

## 平成 21 年度 入学者選抜学力検査問題

# 理 科

### 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ～ 8	4
化 学	9 ～ 15	5
生 物	16 ～ 28	5
地 学	29 ～ 39	6

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は100点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

# 生 物

1 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。(配点20)

光は植物の生育に大きな影響を与える。植物は光エネルギーを利用して、光合成によって、とから有機物を合成している。光合成で利用する光を吸収するために、植物葉内には光合成色素が存在する。種子植物における主な光合成色素はであり、は青紫色光や赤色光をよく吸収する。吸収された光のエネルギーは、とを生成するのに使用される。生成されたとは、回路において、有機物(炭水化物)合成に利用される。

の吸収(葉内への取り込み)は、主に、葉にあるを介して行われる。の開閉は、細胞のの変化によって起こり、が高くなるとが開く。を吸収するためにが開くと、同時に、植物体内からのの放出、すなわちが起こる。

光環境の違いにより、葉の構造や性質の違いがみられる場合もある。例えば、日当たりのよいところで形成された葉(陽葉)と日当たりの悪いところで形成された葉(陰葉)では、その構造や性質が異なる場合がある。は、一般に、小型でさく状組織の発達した肉厚の葉となる。

光は植物の花芽形成にも影響を及ぼす。ある種の植物では、連続した暗期の長さに応じて花芽が形成される。このことは、花の栽培に応用されており、例えば、では、夏から秋に夜間照明を行うことで、花芽形成を遅らせ、開花時期を調整することがよく行われている。

問1 文中の～に適切な語句を記入しなさい。

問 2 以下の問い(1)~(4)に答えなさい。

- (1) 文中の  には、陽葉、陰葉のどちらがあてはまるか答えなさい。
- (2) 表 1 は、ある植物の陽葉および陰葉における、異なる光の強さでの見かけの光合成速度(単位葉面積当りの二酸化炭素吸収速度)の値(相対値)を示している。表 1 の結果を、手書きでグラフ化(横軸：光の強さ、縦軸：見かけの光合成速度)しなさい。
- (3) 表 1 中の A、B どちらが、 かを答えなさい。
- (4) 表 1 の植物について、光の強さと光合成速度の関係における  の特徴を、100 字程度でまとめなさい。

表 1 ある植物の陽葉、陰葉における光の強さと見かけの光合成速度の関係

光の強さ(相対値)		0	10	20	40	60	80	100
見かけの光合成速度(相対値)	A	-20	0	20	40	50	50	50
	B	-30	-10	10	50	80	100	100

問 3 文中の  には、植物名が入る。下線部①の記述から、この植物名にあてはまるものを以下の(a)~(c)から選び、記号で答えなさい。また、この植物は、長日植物、短日植物、中性植物のいずれに分類されるか答えなさい。

- (a) カーネーション  
(b) キク  
(c) チューリップ

2 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点20)

動物は生きるために食物を消化し吸収する。吸収されたグルコースなどのエネルギー源は、血流を介して動物の体を構成する様々な細胞に運ばれる。細胞はそれらを基質としてATPの合成に利用している。特に恒温動物の多くは変温動物とは異なり、一年を通して  を維持するために多くのエネルギーを消費している。動物は飢餓に備え、過剰に食物を摂取した際には、過剰なグルコースなどから  を生合成して皮下などに貯蔵している。

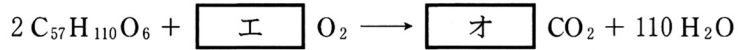
エネルギー消費量は、睡眠中に低下する。このことを特別な形で利用している動物の例として、餌を食べられない厳寒期に  をするヤマネやシマリスなどがあげられる。

エネルギー源の違いにより、呼吸において消費する酸素量と排出する二酸化炭素量は異なる。動物が排出した二酸化炭素の体積を吸収した酸素の体積で割った値は、呼吸商と呼ばれる。

問1 文中の  ～  に適切な語句を記入しなさい。

問2 好气的条件において、1分子のグルコースからATPが作られる過程で生成される二酸化炭素量は6分子であるが、消費される酸素は何分子か答えなさい。また、グルコースを呼吸基質とする場合の呼吸商はいくつになるか、四捨五入により小数点以下一桁まで答えなさい。ただし、分子数が同じ時に気体としての二酸化炭素と酸素の体積は同じである。

問 3 脂肪の一種( $C_{57}H_{110}O_6$ )が呼吸によって完全に分解される場合の反応式を下に示す。消費される酸素の分子数  と生ずる二酸化炭素の分子数  の値を答えなさい。また、この場合の呼吸商はいくつになるか、四捨五入により小数点以下一桁まで答えなさい。



問 4 図 1 のグラフは、正常に餌を与えたニワトリと、長時間の絶食をしたニワトリが、1 時間の間に吸収した酸素量と排出した二酸化炭素量を測定し、その後に呼吸商を算出した結果である。以下の問(1)と(2)に答えなさい。

- (1) A と B のどちらが絶食をしたニワトリか答えなさい。
- (2) その理由を 50 字程度で書きなさい。

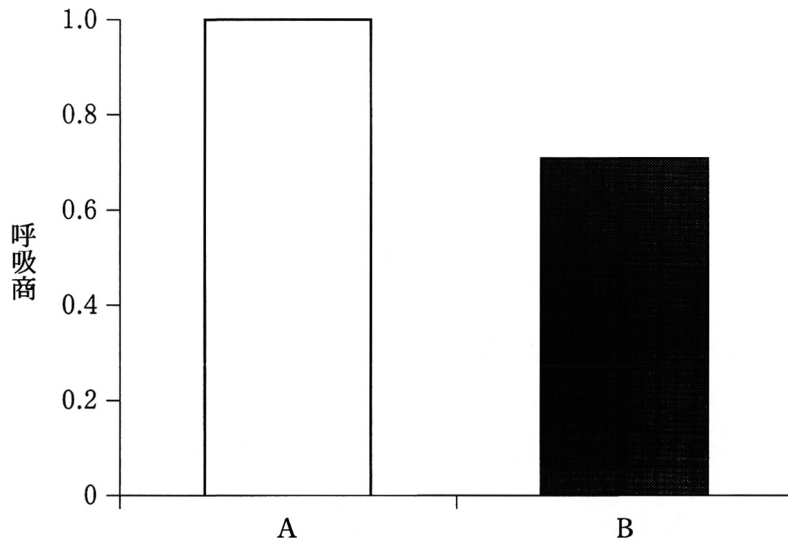


図 1

3 次の文章A, Bを読んで, 問1～4に答えなさい。(配点20)

A ほ乳類は体内に抗原が入ると, 抗体を作る。抗体は物質としては  であり, 抗原と特異的に結合し, 抗原を凝集させることができる。このように抗原に特異的な抗体を産生して体を防衛する手段を,  免疫と呼ぶ。抗体産生細胞は  に由来し,  などの免疫臓器に多く存在する。 は  において, すべての血球のもととなる造血幹細胞から作られる。

B 採血した血液で, 血液凝固が起きた後に遠心分離した上澄みを血清と呼ぶ。特に, ある抗原に対する抗体を含む血清を抗血清という。以下の手順でウサギおよびヤギの赤血球に対するラットの抗血清を得た。

2週間の間隔を置いてウサギ赤血球を2回皮下に注射したラットから, 2回目の注射の2週間後に採血し, 抗ウサギ赤血球ラット血清(以下, 抗ウサギ血清と呼ぶ)を得た。また, 同様にヤギの赤血球を注射したラットから採血し, 抗ヤギ赤血球ラット血清(以下, 抗ヤギ血清と呼ぶ)を得た。さらに, 何も注射しないラットからも血清を採取した(以下, 未感作血清と呼ぶ)。

これらの血清をそれぞれ5つに分け, 次の実験1～5を行った。

(実験1) 抗ウサギ血清にウサギ赤血球を, また抗ヤギ血清にヤギ赤血球を加えて混合し, 36℃で放置すると, どちらの場合も赤血球が破壊された。

(実験2) 抗ウサギ血清にヤギ赤血球を, また抗ヤギ血清にウサギ赤血球を加えて混合し, 36℃で放置した。どちらの場合にも, 赤血球の破壊および凝集は見られなかった。

(実験3) 抗ウサギ血清と抗ヤギ血清を56℃で30分間加熱し, その後冷却した。抗ウサギ血清にはウサギ赤血球を, 抗ヤギ血清にはヤギ赤血球を加えて混合し, 36℃で放置した。どちらの場合も, 赤血球は破壊されず, 凝集して沈殿した。

(実験4) 抗ウサギ血清と抗ヤギ血清を 56℃ で 30 分間加熱し、冷却後に抗ウサギ血清にはヤギ赤血球を、抗ヤギ血清にはウサギ赤血球を加えて混合し、36℃ で放置した。このとき、どちらの場合も赤血球の破壊および凝集は見られなかった。

(実験5) 56℃ で 30 分間加熱し冷却した抗ウサギ血清と、加熱処理をしていない未感作血清とを 1 : 1 に混ぜた。これにウサギ赤血球を加えて混合し、36℃ で放置すると、赤血球が破壊された。

上記の実験1および実験  と実験  の結果から、抗ウサギ血清中においてウサギ赤血球が破壊される反応には、加熱処理(56℃ で 30 分間)で活性を失う物質(物質Xとする)と、加熱処理でも活性を失わず赤血球を凝集させる物質(物質Yとする)という二つの物質が関係することが導き出せる。

問1 文章A中の  ～  に入る語句を、下から選んで記入しなさい。

細胞性	体液性	甲状腺	胸腺	肝臓
骨髄	リンパ節	血小板	B細胞	マクロファージ
T細胞	脂質	糖	核酸	タンパク質

問2 文章Bの  と  に入る実験番号を記入しなさい。

問3 血しょうの成分の中で、血清を得る操作によってほぼ取り除かれるタンパク質は何か、答えなさい。

問 4 実験 1～5 の結果から、物質 X と物質 Y の性質に関する下記の(a)～(g)の説明の中から、正しいものをすべて選んで記号で記入しなさい。

- (a) 物質 X は抗原と特異的に結合する。
- (b) 物質 Y は抗原と特異的に結合する。
- (c) 物質 X だけでも赤血球を破壊できる。
- (d) 物質 Y だけでも赤血球を破壊できる。
- (e) 赤血球の破壊には物質 X と物質 Y が必要である。
- (f) 物質 X が作られるのに、ウサギまたはヤギ赤血球の注射を必要としない。
- (g) 物質 Y が作られるのに、ウサギまたはヤギ赤血球の注射を必要としない。

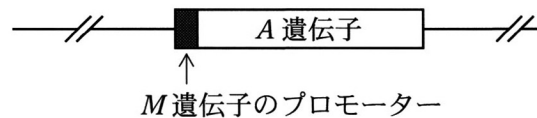
4 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点20)

ある系統のハツカネズミには、毛の色が黄色の個体と黒灰色の個体がいる。黄毛の個体どうしを交配した場合、子の毛の色は、黄毛と黒灰毛が2：1となる。黒灰毛どうしの交配では、黒灰毛しか現れない。<sup>①</sup>この系統のハツカネズミの毛の色は、優性の対立遺伝子  $Y$  と劣性の対立遺伝子  $y$  で決まっており、優性ホモ接合体  $YY$  は、胚の段階で死亡するため、出現しない。このような遺伝子を致死遺伝子と呼ぶ。

この系統のハツカネズミの毛の色は、黒メラニンと黄メラニンという2種類のメラニン(色素)の量の割合によって決まっている。ハツカネズミの毛の色を決める  $Y$ 、 $y$  遺伝子は、<sup>②</sup>単独の遺伝子と考えられていたが、その後の研究で、 $M$  と  $A$  という2つの遺伝子の作用を一つの表現型として観察していたことがわかった。 $M$  遺伝子は、毛の色には無関係であるが、生存に不可欠な遺伝子であり、発現がなくなると致死になる。 $A$  遺伝子は、黄メラニン合成のスイッチとして働き、 $A$  遺伝子が発現すると黄メラニンが合成される。また、 $A$  遺伝子は黄メラニンだけではなく、黒メラニンの合成にも関係している。

図1に示すように、 $Y$  では、突然変異によって  $M$  遺伝子と  $A$  遺伝子のプロモーター(伝令RNAの量を調節するDNA配列)が失われており、残った  $M$  遺伝子のプロモーターの作用によって、 $A$  遺伝子は過剰に発現する。一方、 $y$  では、 $M$  遺伝子、 $A$  遺伝子ともに正常であり、それらの発現量も正常である。表1のように、遺伝子型  $YY$  は、 $M$  遺伝子の発現がないため、致死である。遺伝子型  $Yy$  では、 $M$  遺伝子の発現があり、 $A$  遺伝子は過剰に発現している。遺伝子型  $yy$  は、 $M$  遺伝子も  $A$  遺伝子も正常に発現している。

$Y$  の構造



$y$  の構造

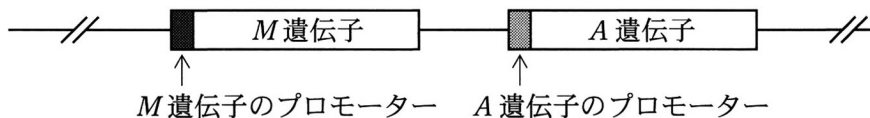


図1

表 1 遺伝子型と遺伝子の発現および表現型の関係

遺伝子型	M 遺伝子	A 遺伝子	合成されるメラニン	表現型
YY	—	—	—	致死
Yy	発現	過剰に発現	黄メラニン	黄毛
yy	正常に発現	正常に発現	黄メラニン 黒メラニン	黒灰毛

問 1 下線部①の黄毛と黒灰毛の個体を交配した場合に得られる雑種の黄毛と黒灰毛の個体数比はどうか、整数比(1 : 2 など)で答えなさい。

問 2 次の文章中の  と  にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

M 遺伝子と A 遺伝子のように、同じ染色体に乗っている遺伝子どうしの関係を  と呼ぶ。しかし、交配によって  している遺伝子の組み合わせが変わることもある。このように  している遺伝子の組み合わせが変わることを  と呼ぶ。

問 3 次の文章中の  と  にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

下線部②で述べたように、遺伝子 Y は、単純な優性ではない。致死という表現型と毛の色という表現型に分けた場合、遺伝子 Y は、致死という表現型では  となり、毛の色という表現型では、 となる。

問 4 y で、A 遺伝子が欠失したものを  $y(a)$  と表す時、ホモ接合体  $y(a)y(a)$  の毛の色は、黒色になった。この結果と表 1 から、ハツカネズミの A 遺伝子の発現の度合いと合成されるメラニンの関係について、200 字程度で説明しなさい。

5 次の文章は DNA の塩基配列を決定する方法について述べたものである。これを読み、かつ、図 1, 2 を参考にして、以下の問 1～4 に答えなさい。(配点 20)

1970 年代初頭までは、DNA は最も分析が難しい生体分子であった。当時、すでにタンパク質のアミノ酸配列の決定法は確立していたが、タンパク質のアミノ酸配列から、その遺伝子の DNA の塩基配列を、一通りだけ決めるのは不可能であった(現在でも不可能である)。ところが、細胞に存在する巨大分子の中で分析が最も困難であった DNA は、今や、分析が最も容易な分子となった。現在では、DNA の塩基配列を、一度に数千から数万塩基も決定することができる。

DNA の塩基配列を決めるには、次のような方法を用いる。まず、鋳型となる一本鎖 DNA の特定の部分と相補的な(注 1)短い一本鎖 DNA (プライマーと呼ばれる)を化学合成する。図 1 に示すように、鋳型一本鎖 DNA、プライマー、DNA ポリメラーゼ(DNA 合成酵素)、および DNA の材料となる 4 種類の物質 **A**, **G**, **C**, **T**(注 2)を混合した反応液を保温すると、プライマーは鋳型一本鎖 DNA の特定の部分に結合し、プライマーの両端のうち片方のみを起点として鋳型鎖と相補的な一本鎖 DNA が合成される。この反応液中に、**A**, **G**, **C**, **T** とよく似た構造を持つ物質 **A'**, **G'**, **C'**, **T'**(注 3)のいずれか 1 種類を少量添加して DNA 合成を行わせると、これらの物質が DNA 鎖に取り込まれた時点で DNA 合成反応は停止する。たとえば、反応液中に少量加えられた **A'** はこれよりも多量に存在する **A** と競い合いながら、DNA 鎖に取り込まれるが、**A'** が DNA 鎖に取り込まれると、DNA 鎖の伸長反応はそれ以上進まない。その結果、いろいろな長さの一本鎖 DNA が作られることになる。ただし、合成された一本鎖 DNA は、長さは異なっても、すべて、鋳型鎖の塩基配列中のいずれかの T に対応する A を末端に持つことになる(他方の端はすべてプライマーである)。**A'**, **G'**, **C'**, **T'** のいずれか 1 つの存在下で合成された一本鎖 DNA を電気泳動で分析すると、はしご状の電気泳動パターンが得られる(図 2)。このパターンを読みとることによって、DNA の塩基配列が決定される。

注 1 A と T および G と C という対の関係。ただし、A, T, G, C は、それぞれ、アデニン、チミン、グアニン、シトシンを表す。

注 2 それぞれ、A, G, C, T を分子の一部に含む。

注 3 A, G, C, Tと同様, それぞれ, A, G, C, Tを分子の一部として含み, DNA ポリメラーゼの基質となる。

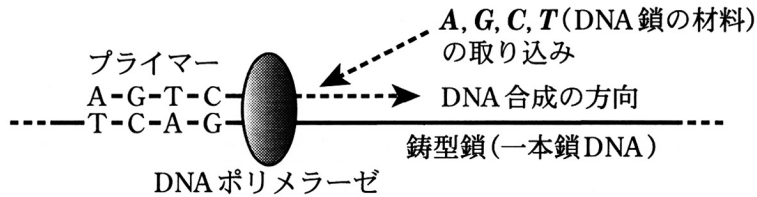


図 1 DNA ポリメラーゼによる DNA 合成の模式図。DNA ポリメラーゼによる DNA 合成は, プライマーの両端のうちの特定な一方の端に, 鋳型と相補的な A, G, C, あるいは T が次々と付け加わるとい形で進行する。

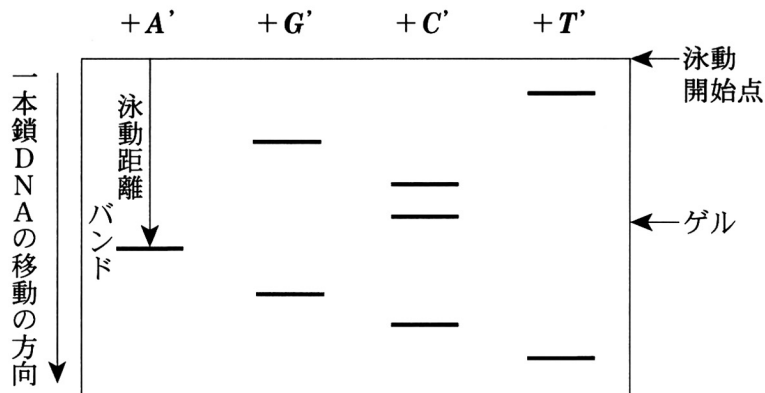


図 2 一本鎖 DNA の電気泳動パターン。合成された一本鎖 DNA をゲルを用いた電気泳動で分析する。ゲルとはゼリーや寒天状の物質で, 非常に細かい網目状の構造を持つ。ゲルに電場をかけることによって, ゲルの網目中を一本鎖 DNA が移動する。ただし, 一本鎖 DNA の長さによって移動する速さが異なり, 短いほど速く移動する。その結果, はしご状の多数のバンド(同じ長さの一本鎖 DNA が集まったもの)が形成される。図の +A', +G', +C', +T' は, それぞれ, A', G', C', T' を添加して DNA 合成反応を行わせた場合の生成物の電気泳動パターンである。

問 1 下線部①の理由について説明しなさい。

問 2 下線部②について、DNA 合成反応液中の A, G, C, T の濃度を一定にして、A' の濃度を増加させると、合成される DNA はどうなるか。また、A' の濃度を減少させるとどうなるか、答えなさい。

問 3 図 2 に示された部分について、合成された方の DNA 鎖(鋳型となった方の DNA 鎖ではなく)の塩基配列は何か答えなさい。ただし、DNA ポリメラーゼによって先に合成された側を左に、後で合成された側を右にして横一列に A, G, C, T を用いて表記しなさい。また、そのように判断した理由を簡潔に述べなさい。

問 4 以下に示すのは、DNA の塩基配列から求めた、約 500 のアミノ酸から成るタンパク質の伝令 RNA の、アミノ酸配列を指定している部分の中央付近の塩基配列である。ただし、その伝令 RNA が合成される順序に従って左から右に塩基を並べてある。伝令 RNA のこの部分に対応するタンパク質の部分の左端から 3 つ目までのアミノ酸は何と何と何か。次の表 1 を参考にして答えなさい(左から順に 3 つ並べて書きなさい)。ただし、A, G, C, U は、それぞれアデニン、グアニン、シトシン、ウラシルを表す。

伝令 RNA の塩基配列：

・・・CUCCUUUAGUCAGCAAUAAACUAAAUGGAUA・・・

表 1 コドンと対応するアミノ酸。たとえば, UAC というコドンはチロシンというアミノ酸に, CAU というコドンはヒスチジンというアミノ酸に対応する。開始コドンは, 翻訳を開始させ, 終止コドンは翻訳を終わらせる働きを持つ。

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 番目の塩基
	U	C	A	G	
U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U
	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(開始)	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