

平成29年度入学試験問題

理科（生物）

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いけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。
4. この問題冊子は12ページあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰ること。

1 次の文章を読み、問1～4に答えなさい。

動物の多くは有性生殖を行い、雄の精巣で精子が、雌の卵巣で卵子がつくられる。精子の頭部は膜に囲まれた(ア)と核からなり、中片部ではべん毛の周りをミトコンドリアが取り囲んでいる。卵子は通常の体細胞より大きく、細胞膜の外側にこれと異なる(イ)膜をもつ。精子が卵に進入すると(イ)膜が硬化して受精膜へと変化し、他の精子の進入を阻止する。この現象を(ウ)という。ヒトの場合、受精卵に含まれる染色体DNAの全長は約2mである。受精卵は分裂を繰り返し、成人に達したときには約60兆個の細胞数に達している。一方、原核生物である大腸菌の染色体DNAは(エ)と呼ばれる領域に偏在していて、その形状は末端のない環状型である。大腸菌は増殖に適した環境では、1日で1個の細胞が約1兆個以上まで増殖する。DNAの複製の中心的役割を担っているのはDNAポリメラーゼである。DNAのポリメラーゼ反応にはDNAポリメラーゼの他に、鋳型となるDNA鎖と4種類のデオキシリボヌクレオシド三リン酸(A, G, C, T)、それから(オ)を必要とする。

ある生物がもつ特定の遺伝子を取り出して、大腸菌に導入して発現させる技術が1970年代に開発された。その1つが大腸菌内で染色体DNAとは関係なく複製される環状の(カ)DNAを利用する方法である。(カ)に組み込んだ他の生物の遺伝子から、遺伝子由来のタンパク質を調製することができる。大腸菌は適切な培養液で簡単に大量に増殖するので、目的タンパク質を大量に得ることができる。1970年代まで医療用のヒト成長ホルモンは遺体の脳下垂体から抽出したものであった。また、ソマトスタチン<sup>①</sup>というホルモンもウシやブタの膵臓から抽出され、治療に使われていた。しかし、その量は非常に限られていた。現在ではヒト成長ホルモンなどのホルモンは工業的に製造されている。ヒトのホルモンを発現する(カ)を構築するためには、まず目的遺伝子をヒトの染色体DNAなどから(キ)法を用いて、増幅しなければならない。増幅したDNA断片を制限酵素やDNA(ク)という酵素を用いて(カ)に組み込む。その遺伝子の上流には遺伝子発現を調節するために、ラクトースオペロンの転写調節領域が設けられている場合が多い。ラクトースがないときは目的タンパク質が発現しないように、リプレッサーによる負の調節がかかっている。<sup>②</sup>

問1 (ア)～(ク)に入る適切な語句を答えなさい。

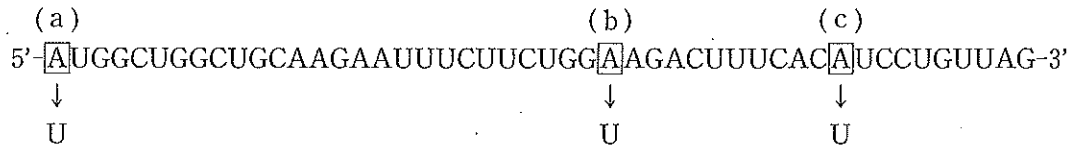
問2 以下の設問1と2に答えなさい。

設問1 次の鋳型DNA(3'-ATGCATCGGA-5')から転写されるmRNAの塩基配列を答えなさい。

設問2 設問1の鋳型DNAをもとに、RNAポリメラーゼがRNA鎖を伸長していく向きは、右方向か、左方向か答えなさい。

問3 下線部①のソマトスタチンについて、ソマトスタチンのアミノ酸配列に対応する mRNA の塩基配列を下に示した。ただし、ここで示したソマトスタチンのアミノ酸配列は本来のソマトスタチンの N 末端にメチオニンを付加したものである。

下の遺伝暗号表を参考にして、設問1～3に答えなさい。



設問1 (a)の A が U になる変異が起こったとき、ソマトスタチンは正常に翻訳されるか。変化があればどのようなようになるか説明しなさい。

設問2 (b)の A が U になる変異が起こったとき、ソマトスタチンは正常に翻訳されるか。変化があればどのようなようになるか説明しなさい。

設問3 (c)の A が U になる変異が起こったとき、ソマトスタチンは正常に翻訳されるか。変化があればどのようなようになるか説明しなさい。

遺伝暗号表

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

問4 下線部②について、「RNA ポリメラーゼ」、「リプレッサー」、「プロモーター」、「オペレーター」、「ラクトース」の5つの単語を必ず用いて、ラクトースオペロンの遺伝子発現調節のしくみを150字以内で説明しなさい。

2 次の文章を読み、問1～5に答えなさい。

私たちを取り巻く環境には、ウイルスや細菌類などの病原体が常に存在している。生体には、それら異物の侵入を防いだり、体内から排除したりする生体防御のしくみが備わっている。体外環境と接している身体の外表面の皮膚では、表皮の細胞は密に結合し、古くなった細胞は、垢<sup>あか</sup>となって脱落して病原体の侵入を防いでいる。呼吸器、消化器、生殖器など外界に通じる体の各器官の内表面は、粘膜や繊毛によって覆われ病原体の侵入を防いでおり、物理的な生体防御機構と言える。

① 2011年には、3人の免疫学者がノーベル生理学・医学賞を同時受賞し、生体防御のしくみの1つである「免疫」が注目されるきっかけとなった。すべての生物は先天的に、病原体の感染から逃れる(ア)免疫と呼ばれるしくみを持っている。これは、多様な異物を排除しようとする免疫現象である。病原体が体内に侵入してくると、以前にその病原体に接触したかどうかにかかわらず、食細胞として知られる(イ)、(ウ)、好中球を中心とした食作用が直ちに生じる。(ア)免疫で防ぎきれない病原体などの異物に対しては、異物の侵入直後に、リンパ球などの働きでこれを排除するしくみが体内に作られる。このしくみは、(エ)免疫と呼ばれる。(エ)免疫は、体内に侵入した異物を(オ)として特異的に認識し、排除するしくみである。(エ)免疫システムを応用した感染症の予防策として予防接種があり、生命に関わるようないくつかの感染症は予防できるようになった。

③ ④ しかし、本来免疫がはたらく必要のないような物質に対して、過敏に免疫がはたらいてしまう反応をアレルギーという。アレルギーの原因となる(オ)をアレルゲンという。アレルゲンは、花粉、ハウスダスト、薬剤、食物成分など多種多様である。アレルギーには、とくに激しい症状が現れるものがある。例えば、ハチ毒やソバを原因とするアレルギーでは、急激な血圧低下や意識低下を引き起こす場合があり、これを(カ)という。

問1 (ア)～(カ)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①の物理的な生体防御機構の他に、病原体の侵入を防ぐ化学的なしくみがある。化学的な生体防御機構について、100字以内で説明しなさい。

問3 下線部②の食作用について、50字以内で説明しなさい。

問4 下線部③の予防接種について、50字以内で説明しなさい。

問5 下線部④に関して、花粉症が起こるしくみについて150字以内で説明しなさい。

(下書き用紙)

3 次の文章を読み、問1～6に答えなさい。

植物は一般的に外界から二酸化炭素を吸収し、光エネルギーを利用した光合成により二酸化炭素と水から有機物(グルコース)を生成している。同時に、酸素を用いた呼吸によりグルコースを分解してエネルギーを生成し、二酸化炭素を放出している。二酸化炭素の吸収量および放出量を調べることにより、どの程度光合成や呼吸をしているか知ることができる。

植物の光合成速度は、光の強さ、温度、二酸化炭素濃度など周囲の環境要因に影響を受ける。図1は、ある陽生植物(植物A)と陰生植物(植物B)の葉が受ける光の強さと二酸化炭素吸収速度との関係調べた実験結果を示している。この実験は、光の強さ以外の条件が一定に制御された環境下で行われた。二酸化炭素吸収速度は、葉面積  $100 \text{ cm}^2$  当たりの1時間の二酸化炭素吸収量で示されている。二酸化炭素吸収速度が負(-)のときは、二酸化炭素を放出することを意味する。植物Aでは、0ルクスから20,000ルクスまでは二酸化炭素吸収速度と光の強さが直線関係にあった。呼吸速度は、植物A、植物Bともに光の強さに関係なく一定であった。

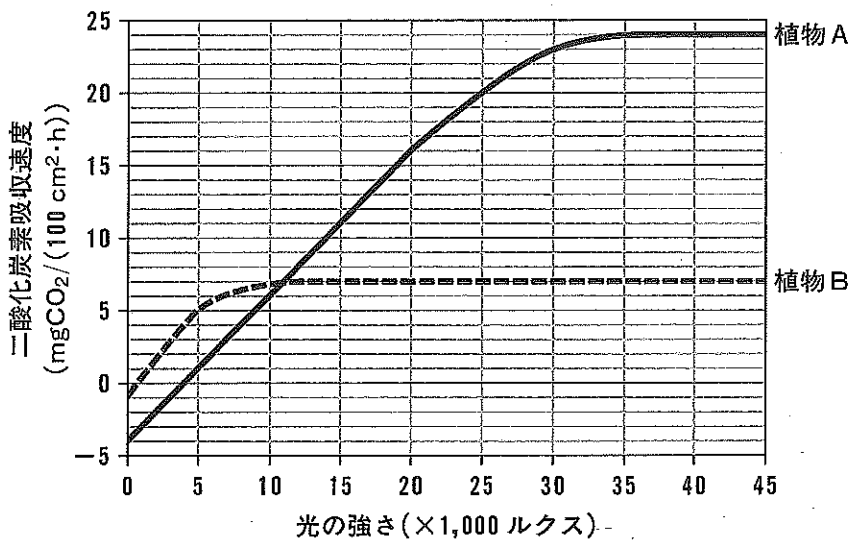


図1 植物Aと植物Bの葉における二酸化炭素吸収速度と光の強さの関係

問1 植物は葉緑体で水と二酸化炭素からグルコースを合成している。葉緑体にはチラコイドとストロマという構造があるが、それぞれの構造体で起こっていることを踏まえて、水と二酸化炭素からグルコースが作られる反応を1つの反応式で記しなさい。

問2 光補償点と光飽和点はそれぞれどのように定義されるか。それぞれ50字以内で説明しなさい。

問3 植物Aの光補償点の値を求めなさい。

問4 植物 A の光飽和点における光合成速度は、植物 B の光飽和点における光合成速度の何倍か求めなさい(計算の過程も解答欄に記入すること)。

問5 葉面積  $40 \text{ cm}^2$  の植物 A の葉に  $25,000$  ルクスの光を  $12$  時間照射したとき、合成されたグルコース量を求めなさい(計算の過程も解答欄に記入すること)。なお、単位は  $\text{mg}$  とし、小数点第一位を四捨五入して答えなさい。また、光合成の過程で吸収された二酸化炭素はすべてグルコースの合成に用いられたものとし、原子量は水素 :  $1$ 、炭素 :  $12$ 、酸素 :  $16$  とする。

問6 日陰のような弱い光のもとでは、陽生植物は生育できないが陰生植物は生育することができる。この理由について「光補償点」、「呼吸速度」、「光合成速度」の 3 つの単語を必ず用いて、 $140$  字以内で説明しなさい。

4 次の文章を読み、問1～5に答えなさい。

血液は常に体内を循環し、酸素や栄養分、老廃物の運搬という重要な役割を担っている。ヒトをはじめとした脊椎動物は閉鎖血管系を有し、心臓から送り出された血液が、動脈を通って全身に送られ、毛細血管を經由した後、静脈を経て心臓に戻る。このように、血液は血管の中を流れているが、外傷などによって血管が破損すると、血液が血管の外に流れ出てしまい出血という現象がおこる。出血が生じた場合、大量の血液の喪失を防ぐべく血液凝固によって止血する仕組みが存在する。具体的には、血管が傷つくと傷口に(ア)が集まってくる。これらの(ア)や傷ついた組織から(イ)が放出され、これらが血しょう中の(ウ)イオンとともに働き、(エ)を(オ)という酵素にかえる。この(オ)の作用によって、血しょう中に溶解しているタンパク質の(カ)を繊維状の(キ)に変化させる。この(キ)が血球成分をからめとり、(ク)が形成され、傷口をふさいで止血する。

問1 文中の(ア)～(ク)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①に関して、血液中の血球成分を血液 $1\text{mm}^3$ あたりの数の多い順に3つ答え、それぞれの大きさ(直径 $\mu\text{m}$ )を下記の(a)～(e)から選び、記号で答えなさい。

(a) 0.5      (b) 2      (c) 7      (d) 15      (e) 50

問3 下線部②に関して、活動が盛んな組織へ効率良く酸素が供給されるしくみについて、ヘモグロビンの酸素解離曲線を図示して説明しなさい。

問4 下線部③に関して、ヒトの心臓を模式的に描き、左右の心房と心室、主要な血管を明示した上で、心臓内における血液の流れを説明しなさい。

問5 下線部④に関して、動脈と静脈の構造上の各特徴とその役割について100字以内で説明しなさい。