

# 生徒が学力の伸長を実感できる学習評価方法の工夫

大垣西高等学校 今井 丈暁

## 1 研究のねらい

学習指導要領の改訂に伴い、生徒により具体化した「生きる力」を身に付けさせる学校教育が求められている。具体的には、生きて働く「知識・技能」の習得、未知の状況に対応できる「思考力・判断力・表現力等」の育成、学びを人生や社会に生かそうとする「学びに向かう力・人間性等」の涵養を三つの柱として、教科の目標や内容を再整理することが必要となっている。

本報告では、生徒が知的好奇心を持って身の回りの自然の事物・現象に関わるようになり、科学的な「見方・考え方」を主体的に働かせることによって、どのような「知識・技能」及び「思考力・判断力・表現力等」を身に付けさせることを目指すのかという具体的な目標を提示し、生徒が現段階で自分はどこまで達しているのかを理解できるための評価規準及び方法を検討することとした。

## 2 実践内容

### (1) 単元

「生物」

#### (1) 生命現象と物質

ウ 遺伝情報の発現

ウ) バイオテクノロジー

### (2) 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
遺伝情報の発現と発生について、遺伝情報とその発現、発生と遺伝子発現、遺伝子を扱う技術を理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。	遺伝情報の発現と発生について、観察、実験などを通して探究し、遺伝子発現の調整の特徴を見いだし表現している。	遺伝情報の発現と発生に主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。

#### 【知識・技能】

- ・ 遺伝子の増幅技術について、その原理と有用性を理解している。
- ・ 遺伝子の組換え技術について、その原理と有用性を理解している。
- ・ 断片の長さの違いによる DNA の分離方法の原理と有用性を理解している。
- ・ 遺伝子増幅技術を用いた実験の目的に応じて、器具や機器などを選択し、正しく実験を行うことができる。
- ・ 遺伝子増幅技術を用いた実験の過程や得られた結果を適切に記録することができる。

#### 【思考・判断・表現】

- ・ ポリメラーゼ連鎖反応-制限酵素断片長多型解析法 (Polymerase Chain Reaction – Restriction Fragment Length Polymorphism ;PCR – RFLP 法) を行う際に、実験結果が妥当だと結論付ける

根拠を提示する方法を発想し、表現している。

- ・PCR-RFLP 法を行い、電気泳動によって得られた実験結果を基にして考察し、表現している。

【主体的に学習に取り組む態度】

- ・バイオテクノロジーに関する事例についての学習に積極的に関わり、粘り強く問題解決しようとしている。
- ・バイオテクノロジーについて学んだことを新型コロナウイルス感染症の PCR 検査と関連付けて学習しようとしている。

(3) 単元の指導と評価の計画

時	主な学習活動など	重点	記録	評価規準・評価方法
1	遺伝子組換え技術	知	○	評価規準：知識・技能（記述分析） ・遺伝子の組換え技術について、その原理と有用性を理解できる。
2	植物や動物への遺伝子導入	知	○	評価規準：知識・技能（記述分析） ・遺伝子の組換え技術について、その原理と有用性を理解できる。
3	遺伝情報の解析① DNA の増幅	知		評価規準：知識・技能 ・遺伝子の増幅技術について、その原理と有用性を理解できる。
4	遺伝情報の解析② DNA の分離	知	○	評価規準：知識・技能（記述分析） ・断片の長さの違いによる DNA の分離方法の原理と有用性を理解している。
5	遺伝子発現の解析	態	○	評価規準：主体的に学習に取り組む態度（記述分析） ・バイオテクノロジーに関する事例についての学習に積極的に関わり、粘り強く問題解決しようことができる。
6	バイオテクノロジーと人間生活	態		評価規準：主体的に学習に取り組む態度 ・バイオテクノロジーについて学んだことを新型コロナウイルス感染症の PCR 検査と関連して学習しようことができる。
7	PCR-RFLP 法① DNA 抽出	知		評価規準：知識・技能 ・遺伝子増幅技術を用いた実験の目的に応じて、器具や機器などを選択し、正しく実験を行うことができる。
8	PCR-RFLP 法② 抽出 DNA の増幅	知		評価規準：知識・技能 ・遺伝子増幅技術を用いた実験の目的に応じて、器具や機器などを選択し、正しく実験を行うことができる。
9	PCR-RFLP 法③ 制限酵素処理と電気泳動法	知	○	評価規準：知識・技能（記述分析） ・遺伝子増幅技術を用いた実験の過程や得られた結果を適切に記録することができる。

10	PCR-RFLP 法④ 実験の考察とレポート作成	思	○	評価規準：思考・判断・表現（記述分析） ・PCR-RFLP 法を行う際に、実験結果が妥当だと結論付ける根拠を提示する方法を発想し、表現している。 ・PCR-RFLP 法を行い、電気泳動によって得られた実験結果を基にして考察し、表現している。
----	-----------------------------	---	---	--

#### （４）学習指導案

教科	理科	科目	生物	指導者	今井 丈暁
指導クラス	2年生理系 生物クラス			実習教員	
クラス観	医療系の大学・専門学校への進学を希望する生徒が多く、バイオテクノロジーに関する興味・関心は高い。基礎的な知識を持っている生徒は多いものの、社会で応用されている複合的な知識に関して完全に理解できている生徒は少ない。実体験に基づいて複合的に考察する力を養成するために、実験・観察を多く取り入れた授業を心がけている。				
教科書	改訂版 生物（数研出版）			補助教材	ニューステージ生物図表（浜島書店） 実験プリント PCR-RFLP 実験用具セット
本時	PCR-RFLP 法③ 制限酵素処理と電気泳動法（10時間中の9時間）				
学習目標	PCR 増幅産物を制限酵素処理し、電気泳動法により断片ごとに分離した結果を観察することができる。				
学習評価の観点	①遺伝子増幅技術を用いた実験の目的に応じて、器具や機器などを選択し、正しく実験を行うことができる。【知識・技能】 ②遺伝子増幅技術を用いた実験の過程や得られた結果を適切に記録することができる。【知識・技能】				
本 時 の 展 開					
過程	学習内容	教師の働きかけ	学習活動 (生徒の活動)	評価の観点	評価方法や 指導上の留意点
導入 10 分	前時の復習	PCR による遺伝子の増幅と制限酵素処理の原理を問いかける。	実験プリントに書き残していたことを振り返り、実験ペアで確認する。		
	今回の実験操作の説明	タンポポの遺伝子を増幅した産物のみが、適切に制限酵素処理が行われ、それを確認する方法を説明する。	ポジティブ・ネガティブコントロールをどのように設定したらよいかを考えながら、説明を聞き、対照実験を設定する。	学習評価の規準② 【知識・技能】	「記録観察」 対照実験は複数の組み合わせが必要なので、できるだけ多くの候補を挙げるように指示する。

展 開 35 分	アガロースゲルへの分注の練習	練習用アガロースゲルを使い、色素のウェルへの分注を練習させる。	マイクロピペット(20 $\mu$ L)を用いて素早くウェルに色素サンプルを分注する。	学習評価の規準① 【知識・技能】	「結果観察」 ウェルから色素が溢れない程度にゆっくりと正確に操作する。
	電気泳動槽内のゲルへのサンプル分注	電気泳動槽内に入っているゲルへ自ら設定した順番にサンプルを分注させる。	マイクロピペット(20 $\mu$ L)を用いて素早くウェルに色素サンプルを分注する。	学習評価の規準① 【知識・技能】	「結果観察」 ウェルから色素が溢れない程度にゆっくりと正確に操作する。
	電気泳動の観察及び、実験プリントへの記録	ゲルへの分注を終えた班から電気泳動を開始させる。 5分おきに電気泳動の様子を観察しながら、本時の実験の記録を記入させる。	青色と黄色の色素が分離している様子を観察する。  自分たちが設定した対照実験の役割や順番を実験プリントに記録する。	学習評価の規準② 【知識・技能】	「記録観察」 対照実験の設定の過程を消すことなくすべて記録させる。
ま と め 5 分	電気泳動の結果の写真撮影	泳動の終わった班からゲルの様子を撮影する。	撮影装置までゲルを運び、結果の写真を受け取る。		ゲルに触るときは必ず両手に手袋を着用する。
	次回の予告	制限酵素処理した写真を見ながら、観察のポイントを伝える。	結果の観察のポイントを理解する。		写真を実験プリントに直接貼らせる。

#### (5) 本時の学習評価の基準

①実験器具を正しく扱い、安全に実験を行っている。【知識・技能】

A: 溶液を分注する際に適切なマイクロピペットを使用し、溶液がコンタミネーションしないように、チップを取り替えながら実験を行うことができる。また、使用していない器具を整理整頓し、実験スペースを広く使えるように工夫している。

B: 溶液を分注する際に適切なマイクロピペットを使用し、溶液がコンタミネーションしないように、チップを取り替えながら実験を行うことができる。

C: 溶液を分注する際に適切なマイクロピペットを使用し、溶液がコンタミネーションしないように、チップを取り替えながら実験を行うことができない。

②遺伝子増幅技術を用いた実験の過程や得られた結果を適切に記録することができる。

【知識・技能】

A：ポジティブコントロール、ネガティブコントロールを正しく設定し、制限酵素処理後に行う電気泳動法に関する実験結果を記録することができる。

B：制限酵素処理後に行う電気泳動法に関する実験結果を記録することができる。

C：制限酵素処理後に行う電気泳動法に関する実験結果を記録することができない。

## (6) 評価例

### ①「結果観察」

実験班ごとに評価基準に基づいてチェック項目を作成した上で評価を実施した。

#### 【評価 A となる項目】

- ・マイクロピペット用のチップケースの蓋が分注する際に閉められている。
- ・20 $\mu$ L まで分注可能なマイクロピペット以外のマイクロピペットはバットに片付いている。

#### 【評価 B となる項目】

- ・アガロースゲルを壊さずにウェルに色素またはサンプルを分注できている。

### ②「記録観察」

#### 【評価 A となる項目】

- ・理由とともに適切なポジティブコントロール、ネガティブコントロールを選択することができる。  
選択肢は以下のものを実験プリントに記載し、必要なものを選ぶとともに理由を記録させた。

<コントロールの選択肢>

- 1) DNA 抽出を行う際に、抽出溶液を添加しなかったもの
- 2) DNA 抽出を行う際に、タンポポ以外の植物を用いて DNA 抽出をしたもの
- 3) PCR 法を行う際に、プライマーを添加しなかったもの
- 4) PCR 法を行う際に、DNA ポリメラーゼを添加しなかったもの
- 5) PCR 法を行う際に、抽出した DNA を添加しなかったもの
- 6) 制限酵素処理を行う際に、制限酵素を添加しなかったもの
- 7) 制限酵素処理を行う際に、PCR 法で増幅した DNA を添加しなかったもの
- 8) 制限酵素処理を行う際に、20 $^{\circ}$ C で反応をさせたもの（本来の設定温度は60 $^{\circ}$ C）
- 9) 制限酵素処理を行う際に、確実に外来タンポポの特定領域を増幅した DNA を添加したもの
- 10) 制限酵素処理を行う際に、確実に在来タンポポの特定領域を増幅した DNA を添加したもの

<ポジティブコントロールの正解例>

9) と 10) を選択し、「制限酵素処理を行ったところ、DNA の切断が起こり、断片長に多型ができることが分かる」と記載されている。

<ネガティブコントロールの正解例>

6) を選択し、「制限酵素を添加しないと、PCR 法で増幅した DNA の切断が起こらない」と記載されている。

それ以外の番号は制限酵素処理に対する対照実験しては適切ではないため対象外とした。

#### 【評価 B となる項目】

- ・サイズマーカー及び、制限酵素処理したサンプルのバンドを観察することができる。

本時は【知識・技能】に関して記述分析によって評価を行うこととしたため、②の観点に重点をおいて評価した。①②の順に AA・BA を A、CA・AB・BB を B、CB・AC・BC・CC を C と評価することとした。

### 3 成果

今年度始めて DNA の抽出～PCR 法による増幅～制限酵素処理～電気泳動による観察という一連の実験を行うことができた。学習評価の規準となる A・B・C を設定し、生徒が自らどの位置に到達することが望ましいのか分かるようにしたことで、生徒が見通しを持って活動ができるようになった。実際に問題演習をするように、対照実験の設定や添加する反応溶液の順番の意味などを班員と協働して考えながら実験を進めたため、実体験に基づいて知識を身に付けることができたのではないかと考えている。また、未知の実験に対して、対照実験の設定問題を作ることで、思考力を育成する手立てを作れたと考えている。

### 4 課題と改善点

思考の過程をすべて記録するために、考察の時間を多く設定して授業を計画したため、進度が遅くなってしまう可能性が高いと感じている。そのため、生徒に身に付けさせたい知識・技能及び、思考・判断・表現力を絞って課題を設定し、バランスを取りながら実験を行っていくことが重要であると考えられる。また、設定した課題の難易度が高いため、生徒に考えの糸口を提供しているつもりだが、解答に近い形で伝えてしまう可能性が非常に高いと感じた。単元の前半から実験を行う上で重要となる知識を定着させられるように、確認の小テストや教え合い等を交えながら授業を計画する必要があると考えられる。