

学習内容の関連をふまえた思考力・判断力・表現力の育成に関する研究 ～第3学年「だ腺染色体の観察実験」の実践を通して～

鹿児島県立加世田高等学校

教諭 峰元 賢一

1 単元の概要

(1) 単元名

第1編 生命現象と物質

第2章 遺伝情報とその発現

第3節 形質発現の調節

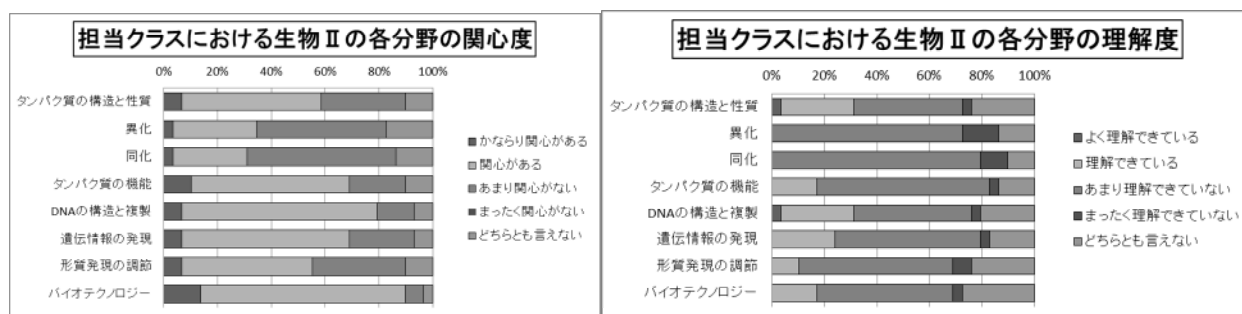
(2) 単元について

多細胞生物の体は、1個の受精卵から生じた多数の細胞の集まりであるが、細胞によって形や機能に違いがみられる。遺伝子はどのようにして形質発現の調節を行っているかを学習する。その中で、遺伝子発現について自ら考察したり、分析したりする能力を身に付けさせるために、生物Ⅰで行った実験を再度生物Ⅱでも行い、形質発現の仕組みについて考察する活動を取り入れることにした。さらに、その形質発現はタンパク質を合成することで起こり、そのタンパク質合成においても多くの酵素が関わっていることについて理解を深めたい。そのことにより、DNAはタンパク質の構造や性質を決定し、タンパク質は生体の機能につながり、それらは酵素反応によるものであるということを系統立てて生徒自らが考えられるようにした。

(3) 生徒の実態

普通科理系クラスの生徒であり、全員が国公立大学への進学を考えている。そのため、全員センター試験や大学の個別試験などで受験科目として生物を受験する。生徒の学習に対する意欲・関心はとても高く、授業中は落ち着いた態度である。授業中の発問に対しても積極的に答えようとする姿勢がある。しかし、以前学習した内容と関連させて理解するまでには至っておらず、教科書の単元ごとに用語を暗記しているだけに過ぎない。そのため、授業で学習した生命現象と身の回りの自然現象を関連させて理解することを苦手としている。

また、近年のバイオテクノロジーの発展はめざましいものであるが、それと学習内容を関連付けることはできていない。昨年、京都大学の山中教授がノーベル賞を受賞したことも記憶に新しい。特に「遺伝情報とその発現」の分野はその最先端の研究の根幹とも言うべき内容であるため、生徒の興味・関心は高い（下図）。しかし、生物Ⅰで学習した「遺伝」や生物Ⅱの「生体の機能とタンパク質」と関連していると考えるまでには至っていない。しかも、その遺伝形質の発現に関して、実際に自分の体内で行われている現象であることを実感できないことが多い。



そこで本研究では、遺伝情報とその発現について自ら考察したり、分析したりする能力を身に付けさせるために、形質発現に関する観察・実験を取り入れ、その仕組みについて思考、判断し、表現する授業実践に取り組んだ。

2 学習内容の関連を踏まえた判断基準の設定

(1) 単元の評価規準

関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
生命現象と物質に関する事象に関心や探究心をもち、意欲的にそれらを探究するとともに、科学的態度を身に付けている。	生命現象と物質に関する事象の中に問題を見だし、観察、実験などを行うとともに、実証的、論理的に考えたり、分析的・総合的に考察したりして、事実に基づいて科学的に判断する。	観察、実験の技能を習得するとともに、生命と物質に関する事象を科学的に探究する方法を身に付け、観察、実験の課程や結果及びそこから導き出した自らの考えを的確に表現する。	観察、実験などを通して、生命現象と物質に関する事象についての基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。

(2) 指導計画（全 15 時間）

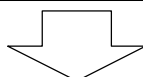
単元	学習事項	時間	目 標
第1編 生命現象と物質	DNAの構造と複製	3	- 生物 I で学習した「遺伝子の本体＝DNA」を基に、DNAの構造や複製について関心をもち、意欲的に学習しようとする。 【関心・意欲・態度】 - DNAの複製の仕組みをメセルソンとスタールが行った実験を通して理解し、半保存的複製をすることを証明する。 【思考・判断・表現】
	遺伝情報の発現	5	- DNAの遺伝情報はどのようにして、形質として発現してくるのか興味・関心をもつ。 【関心・意欲・態度】 - ビードルとテータムの実験から、遺伝子は酵素（タンパク質）の合成を支配していると理解でき、さらにDNAの塩基配列とタンパク質のアミノ酸配列を支配していると系統立てて考える。 【思考・判断・表現】 - タンパク質合成の過程を理解する。 【知識・理解】
第2章 遺伝情報とその発現	形質発現の調節	4 〔本時 3 / 4〕	- だ腺染色体をメチルグリーン・ピロニン溶液で染色し観察することができる。 【観察・実験の技能】 - パフではDNAからRNAが合成され、遺伝子発現が行われていることを考察する。 【思考・判断・表現】 - 遺伝子の転写調節機構にかかわる調節遺伝子、調節タンパク質、基本転写因子、プロモーターなどについて正しく理解する。 【知識・理解】
	バイオテクノロジー	3	- バイオテクノロジーの良い点と問題点について関心をもち、意欲的に考える。 【関心・意欲・態度】 - 組織培養、細胞融合、遺伝子組換え、PCR法など生物の機能そのものに手を加えるバイオテクノロジーについて理解する。 【知識・理解】

(3) 「判断基準」の設定

実験結果を基に、核内の染色体にあるDNAの遺伝情報を基にタンパク質合成が行われていることを導きだせるかが重要となる。さらに、その過程は酵素（タンパク質）が重要な働きをしていることも重要となる。そのために、既習単元の「生体の情報とタンパク質」の学習での生体内の化学反応における指導との関連を考慮して、「判断基準」や補充指導、深化指導を設定した。

既習単元「第1章 生体の情報とタンパク質 第3節 異化」

アルコール発酵速度の温度曲線を作成し、その曲線が酵素反応における温度曲線と一致することから、アルコール発酵は酵素反応によるものであることを理解する。さらに、生体内の化学反応は連続した酵素反応であることを理解する。



本時「第2章 遺伝情報とその発現 第3節 形質発現の調節」

だ腺染色体の観察をすることで、タンパク質合成の過程を理解する。さらに、その過程も酵素反応を中心とした反応であり、その酵素もDNAの遺伝情報により合成されたものであることを理解する。

ア 既習単元の概要

既習単元は「生体の機能とタンパク質」であり、生体内におけるタンパク質の役割について学習した。その学習の中で呼吸（生物は有機物を体内で分解し、このとき放出されるエネルギーを用いて生活活動に必要なATPを合成する）の働きについて学習した。中でも嫌気呼吸であるアルコール発酵と温度との関係から呼吸は多くの酵素が連続的に関わる現象であることを理解させた。さらに、呼吸だけでなく生体内で起こる多くの反応は酵素が関係していることを理解させた。

評価規準（思考・判断・表現）
発酵速度の温度曲線を作成し、酵素の活性を示す温度曲線との関係から思考し、発酵は酵素反応によるものであると考えられる。
思考・判断に基づく表現内容（評価の対象）
発言、グラフ、ワークシートの記述内容
判断の要素
発酵速度における温度曲線の活用、酵素における温度曲線との関係
判断基準B
実験結果より反応速度を求めることができ、発酵速度の温度曲線を作成することができる。作成した酵素反応速度の温度曲線の形から、酵素が関係していることを説明している。
【予想される生徒の表現例】 酵素活性速度の温度曲線と同じ形をしているから、アルコール発酵は酵素の影響を受けているのではないか。
C状況生徒への指導
反応速度とはどういうものかを説明し、計算の仕方について指導する。発酵速度の温度曲線と同じ形をしているグラフを教科書から見付けさせる。そして、なぜ同じグラフになるのかを考えさせ、結論を導くことができるようにする。

判断基準A
【判断基準Bに加えて】 結論について、酵素と呼吸の関係について説明することができる。
【予想される表現例】 発酵速度の温度曲線と酵素反応速度の温度曲線はまったく同じ結果であることから、呼吸は酵素反応そのものであると思う。さらに、アルコール発酵を含めた全ての呼吸は、酵素反応が連続して起こっている反応である。
B 状況生徒への指導
酵素反応は具体的にどのようにアルコール発酵に影響を与えているのか考えさせる。さらに、アルコール発酵・乳酸発酵・好気呼吸に共通する反応である解糖系についてもふれ、酵素と呼吸との関係について考えさせる。

イ 本時「だ腺染色体の観察実験」の判断基準

評価規準（思考・判断・表現）
だ腺染色体の観察結果を基に、タンパク質合成の過程と関連しながら考え表現している。
思考・判断に基づく表現内容（評価の対象）
発言・ワークシートの記述内容
判断の要素
だ腺染色体の観察、タンパク質合成との関係
判断基準B
パフではDNAの二重らせんがほどけて、DNAを基にしてRNAが合成される転写が行われていることを表現できる。
【予想される生徒の表現例】 パフでは、DNAがほどけ転写されて、RNAが合成されている。
C 状況生徒への指導
パフの位置でDNAとRNAがどのように関わり、何が起こっているのか考えさせる。
判断基準A
【判断基準Bに加えて】 転写そのものに酵素が働いていることや、転写により作られたRNAを基に酵素が合成され、形質発現が起こることを表現できる。
【予想される生徒の表現例】 RNAの転写が起こり、そのRNAを基にこれから細胞質で翻訳が行われ、タンパク質合成が起こる。その過程は酵素反応によって起こり、その酵素もDNAからの転写・翻訳によって合成される。
B 状況生徒への指導
パフで転写が行われた後に、何が起こるのかを想起させ、合成された酵素と形質発現との関連について考えさせる。

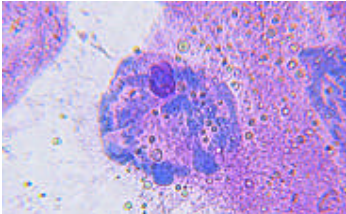
3 検証授業の実際

(1) 本時の目標

ユスリカの幼虫の、だ線にあるだ腺染色体の膨らみであるパフを観察し、mRNAがさかんに合成されるパフの周辺にRNAが多く分布することを確認する。また、観察を基にパフの部分で何が起きているのか、分子レベルでどういうことが起ころうとしているのかについて考察し、的確に表現することができる。

(2) 本時の実際

過程	学習活動	指導上の留意点	評価の観点
導入 3分	[学習目標を確認する] ・教科書や図録を用いて、だ腺染色体について復習する。	・2年次に、だ腺染色体を観察したことを思い出させる。 ・観察するだけでなく、その染色体で何が行われているのかについても考察するように促す。	
展開 ① 5分	[仮説の設定をする] ・メチルグリーン・ピロニン溶液を用いる目的を知る。 ・RNAが細胞質に存在する理由を考える。 ・だ腺染色体はどのように染色されるのか考える。	・タマネギを例にメチルグリーン・ピロニンはそれぞれ何を何色に染色するのか伝える。 ・細胞質のRNAはタンパク質合成に関わっていることを思い出させる。 ・核内の染色体では何が起きているのかを想像しながら仮説を考えさせる。	
展開 ② 5分	[実験方法を確認する] ・だ腺染色体の観察方法について確認する。	・観察は2人一組でさせる。 ・プレパラートの作成は全員するように指示する。	
展開 ③ 20分	[だ腺染色体の観察] ・プレパラートの作成。 ・だ腺を取り出す。 ・二重染色をする。 ・染色液を展開する。  ・染色体のスケッチをする。 ・染色体の観察をしながら考察する。	・だ腺を取り出し、できるだけだ腺以外の部分は全て取り除くように注意する。 ・染色液が服につかないように注意させる。 ・空気が入らないようにカバーガラスをかけさせる。カバーガラスは垂直に指で押して染色体を展開する。 ・染色体の模様や色に注意しながら、丁寧にスケッチさせる。	【観察・実験の技能】

展開 ④ 12分	〔実験結果の考察〕 考察1 染色体は何本観察できるか。 ・ 体細胞の染色体数と比較しながら考察する。 ・ だ腺がなぜ巨大なのかについても確認する。 考察2 だ腺染色体はどのように染色されているか。 ・ DNAレベルで考えた場合、パフでは何がどのような状態になっているのか考える。 考察3 RNAはどこに存在しているか。 考察4 なぜその部分ではRNAが多く存在しているのか。 	・ 染色体がうまく展開できないこともあり得るので、だ腺染色体の写真を用意しておく。  ・ DNAのよこしま模様がはっきりせず膨らんでいるのは、DNAがどのような状態になっているのか考えさせる。 ・ その部分は桃色に染まっていることから何が分かるのか考えさせる。 ・ 考察2よりパフにRNAが多く存在している事に気付かせる。 ・ ワークシートにおいて、深化指導や補充指導を実施する。 ・ 生体におけるタンパク質の役割についても触れる。	【思考・判断・表現】
まとめ ・ 後片付け 5分	まとめ ・ DNAからRNAが合成され、その後、タンパク質が作られる過程を確認する。 後片付け ・ パフの位置（転写の位置）はホルモンや調節遺伝子により調節されていることを確認する。 ・ 感想の記入，後片付け，プリントの提出をする。	・ 転写・翻訳は酵素によっておこなわれその酵素も転写・翻訳して作られたものであり，遺伝子とタンパク質は密接な関わりがあることを伝える。 ・ ろ紙やアカムシの残骸は燃えるゴミに捨てさせる。 ・ スライドガラス・カバーガラスは水の入ったトレイに入れさせる。	

(3) 「判断基準」を生かした指導

設定した補充指導、深化指導により、生徒の表現に高まりがみられた。以下は、生徒の表現と補充指導、深化指導の例である。

ア C状況の表現例

パフでは、DNAがほどけて膨らんでいる。

パフにはRNAが多く存在している。

【補充指導】パフの位置で、DNAからmRNAはどのようにして合成されるのか。また、その後のmRNAはどうなるのか教科書を用いながら考えさせた。

イ B状況のときの生徒の表現例

パフでは、DNAがほどけ転写されて、RNAが合成されている。

【深化指導】転写されてできたRNAは何の目的で合成され、その後、RNAはどうなっていくのか。また、転写の過程には何が必要か考えさせた。

4 研究の成果と課題（○…成果，●…課題）

(1) 学習内容の関連を踏まえた指導について

- アカムシのだ腺染色体の観察実験は「生物Ⅰ」にて行い、再度「生物Ⅱ」でも行った。このことにより、スムーズに観察・実験を行うことができた。さらに、「生物Ⅰ」では、だ腺染色体を観察することが目的であったのに対し、「生物Ⅱ」においては、その染色体において具体的に何が行われているのか、観察結果から考察するようにした。このことにより、染色体とDNAの関係、DNAとタンパク質の関係、タンパク質と個体の形質発現とを関連付けることができた。
- DNAを基にRNAが合成され、RNAを基にタンパク質（酵素）が合成される。さらに、その酵素が働き、転写や翻訳が行われることを理解させることができ、DNAとタンパク質（酵素）は生体の中で非常に重要で関連性があることを理解させることができた。
- 既習のアルコール発酵の実験から時間が経過しており、呼吸の学習内容を思い出すのに時間を要したことで、だ腺染色体の実験との既習内容との関連に気付かない生徒が少数いた。
- 実験内容や学習内容が高度で発展的な内容を含む部分があったことから、実験の目的を捉え理解するのに時間を要する生徒もいた。

(2) 「判断基準」を基にした指導と評価について

- 「判断基準」を設定したことにより、授業において何をどこまで生徒に理解させるべきか、発展的な内容についてどこまで提示するのかを明確化することができた。このことにより、授業における補充指導と深化指導を行いやすくなった。
- 深化指導の結果、授業後に生徒から「DNAとタンパク質は関連しながら回っている」という発言があった。それは、酵素がなくてはDNAだけでは転写や翻訳が起こらないこと、また、その酵素はDNAの遺伝情報を基に合成されており、DNAとタンパク質は非常に密接な関係があることを理解し表現しようとしたものであった。内容が高度で発展的であっても、自分なりに主体的に思考、判断し、それを表現しようとする姿勢を身に付けさせることができた。