報を遺伝子と呼び、本体はDNAである。細胞では、いくつもの遺伝子から多くの種類のタンパク質が合成されているが、これを遺伝子の発現と呼び、その過程は転写と翻訳の2つからなっている。この流れはセントラルドグマとよばれ、生物が共通にもつ仕組みである(図1)。

3 授業方法の工夫例

(1) ラクトースオペロン

大腸菌のラクトースの利用について図2に示す。

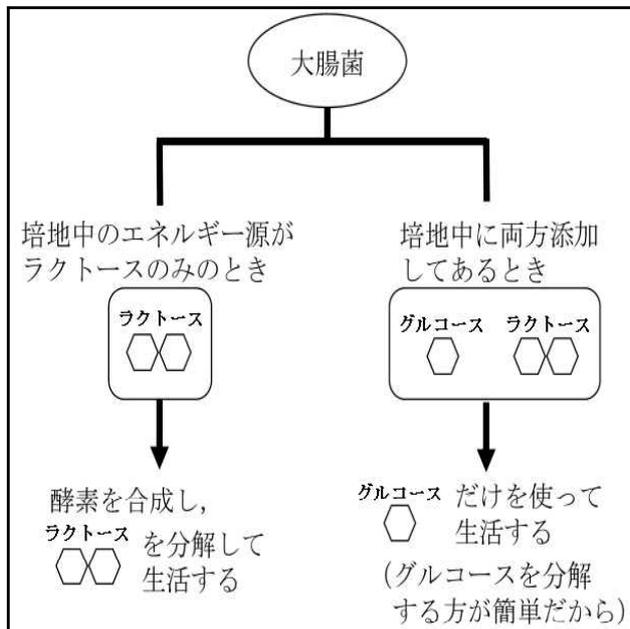


図2 大腸菌のラクトース利用

押さえておくポイント

大腸菌は、グルコースを利用して生活している。ラクトースを利用するのは、グルコースが存在しないときのみである。

大腸菌の遺伝子には、必要な時だけラクトース分解酵素を合成する仕組みが備わっている。

酵素の合成を調節する遺伝子領域がDNA上に存在し、ラクトース代謝酵素遺伝子群はその調節を受けている。

いくつかの遺伝子とその発現を調節する遺伝子の下で共通の制御を受けている単位をオペロンという。

以下は、この遺伝子発現のしくみを理解するための授業の工夫例である。

図3は、大腸菌のラクトースオペロンのモデルである。生徒はそれぞれのパーツを切り取り、授業者の①～⑥の説明を聞きながら自分の手で動かすことで仕組みを理解することができる。

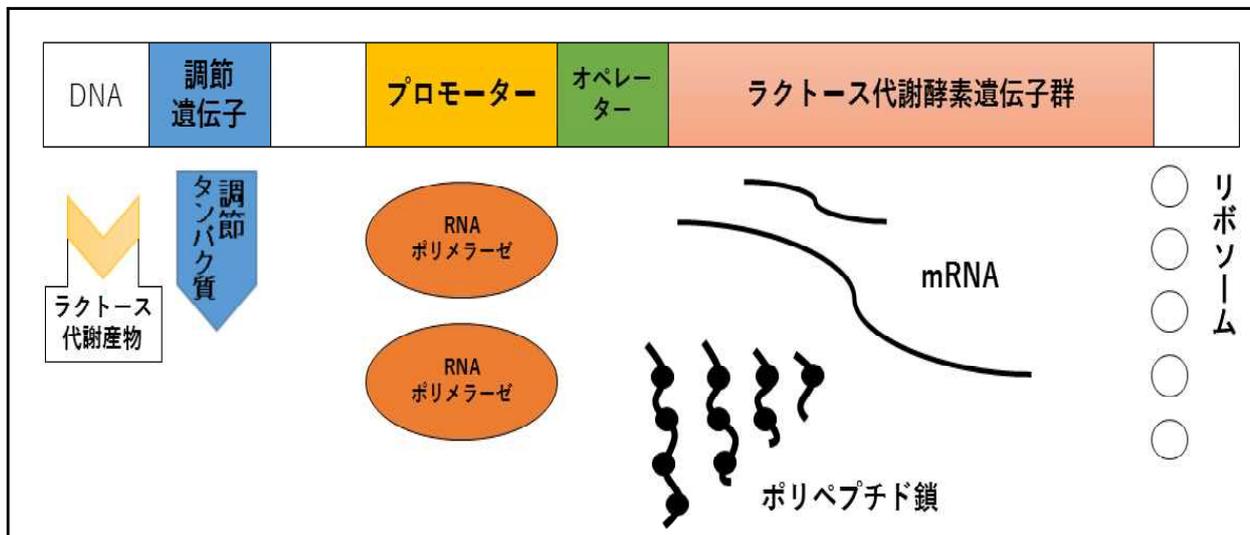


図3 ラクトースオペロンの模型

① 基本事項の確認

	調節タンパク質	…	オペレーター領域に結合し、転写を調節する。
	RNAポリメラーゼ	…	プロモーター領域に結合してmRNAを合成する。ただし、調節タンパク質による転写の調節を受ける。
	ラクトース代謝産物	…	ラクトースから合成される物質で、調節タンパク質の働きに影響する。

② グルコースの有無による遺伝子発現の違い



図4 培地にグルコースが存在するとき

培地にグルコースが存在するときは、調節遺伝子から合成された調節タンパク質がオペレーター領域に結合しており、転写は開始されない（図4）。

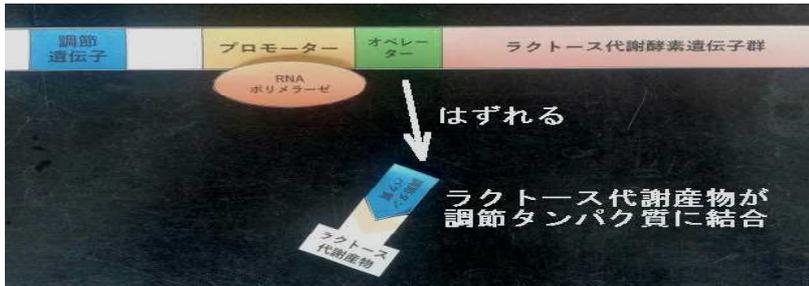


図5 培地中の栄養源がラクトースのみのとき

培地にグルコースは存在せず、ラクトースが存在するとき、ラクトースの代謝産物が調節タンパク質と結合することにより、調節タンパク質がオペレーターからはずれる。これによりRNAポリメラーゼは転写を開始できるようになる（図5、図6）。

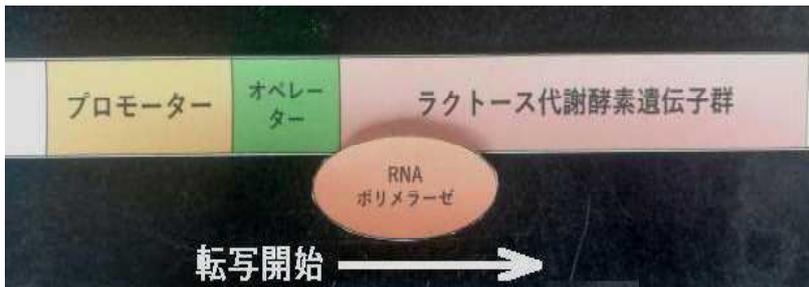


図6 培地中の栄養源がラクトースのみのとき（転写開始）

③ 転写の進行

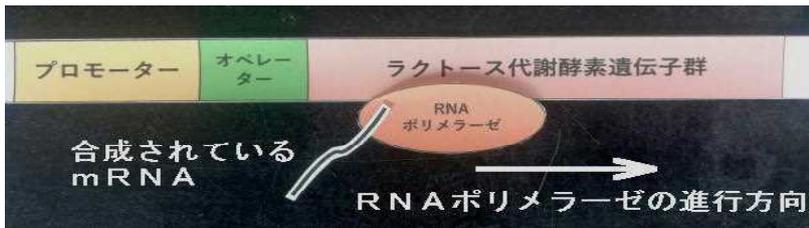


図7 転写が始まった頃

RNAポリメラーゼがラクトース代謝酵素遺伝子群の領域を進むにつれてmRNAが伸びていく（図7、図8）。

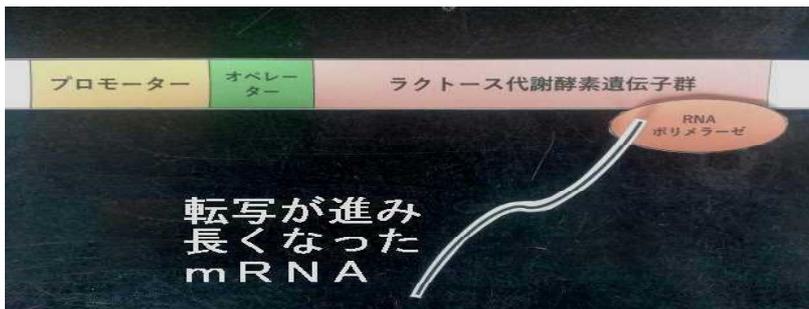


図8 転写が終わる頃

④ 翻訳の開始

転写が終了したmRNAにリボソームが結合し、翻訳が開始される（図9～11）。



図9 翻訳開始直後



図10 翻訳途中 その1



図11 翻訳途中 その2

mRNAの塩基配列が指定するアミノ酸がリボソームに運ばれる。

リボソームがmRNA上を進み、アミノ酸が次々に結合していく。

運ばれてきたアミノ酸がペプチド結合したものがポリペプチド鎖である。

⑤ より詳しく学習する場合

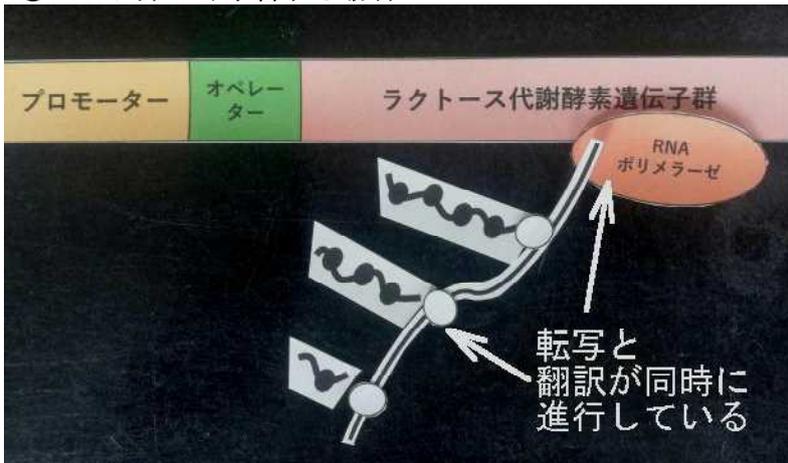


図12 転写と翻訳の同時進行

生徒の実態に合わせて、原核生物では転写と翻訳が同時に進行すること（図12）や転写の方向性、翻訳はmRNAの5'末端から3'末端に向かうということなどに触れてもよい。また、DNAやmRNAに塩基の記号を入れたり、ポリペプチド鎖のモデルをアミノ酸の種類ごとに変えたりしてもよい。

⑥ 翻訳終了後

翻訳終了後はポリペプチド鎖が折りたたまれてタンパク質となる。このようにして作られた酵素群がラクトースの代謝に働いていることを生徒に理解させる。

(2) 遺伝子組換え

ある生物がもっている特定の遺伝子を切り出し、他の生物の遺伝子につなげて遺伝子の新しい組み合わせをつくることを遺伝子組換えという。プラスミドと呼ばれる環状DNAに特定の遺伝子を組み込み、大腸菌に取り込ませて遺伝子組換え大腸菌を作製するしくみを理解させるための工夫例を示す。

図13のようなプラスミドの図を描いたカードを用意し、そこに各遺伝子を切り貼りすることで遺伝子をプラスミドに挿入するイメージを生徒にもたせることができる。その際、制限酵素やDNAリガーゼの働きについて説明したり、遺伝子が転写される方向にも意味があることに触れたりするとよい。

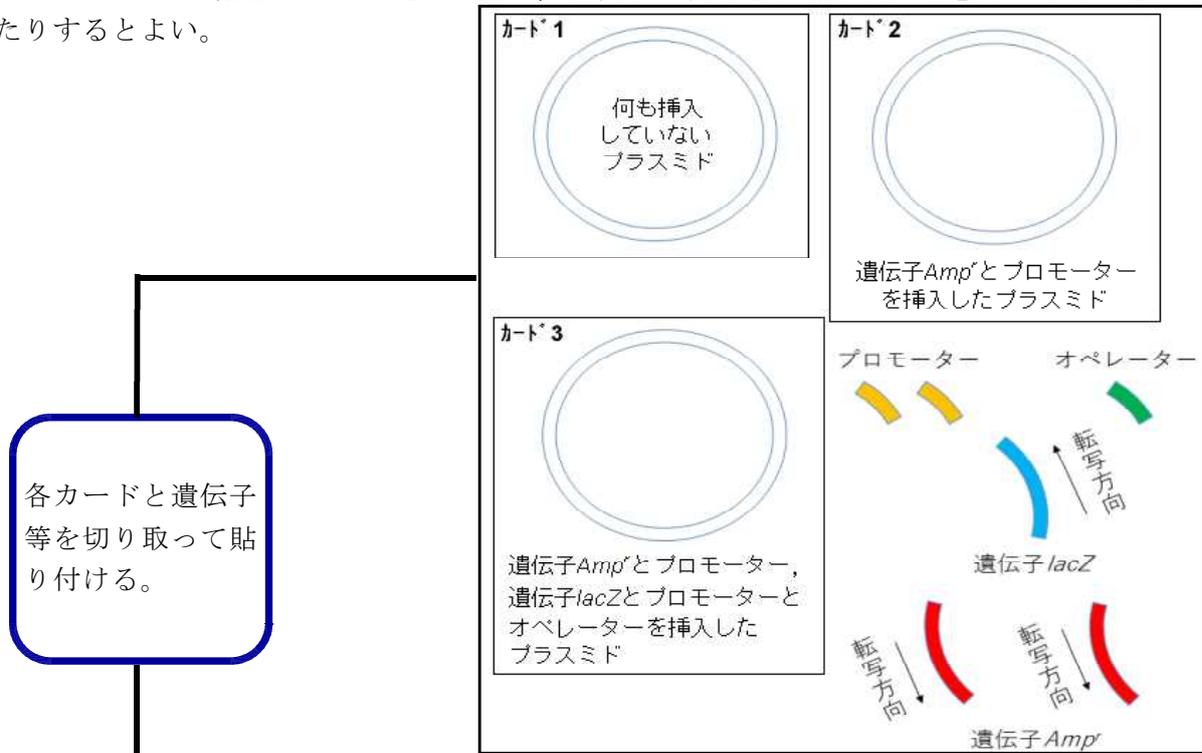


図13 遺伝子組換えを理解するための模型

切り取った各カードを図14～16に示す。

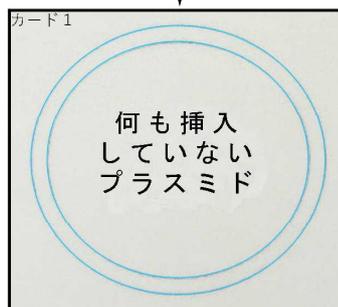


図14 カード1

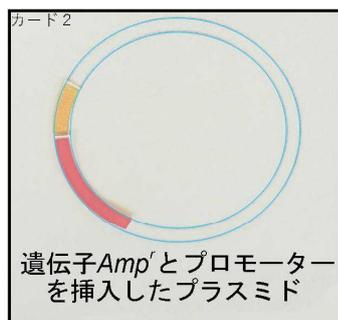


図15 カード2

遺伝子組換えの際、目的遺伝子の挿入に失敗するプラスミドもできてしまう。このプラスミドを大腸菌が取り込んでも、新たな形質は獲得できない。

このプラスミドを取り込んだ大腸菌は、抗生物質（細菌を殺菌する物質）の一種であるアンピシリンを含む培地でも生育できる。

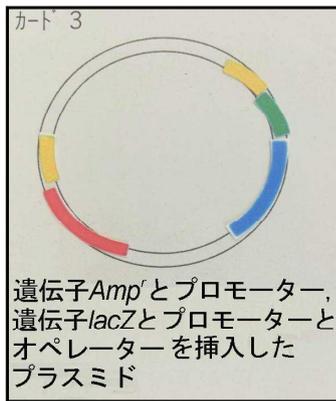


図16 カード3

このプラスミドを取り込んだ大腸菌は、アンピシリンを含む培地でも生育できるうえ、特定の条件（図17の獲得スキルを参照）で遺伝子lacZが発現して青色のコロニーを生じるようになる。

図17は、作成した1～3のカードを置き、培養によってどのような結果が得られるのか考察するための用紙である。

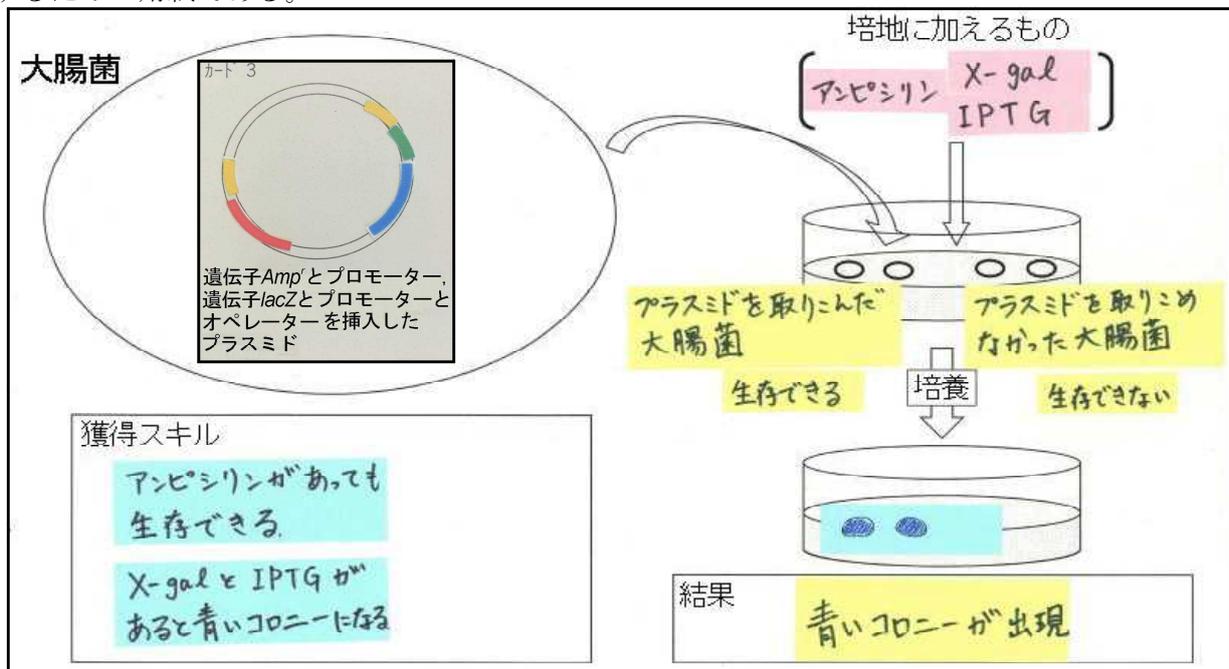


図17 獲得スキルと培養結果を記入する用紙

大腸菌の枠内にカードを置くことで、プラスミドを取り込むというイメージを生徒にもたせる。そして、その大腸菌がどのような形質を獲得したか「獲得スキル」として記入させる。付箋等を利用して貼り付けてもよい。図17では、カード3を取り込んだ大腸菌の「獲得スキル」が記入されている。さらに、培地に加えるものを変え、どのような結果が得られるのか予想させることもできる。図17の場合、カード3を取り込んだ大腸菌のみ生育し、そのコロニーは青くなることを生徒に予想させ、結果に記入させる。

グループ学習の例として、カード1～3の役割を理解する担当生徒を決め、それぞれのプラスミドを取り込んだ大腸菌を培養するとどのような結果になるか班で説明させるジグソー法が考えられる。話し合いを通じて生徒は自らの考えを深め、相手に説明することで用語の意味や使い方等も身に付けることができる。このような学習によって、より深い学びの実現を図ることができるのではないだろうか。

(教科教育研修課 日高 大祐)