

試験問題例と実施後の分析

科目名	探究生物 I	学年類型	2 年理系	単元名	遺伝情報とその発現
単元の観点ごとの目標					
知識及び技能		思考力、判断力、表現力等		学びに向かう力、人間性等	
遺伝情報とその発現について、日常生活や社会と関連付けながら、その仕組み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基本的な技能を身に付けること。		遺伝情報とその発現について、観察、実験などを通じて探究し、遺伝現象における規則性や関係性を見いだして表現すること。		遺伝情報とその発現に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度と、生命を尊重する態度を養うこと。	
単元の観点ごとの評価規準					
知識・技能		思考・判断・表現		主体的に学習に取り組む態度	
遺伝情報とその発現について、日常生活や社会と関連付けながら、その仕組みの基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、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。		遺伝情報とその発現について、観察、実験などを通じて探究し、遺伝現象における規則性や関係性を見いだして表現している。		遺伝情報とその発現について、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。	
考查名	2 学期中間考査			想定解答時間	各 5～10 分

＜生徒の実態＞

本校は、2011年度に文部科学省よりスーパーサイエンスハイスクール（SSH）に指定された。現在は5年ごとに申請するSSHの第Ⅲ期に当たり、令和3年度入学生から新たな類型コースとして「探究系」を設置し、2年時から、探究系・理系ともに「学び方の学習」や「知識の活用の方策」をよりいっそう重視した学習活動を行っている。

担当する2年生理系「生物」選択者は2クラス67名である。総じて学習意欲が高く、授業を受ける態度や課題などへの取組状況もよい。2年時の「生物」は3単位で実施しているが、2学期は多くの時間を個人の研究テーマを深める課題研究に割くため、それに伴って「生物」の授業内で行うべき一般的な実験の時間を確保できないことが課題である。

＜出題の意図と作問上の留意点＞

① DNAの複製（単元計画シートとの関連 5/12 時間目）

(2) 記述問題

教科書や資料集には、DNA新鎖の材料となるデオキシリボヌクレオシド三リン酸（dNTP）について、模式図には示してあるものの、その詳細についての記載がない場合が多い。この問いでは、教科書や資料集をよく読むと、新たな発見が多くあり、また、同様に疑問も生じることに触れることで、更なる探究心を養うとともに、dNTPの三リン酸に注目してATPとの構造の類似性に気付き、「エネルギーを取り出すのではないか」という答えを導くことを目的としている。

(4) 記述問題

教科書や資料集には、図1のような模式図が紹介されているが、簡略化されたものであり、DNAの複製については、実際は解明されていない点が多い。現在も研究が続けられており、効率よくDNA複製を行うためにDNAポリメラーゼやヘリカーゼなどの複製に関わる因子が集まって協調的にはたらくことから、これに基づくさまざまなモデルが提唱されている。例えば、トロンボーンモデルは、ラギング鎖合成において、親鎖の一部がループ構造を形成し、複製過程でこのループが演奏中のトロンボーンのように伸びたり縮んだりするという仮説である（Lewin, 2002）。

この問いでは、DNAポリメラーゼが固定されているという条件から「鋳型鎖自体を動かせばよ

い」と仮説を導くことを目的としている。

② 転写と翻訳（単元計画シートとの関連 7/12 時間目）

(3) 選択問題

②は、全体を通して標準的な問題であるが、(3)では、終止コドンが3種あることに注目し、候補となる塩基配列が複数種あることを考えることで、既存の問い方に工夫を加えた。

(5) 選択問題

RNAポリメラーゼが、鋳型鎖を3'→5'方向へ移動しながらmRNAを5'→3'方向へ合成することは、5'キャップやポリA尾部などのRNAプロセッシングや、後に学ぶPCR法やサンガー法などの理解にもつながる。これにポリペプチドの合成方向も加えることで、転写から翻訳までのセントラルドグマにおける方向性というテーマで作問した。

単なる知識問題とならないよう、問題文中にリボソームがポリペプチドにアミノ酸を付加させる過程を記し、文章から合成方向を推定する問題とした。

<問題（その1）> [DNAの複製] 観点別学習状況の評価 **思考・判断・表現**

1 DNAの複製

I DNA複製は以下の手順で進行する。図1はDNA複製のようすを模式的に示したものである。

- (ア)によってDNA2本鎖を形成する水素結合が切断され、DNAが2本の鋳型鎖に分かれる。このとき、二重らせんの開裂部を複製フォークとよぶ。
- 複製の開始点として(イ)が合成される。これに続いてDNAポリメラーゼが新生鎖を合成する。
- DNAを構成する2本のヌクレオチド鎖は互いに逆向きに配置している。また、DNAポリメラーゼは新生鎖を5'→3'方向にのみ合成する。したがって、2本の鋳型鎖に対して合成される新生鎖のうち、一方は複製フォークの進行方向と同じ向きに連続的に合成されるのに対し、もう一方は複製フォークの進行方向と逆向きに短い断片をつくりながら不連続に合成される。連続的に合成される新生鎖を(ウ)鎖、不連続に合成される新生鎖を(エ)鎖という。また、(エ)鎖における短い断片を(オ)という。

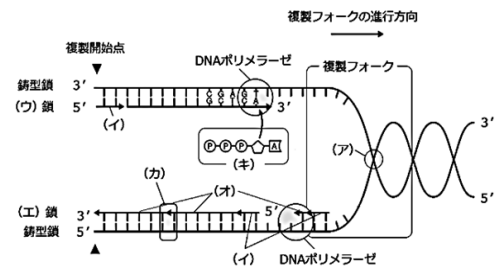


図1 DNA複製のようす

(エ)鎖は、断片の起点にある(イ)が除去されたのち、(カ)によって(オ)どうしがつながれることで完成する。

(1) 省略

(2) 図1中の(キ)は、新生鎖のヌクレオチドとして用いられるdNTP (dATP)の模式図である。

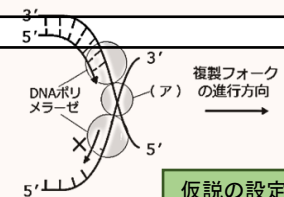
i) 省略

ii) DNAを構成するヌクレオチドはリン酸が1つであるのに対し、dNTPはリン酸が3つ結合している。このことを踏まえて、dNTPを材料として用いる理由について簡潔に述べよ。

**自然事象に対する
気付き**

(3) 省略

(4) 図1では、(ア)とDNAポリメラーゼが離れて示されているが、実際には両者は複合体を形成して複製中に離れることはない。この場合、(ウ)鎖は問題なく合成できるが、逆方向に合成される(エ)鎖はどのようにして作られるのかという問題が生じる。複合体は複製フォークの進行方向に対して逆向きに戻ることはないとして、(エ)鎖合成のしくみについて推測せよ。



<1における生徒の解答状況>

(2)のii 正答率 30% (○のみ) ○19 △8 ×26 無解答 10 (全体 63)

- の例
 - ・dNTPの高エネルギーリン酸結合を切ることでエネルギーを得るため。
 - ・リン酸どうしの高エネルギーリン酸結合からエネルギーを利用するため。
- △の例
 - ・エネルギーを多く必要とするから。
 - ・dNTPのリン酸をくっつけるのにエネルギーを使うから。
- ×の例
 - ・リン酸が一つだとなくなってしまうときに鎖が切れてしまうから。
 - ・一つのdNTPでヌクレオチド三つ分にリン酸を供給できるから。
 - ・リン酸三つの強い結合力で複製したDNAを壊れにくくするため。

(4) 正答率 0% ○ 0 △ 0 × 48 無解答 15 (全体 63)

- ×の例
- ・岡崎フラグメントを複製フォークの進行方向と反対に少しずつつくっていく(多数)。
 - ・DNAリガーゼがラギング鎖の断片をつなげながら合成する(多数)。
 - ・プライマーが先に結合することで、その後が続いて合成する。
 - ・別のバブルのフォークが進んできたときに断続的にプライマーをつくり合成していく。

<1>における実施後の教師の指導改善・生徒の学習改善に向けた取組について>

(2)については、63名中53名が解答し、正解したのは19名(正答率30%)であった。問題文に、「d N T Pはリン酸が三つ結合している。このことを踏まえて」と示したこともあって多くの生徒がA T Pの構造を連想することができたようである。部分点を与えた解答も、エネルギーという点については気付いたものが多くあった。厳密には、高エネルギーリン酸結合を二箇所切断するのではなく、リン酸が二つつながったピロリン酸が遊離すると考えられているが、ここではその点には言及せず、少々異なる解答も正解とした。また、このことについてはテスト返却時の解説で補足した。DNAポリメラーゼが5'→3'方向にしか新鎖を合成できないのは、ピロリン酸が切り離される方向に依存しているからである。余力があれば、発展分野の学習として授業等で取り扱いたい。

(4)については、63名中48名が解答したが、正解者は0名であった。問題が成立しているかも踏まえて、見直す必要があると強く感じた。多くの解答は、不連続に合成されるラギング鎖について記されていた。岡崎フラグメントをつくる理由について問うたのだが、出題の意図が、上手く伝わらなかったか、そもそも問題文自体が分かりにくく、問い方が悪かったと反省した。このような問題自体が理解し難いような問いは、授業内で扱ったうえで、取り組んだ内容の復習という意図で出題することが効果的であると考える。また、かなり発展した内容であるので、定期テストではなく、ワークショップや実力テスト内で取り扱う方がよいと感じた。

<1>の模範解答>

- (2) ii リン酸どうしが結合した高エネルギーリン酸結合のエネルギーを用いてヌクレオチドどうしをつなげる。
- (4) ラギング鎖の鋳型鎖を前方に巻き戻すことで新鎖を合成する。

<問題 (その2)> [転写と翻訳] 観点別学習状況の評価 **思考・判断・表現**

2 転写と翻訳

I 転写の過程では、DNAの2本鎖の一部が1本鎖になり、一方のヌクレオチド鎖を鋳型として、相補的に mRNA が合成される。このとき、鋳型となる鎖を (ア) 鎖という。翻訳の過程では、mRNA の連続した 3つ塩基が一組となって1つのアミノ酸が指定される。翻訳は (イ) によって行われ、(ウ) が運んできたアミノ酸のアミノ基を合成中のポリペプチドの C 末端にあるカルボキシ基に結合させる。

図1は、ある遺伝子の一部が mRNA に転写された後、アミノ酸に変換されるようすを模式的に示したものである。*はタンパク質の合成を停止させる DNA の塩基配列を示している。必要に応じて、図2のコードン表を参考にして、以下の問いに答えよ。

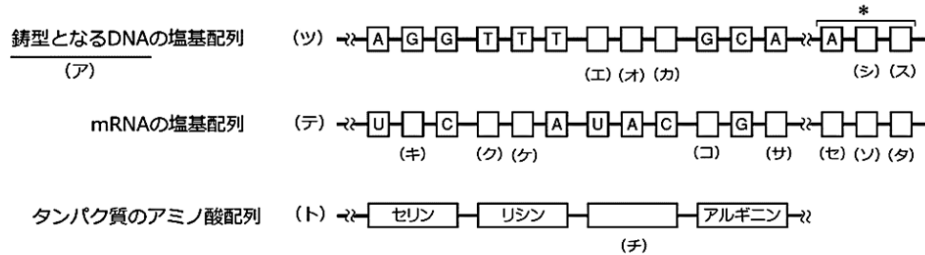


図1 遺伝情報の変換

1番目の塩基	2番目の塩基	2番目の塩基				3番目の塩基		
		ウラシル (U)	シトシン (C)	アデニン (A)	グアニン (G)			
U	UUU	フェニル	UCU	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
	UUC	アラニン	UCC	UAC		UGC		C
	UUA		UCA	UAA	終止	UGA	終止	A
	UUG	ロイシン	UCG	UAG	終止	UGG	トリプトファン	G
C	CUU		CCU	CAU	ヒスチジン	CGU		U
	CUC	ロイシン	CCC	CAC		CGC	アルギニン	C
	CUA		CCA	CAA	グルタミン	CGA		A
	CUG		CCG	CAG		CGG		G
A	AUU		ACU	AAU	アスパラギン	AGU		U
	AUC	イソロイシン	ACC	AAC		AGC	セリン	C
	AUA		ACA	AAA	リシン	AGA	アルギニン	A
	AUG	メチオニン	ACG	AAG		AGG		G
G	GUU		GCU	GAU	アスパラギン酸	GGU		U
	GUC	バリン	GCC	GAC		GGC	グリシン	C
	GUA		GCA	GAA		GGA		A
	GUG		GCG	GAG	グルタミン酸	GGG		G

図2 コドン表

(1) 省略

(2) 省略

(3) (シ)～(タ)のうち、塩基がCとなる可能性があるものをすべて選べ。

考察・推論

(4) 省略

(5) (ツ)～(ト)の末端の組合せとして正しいものを①～⑧から1つ選べ。

考察・推論

	(ツ)	(テ)	(ト)		(ツ)	(テ)	(ト)
①	3'末端	3'末端	C 末端	⑤	5'末端	3'末端	C 末端
②	3'末端	3'末端	N 末端	⑥	5'末端	3'末端	N 末端
③	3'末端	5'末端	C 末端	⑦	5'末端	5'末端	C 末端
④	3'末端	5'末端	N 末端	⑧	5'末端	5'末端	N 末端

<2>における生徒の解答状況>

(3) 正答率 73%

ス2 ソ2 タ1 シ・ス46 ソ・タ3 キ・シ・ス1

キ・コ・シ・ス1 キ・コ・ソ・タ1 シ・ス・ソ・タ4 無解答2 (全体 63)

(5) 正答率 19%

①0 ②1 ③24 ④12 ⑤9 ⑥12 ⑦3 ⑧1 無解答1 (全体 63)

<2>における実施後の教師の指導改善・生徒の学習改善に向けた取組について

(3)については、63名中61名が解答し、正解したのは46名（正答率73%）であった。問題文に「Cとなる可能性があるもの」と示したこともあって多くの生徒が、終始コドンに複数の候補があることに気付くことができたようである。コドンの重複については、アミノ酸を指定するものも含め、「ゆらぎ仮説」などの発展的な内容につながる。また、点変異が起きた際のポリペプチドの長さの変化についても理解が深まるのではないかと考えられる。

(5)については、63名中62名が解答し、正解したのは12名（正答率19%）であった。転写の方向を理解していれば、選択肢を③か④にまで絞ることができる。③と④は合わせて36名なので6割近くの生徒は、転写の方向について、しっかりと学習することができたようである。③を選択したものが多かったのは、問題文に「アミノ酸のアミノ基をポリペプチドのC末端にあるカルボキシ基に結合させる」としたため、文章自体が分かりにくかったか、単純にCを選択したと考えられる。また、N末端について、授業では扱ったものの応用分野でもあるので、問題文中に「ポリペプチドのアミノ基側をN末端とよぶ」と記載するべきであった。

<2>の模範解答例

(3) シ・ス (5) ④

参考文献 ・ Benjamin Lewin (2002) : 「遺伝子 第7版」 菊池ほか訳, 東京化学同人, 972pp