

平成 29 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 50 ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物	理	1 ~ 9 ページ,	化	学	10 ~ 25 ページ
生	物	26 ~ 40 ページ,	地	学	41 ~ 50 ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90 分。
 - (2) 理学部および農学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ② 理科 2 科目の受験者は、180 分。
 - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180 分。
- 6 物理は、学部によって解答する問題が異なるので、問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 7 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

細胞が分裂や増殖、生存などのために必要な活動を行うためには、遺伝子の発現が必須である。従来、遺伝情報は、DNA から RNA に変換され、さらにこれが細胞質に存在する小器官 で最終産物であるタンパク質として合成されてはたらくというのが一般的な遺伝子発現の方向と考えられてきた(セントラルドグマという)。

しかし、今から 40 年ほど前に、ハワード・テミンやデビッド・ボルチモアらが発見した という酵素の存在によって、一本鎖 RNA が鋳型となって DNA が合成されるという逆方向の反応系がある種類のウイルスの動物細胞への感染の成立過程で存在することが明らかにされた。現在ではこの酵素を利用した遺伝子工学技術が世界的に使われている。

たとえば、ヒトの細胞内で特定の遺伝子が活性化していることを次のように調べることができる。まず、材料とする細胞から RNA を抽出し、その中に含まれる RNA の 3' 末端側にある特徴的配列であるポリ A 尾部(3' 末端側の数個～数十個のアデニンが連続した配列)に対する相補的なプライマーと 4 種類のヌクレオチド、および を反応させて、もとの RNA に対する相補的な配列をもつ DNA をつくる。これをさらに、目的とする遺伝子の配列の 5' 末端側および 3' 末端側それぞれに特異的な配列をもつ一組のプライマーを用いて と呼ばれる方法によって数十万倍～数百万倍に増幅させ、十分な量に達したのちに電気泳動法などでこの産物を検出することで特定の遺伝子の活性化の証拠とする。現在この手法は細胞生物学の研究でひろく応用されている。

問 1 文章中の ～ に適切な語句を入れよ。

下 書 き 用 紙 (自由に使用してよい。持ち帰ること。)

問 2 下線部(ア)に関して、次の核酸配列をもとに合成されるポリペプチド鎖のアミノ酸配列を、表1の遺伝暗号表を使って書け。ただし、はじめのAUGを開始コドンとする。

(核酸配列) 5'-AUGGGUCCAAGGAAGGUUUGAGAC-3'

表1 遺伝暗号表

		2番目の塩基					
		U	C	A	G		
1番目の塩基	U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U	3番目の塩基
		フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	C	
		ロイシン	セリン	終止	終止	A	
		ロイシン	セリン	終止	トリプトファン	G	
	C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U	
		ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	C	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	A	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	G	
	A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U	
		イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	C	
		イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	A	
		メチオニン	トレオニン	リシン	アルギニン	G	
	G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U	
		バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	C	
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	A	
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	G	

問 3 下線部(イ)に関して、この過程を表す順序として正しいものはどれか。次の

(a)~(d)から一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 転写 → 複製
- (b) 転写 → 翻訳
- (c) 翻訳 → 複製
- (d) 翻訳 → 転写

問 8 ある遺伝子 X を大腸菌で発現させる実験を計画した。まず、X のもつ DNA の二本鎖の両端を同じ一つの制限酵素 *Eco* RI だけで処理したものと、同様の処理をしたプラスミド(図 1)を DNA リガーゼを用いて結合し、得られた組換えプラスミドの中から挿入した遺伝子 X を正しく発現するものを 4 で選ぶことにした。この時、X のもつ約 300 塩基対の長さの増幅産物を得ることを選定の目安にしたい。そのためのプライマーの組合わせとして適切なものを次の(a)~(e)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) ①と②
- (b) ①と③
- (c) ①と④
- (d) ②と③
- (e) ③と④

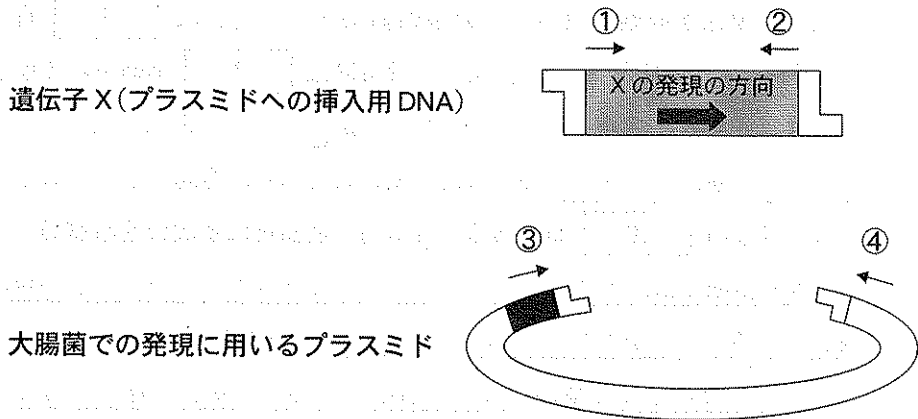


図 1 実験に用いた DNA 断片とプラスミドの模式図

- 遺伝子 X (太い矢印は発現の方向を表す)
 - は大腸菌内で遺伝子 X を発現させるためのプロモーターの位置
- 図の矢印①から④は各プライマーの結合部位と合成反応の進む方向を表す。

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

運動や体の中での物質合成など、すべての生命活動にはエネルギーが必要である。多くの生物は、主要なエネルギー源として [1] を利用している。細胞が酸素を用いて [1] を分解する際に、水と二酸化炭素を生成するとともに放出されたエネルギーをATPの合成に使う。ATPの構造は、アデニンに [2] という糖が結合したアデノシンに、 [3] 分子のリン酸が結合した構造をとる。特に、リン酸どうしの結合は [4] と呼ばれ、結合が切れるとADPとなり、このときエネルギーを放出する。そして、エネルギーを必要とするさまざまな生命活動に利用されている。

たとえば、筋肉の収縮や弛緩もATPの分解エネルギーに依存している。筋肉は、筋繊維という細長い筋細胞が集まってできている。胃や腸などの内臓の筋肉を観察すると、筋繊維中には縞模様がなく、一方、骨格筋や心筋の筋繊維中には多数の縞模様が観察される。この観察結果から、前者は [5] 筋、後者は [6] 筋と呼ばれている。また、骨格筋は [7] 神経系に支配されており、意志によって収縮させることのできる [8] 筋である。一方、心筋と [5] 筋は [9] 神経系に支配されており、意志によって収縮させることのできない [10] 筋である。骨格筋の筋繊維は多数の筋原繊維の束からなり、筋原繊維では、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントが規則的に配列している。アクチンフィラメントはZ膜から両側に突き出し、ミオシンフィラメントは隣り合うZ膜の中央に位置している。Z膜から隣のZ膜までをサルコメア(筋節)といい、その繰り返し構造によって縞模様が形成される。

神経からの活動電位が筋繊維表面の膜を通過して筋小胞体に伝わると、筋小胞体から [11] イオンが放出され、 [12] 分子が活性化される。 [12] 分子の頭部はATP分解酵素としてはたらき、このとき放出されるエネルギーを用いて筋収縮が起こる。激しい運動では繰り返し筋収縮が起こるのでATPが不足しがちになるが、筋細胞には [13] という形でもエネルギーが蓄えられており、 [13] とADPからATPがつくられる。

問 1 文章中の [1] ~ [13] に適切な語句または数字を入れよ。

問 2 下線部(ア)に関して、真核細胞ではどこで行われているか。細胞小器官名で答えよ。

問 3 下線部(イ)に関連して、たとえばヒトの赤血球の内部と外部(血しょう)において、ナトリウムイオン濃度とカリウムイオン濃度には差異が存在する。

(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) ヒトの赤血球内部および血しょうにおけるナトリウムイオン濃度とカリウムイオン濃度についての正しい記述を、次の(a)~(d)から一つ選び、記号で答えよ。

(a) 血しょうと比較して、赤血球内部のナトリウムイオン濃度は高く、カリウムイオン濃度も高い。

(b) 血しょうと比較して、赤血球内部のナトリウムイオン濃度は高く、カリウムイオン濃度は低い。

(c) 血しょうと比較して、赤血球内部のナトリウムイオン濃度は低く、カリウムイオン濃度も低い。

(d) 血しょうと比較して、赤血球内部のナトリウムイオン濃度は低く、カリウムイオン濃度は高い。

(2) ヒトの赤血球内部と血しょうにおけるナトリウムイオン濃度とカリウムイオン濃度との差異を維持するしくみを持つタンパク質をなんというか。次の(a)~(d)から一つ選び、記号で答えよ。

(a) ナトリウムポンプ

(b) カリウムポンプ

(c) ナトリウムチャネル

(d) カリウムチャネル

問 4 下線部(ウ)に関して、筋原繊維を観察すると、明帯と暗帯とが交互に配列していた。筋肉の弛緩時と収縮時に対応したサルコメアの構造を、模式図で示せ。ただし、単一のサルコメアのみを示し、図中に、サルコメア、アクチンフィラメント、ミオシンフィラメント、Z膜、明帯、暗帯を明確に指示すること。

3 は次ページ

3

以下の文章 I、II を読み、各問いに答えよ。

I シロイヌナズナの花は、外から中央にむかって順に、がく、花弁、おしべ、めしべが並んでいる。これら4つを花器官といい、各花器官が形成される位置を、領域1、領域2、領域3、領域4という。三つの遺伝子A、B、Cがつくるタンパク質の組み合わせによって、各領域に花のどの部分が形成されるかが決まる。例えば、領域3で遺伝子BとCがはたらき、おしべがつくられる。これを花器官形成のABCモデルという。

問1 領域3、領域4におしべ、めしべがそれぞれ形成されず、がくと花弁だけからなるシロイヌナズナ突然変異体が存在する。このような花器官異常を引き起こす原因は遺伝子A、B、Cいずれかの変異による。どの遺伝子に変異が生じているか答えよ。

問2 チューリップの花にはがくが形成されず、領域1には領域2と同様に花弁が形成されている。チューリップの花の領域1ではたらくと予想される遺伝子をすべて答えよ。

問3 花器官形成のきっかけとしてはたらく花芽形成促進物質(花成ホルモン)の名前を答えよ。また、このホルモンが光や温度に応答してつくられる主な植物器官名を次の(a)~(e)から一つ選び、記号で答えよ。

(a) 根 (b) 茎 (c) 葉 (d) 茎頂 (e) 花

問4 対立遺伝子XおよびYが存在するある一つの遺伝子座に注目したとき、遺伝子型XXをもつシロイヌナズナ個体がおしべを提供し、遺伝子型YYをもつ個体がめしべを提供して交配がおきたとする。交配後に形成された種子において、注目している遺伝子座の遺伝子型がどのようになるか、種皮、糊粉層(胚乳由来)、胚にわけて、それぞれXもしくはYの記号を用いて答えよ。

Ⅱ 植物は自分のおかれている環境の光情報をよみとって、最適な成長パターンをしめす。たとえば、植物の芽生えは片側から光を照射されると、地上部の成長方向を光源へとむける光屈性という性質をしめす。19世紀に進化論を提唱した とその息子は、クサヨシの幼葉鞘を用いて実験を行い、光の方向は幼葉鞘先端部で感知されること、屈曲は先端部よりやや下の部分でおこることを発見した。このことから、幼葉鞘先端部から屈曲のおこる部位まで、何らかの形で情報が伝達されていることがわかった。のちにこの情報伝達物質が同定され、植物成長ホルモン と名付けられた。

日の光を好む陽生植物は、他の植物の葉の下にあって光をうけとりにくい状況になると、茎を伸長させて他の個体よりも上へと伸びようとする。これを避陰反応という。避陰反応は、植物にあたる遠赤色光の量の割合が、赤色光の量に対して高くなると誘導される反応である。 避陰反応においても光刺激に应答して植物成長ホルモンが茎や胚軸で増加し、伸長を促進させると考えられている。

問 5 文章中の と に適切な語句を入れよ。

問 6 光屈性反応と避陰反応、それぞれの光環境応答にもっとも重要なはたらきをしている光受容体の名前をそれぞれ答えよ。

問 7 下線部(ケ)に関して、他の植物の葉の下にいるとなぜ赤色光に対する遠赤色光の量の割合が高くなった光があたるようになるのか、図 1 を参考に 40 字程度で答えよ。

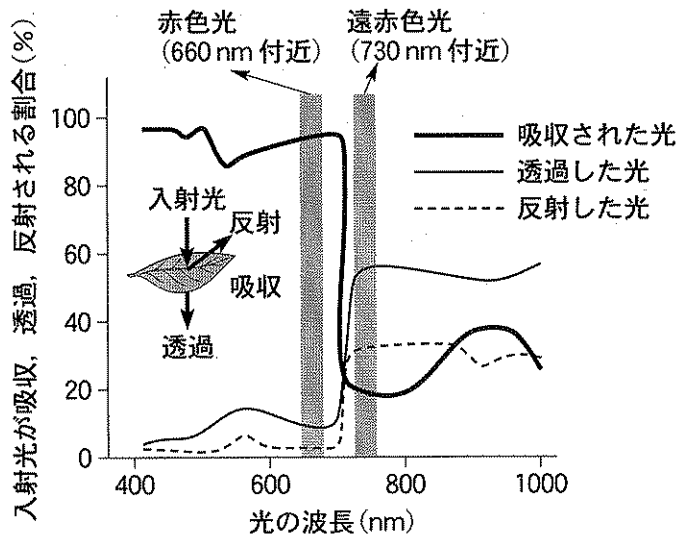


図 1 典型的な植物の葉における光の吸収，透過，反射の割合

問 8 避陰反応は植物が競争に勝つための環境適応能力の一つであるが、収量増加を目的に密植栽培を行うイネやダイズなどの農作物にとっては望ましくない性質である。なぜ密植栽培を行う農作物にとって避陰反応は望ましくない性質なのか、その理由を 60 字程度で答えよ。

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

同一種の個体間にみられる変異は、遺伝するかどうかにより [1] 変異と遺伝的変異に分けることができる。遺伝的変異は突然変異により生じる。突然変異には [2] 突然変異と遺伝子突然変異が知られている。遺伝子突然変異の例として、ヒトのヘモグロビタンパク質(β 鎖)で、6番目のアミノ酸を決定するコドンの2番目の塩基がTからAに置換している変異が知られている。^(ア)この変異はヘモグロビタンパク質の立体構造や機能に影響を与え、個体の生存力に影響を与える。このような変異は、通常、自然選択により速やかに集団中から取り除かれてしまう。

DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列のレベルでは、集団中にたくさんの変異が存在している。生物集団中に存在している変異の多くは、個体の生存に対して有利にも不利にもはたらかないような変異であるという [3] 説が提唱されている。タンパク質の機能に影響を与えないようなアミノ酸の変化は、一定の速度で蓄積していく。この速度はタンパク質によって異なるが、タンパク質の種類ごとでは生物種によらず一定であったため^(イ) [4] という考え方が生まれた。この考え方によれば、共通祖先から分岐してからの時間が長い生物間ほど、アミノ酸の違いが大きいという傾向がある。

ある集団がもつ遺伝子全体を [5] という。 [6] の法則が成立するような仮想的な集団では、個体の生存に対して有利にも不利にもはたらかないような対立遺伝子の遺伝子頻度は世代をこえて変化しないと考えられるが、限られ^(ウ)た個体数の集団においては、遺伝的浮動により変化する。集団の個体数が激減すると遺伝的浮動の影響が大きくなり、 [5] の構成に大きな偏りが生じることがある。この現象を [7] という。生育地の分断などにより集団ごとに遺伝子頻度が変化した後、さらに分断がなくなってもほかの集団との交配を阻むような [8] 隔離が成立すると、2つの集団は別種へと進化していく。新種の形成を [9] といい、新種やさらに高次の分類群の出現をもたらすような規模の進化を大進化という。

問 1 文章中の 1 ~ 9 に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)の変異は、ヒトの遺伝病である鎌状赤血球貧血症を引き起こす。
この変異は有害であるにもかかわらず、一部の地域ではヒト集団中から完全に消滅することなく、存在している。この理由を 25 字程度で説明せよ。

問 3 下線部(イ)に関して、表 1 はさまざまなタンパク質で知られているアミノ酸 1 ヶ所あたりの変化率(10 億年あたりのアミノ酸置換数)である。表 1 のようにタンパク質により変化率が異なる理由を 50 字程度で説明せよ。

表 1

タンパク質	変 化 率
フィブリノペプチド	9.0
成長ホルモン	3.7
ヘモグロビン α 鎖	1.2
シトクロム c	0.22
ヒストン H4	0.010

問 4 下線部(ウ)の遺伝的浮動による遺伝子頻度の変化を再現するため、色以外では区別のつかない赤と白のボール各 100 個を袋に入れ、袋から無作為にボール 4 個をいちどに取り出し、記録後にもどすという操作を 10 回くり返すという実験をおこなった。

表 2 は結果をまとめたものである。2 種類のボールが 2 つの対立遺伝子、取り出すボールの数が次世代のもとになる配偶子数を表しているとする。(1)と(2)の問いに答えよ。

表 2

	A	B	C	D	E
赤いボール	0 個	1 個	2 個	3 個	4 個
白いボール	4 個	3 個	2 個	1 個	0 個
出現回数	1 回	1 回	5 回	2 回	1 回

(1) 実際の生物集団の遺伝子頻度として、下記の(a)と(b)のような状態を表しているのはどれか。あてはまるものを表2のA～Eからすべて選び、記号で答えよ。

(a) 親世代と同じ遺伝子頻度が保たれている状態。

(b) 二つの対立遺伝子の片方が失われて、もう片方のみが残った状態。

(2) 集団の個体数によって遺伝的浮動の影響は異なると考えられている。この考えを確かめるためには、上記のようなボールをつかってどのような実験をすればよいか、もっとも適切なものを次の(a)～(d)から一つ選び、記号で答えよ。

(a) 袋に入れるボールの数を、赤、白それぞれ500個ずつに増やす。

(b) 袋に入れるボールの数を、赤、白それぞれ50個ずつに減らす。

(c) 袋から取り出すボールの数を20個に増やす。

(d) 袋から取り出す操作をくり返す回数を100回に増やす。

問5 進化にかかわる(1)～(5)の語句の説明としてもっとも適切なものを、次の

(a)～(e)から一つ選び、記号で答えよ。

(1) 突然変異説

(2) 用不用の説

(3) 自然選択

(4) 遺伝的浮動

(5) 分子進化

(a) 生存や生殖に有利な形質をもつ個体が次世代の個体を多く残すこと。

(b) 偶然により次世代に伝えられる遺伝子頻度に変化すること。

(c) 親とは異なる形質が急に子に現れ、その形質が遺伝することで進化が起こるという考え。

(d) DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の変化。

(e) 環境に適応するために、生物がよく使用する器官がしだいに発達するという考え。