

令和6年度入学試験問題

理 科

(前 期 日 程)

医 学 部
工 学 部
農 学 部

科 目	ページ	解答用紙枚数	選択方法
物 理	1～12	3	左の科目のうちから、受験票に記載している科目の問題を選択し、解答しなさい。(医学部志望者は、2科目を選択し、解答しなさい。)
化 学	13～21	4	
生 物	22～34	4	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子は34ページあります。
3. すべての解答用紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。
4. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入しなさい。
5. 物理には、下書き用紙が1枚あります。
6. 試験中に問題冊子および解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁および汚損等がある場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
7. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰りなさい。

生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

血液は体内を循環することで、酸素や栄養、ホルモン、老廃物などの運搬や病原体の排除などを行い、個体の^(a)恒常性(ホメオスタシス)を支えている。血液は有形成分である血球と液体成分である(ア)からなる。血球は赤血球、(イ)、血小板に大別され、これらはすべて、骨の内部にある(ウ)に存在する(エ)細胞から分化したものである。

心臓から押し出された血液は、動脈を通して毛細血管に達する。ここで(ア)は毛細血管の血管壁からしみ出て、細胞の間を満たす(オ)液になる。(オ)液の大部分は、細胞の間を移動したのち、再び毛細血管に戻り、静脈血となる。また、(オ)液の一部はリンパ管内に入り、リンパ液となる。

赤血球にはヘモグロビンとよばれるタンパク質が多量に含まれ、肺からからだの各部へ酸素を運搬している。ヘモグロビンは酸素濃度が高い時には、酸素と結合して酸素ヘモグロビンに変化しやすい。一方、酸素ヘモグロビンは酸素濃度が低くなると酸素を解離して再びヘモグロビンに戻りやすい。全ヘモグロビンに対する酸素ヘモグロビンの割合と、酸素濃度との関係を示す曲線は酸素解離曲線とよばれる。

ヒトの胎児の血液は、胎盤では母体の血液と混じり合うことなく母体の血液から酸素を受け取っている。これは母体(成人)のヘモグロビンと胎児のヘモグロビンの^(b)性質が異なっているからである。

ヒトのヘモグロビンは正常成人の場合、^(c) α 鎖および β 鎖とよばれる2種類のポリペプチドが2本ずつ集まった球状の構造をしている。1本のポリペプチドにはヘム1分子が結合する。ヘムは(カ)イオンを含む化合物であり、酸素と結合する。 α 鎖、もしくは β 鎖のアミノ酸配列に置換などが生じ、ヘモグロビンの構造や性質に異常をきたす疾患群は、異常ヘモグロビン症と総称される。

異常ヘモグロビン症の代表的なものとして鎌状赤血球症が知られる。この疾患において生じる異常ヘモグロビンは、低酸素条件において繊維状の凝集体を形成し、

赤血球の形を鎌状に変化させる。鎌状に変形した赤血球は壊れやすいほか、血管の閉塞を引き起こす。この異常ヘモグロビンは、 β 鎖の6番目のアミノ酸であるグルタミン酸がバリンに置換されることにより生じる。^(d)また、このアミノ酸置換は β 鎖を規定する遺伝子における1塩基の置換によるものであることが分かっている。この異常 β 鎖遺伝子と正常 β 鎖遺伝子のヘテロ接合個体は、マラリアに対する抵抗性を示すことが知られている。このことが、アフリカを中心とするマラリア蔓延地帯^{まんえん}において、貧血症という不利益にも関わらず、この異常 β 鎖遺伝子が保存されてきた原因であると考えられている。

問1 文章中の(ア)～(カ)に入る適切な語句を記せ。なお、同一記号の空欄には同一の語句が入る。

問2 下線部(a)に示された語句の意味を35字以内で説明せよ。

問3 赤血球の大きさおよび寿命に関して、以下の(1)～(3)に答えよ。

(1) ヒトの赤血球の直径として適切なものを、以下の①～⑤から1つ選び、記号を記せ。

- ① 3～4 μm ② 7～8 μm ③ 11～12 μm
④ 15～16 μm ⑤ 25～26 μm

(2) (ウ)においてつくられた赤血球はやがて老化し、体内を循環する血液から取り除かれる。老化した赤血球の除去を担う主要な臓器を2つ記せ。

(3) ある人の全血液量は5Lで、赤血球は血液1 mm^3 あたり440万個含まれていた。毎日2000億個の赤血球が新たにつくられ、同数が除去されているとして、この人の赤血球の平均寿命は何日かを計算し、整数で答えよ。ただし、赤血球が産生・除去される速さ、および全血液量は常に一定とする。

問4 下線部(b)に関して、同じ二酸化炭素濃度で測定した母体(成人)と胎児のヘモグロビンの酸素解離曲線を図1に示す。この図を参考にして、以下の(1)と(2)に答えよ。

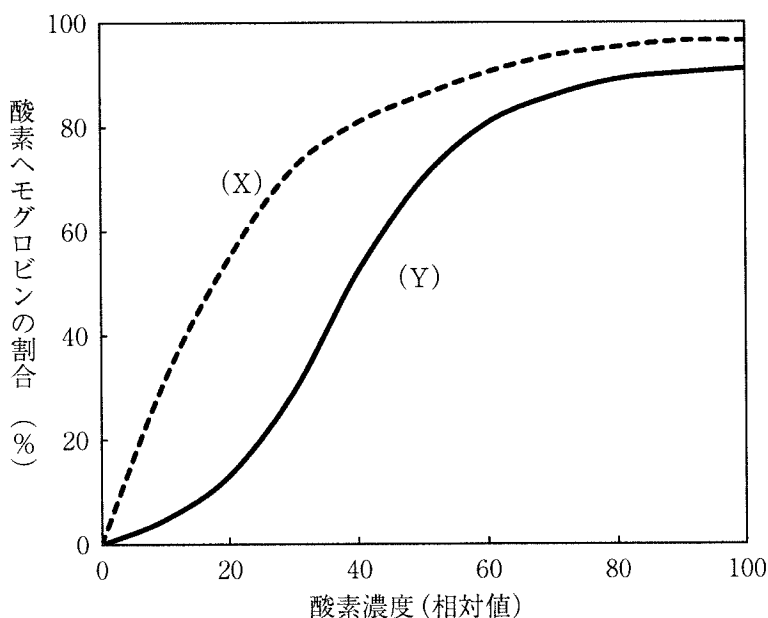


図1 母体(成人)および胎児のヘモグロビンの酸素解離曲線
(同じ二酸化炭素濃度で測定したものを模式的に示している。)

- (1) 図1において、胎児ヘモグロビンの酸素解離曲線は(X)と(Y)のどちらであるか、記号を記せ。
- (2) 図1に示されるような母体のヘモグロビンと胎児のヘモグロビンの酸素解離曲線の違いは、母体から胎児への酸素供給においてどのような意義を持つか、「酸素親和性」という言葉を用いて、90字以内で説明せよ。ただし、酸素親和性とはヘモグロビンなどの酸素結合性分子の酸素への結合のしやすさを意味する。

問5 下線部(c)に関して、ヘモグロビンのように複数の折り畳まれたポリペプチド鎖が集合してつくられるタンパク質の立体構造をなんとよぶか、漢字4文字で記せ。

問6 下線部(d)に関して、正常な β 鎖を規定する mRNA 配列の一部と対応するアミノ酸を図2に示す。mRNA の遺伝暗号表(表)を参照し、鎌状赤血球症における異常 β 鎖で変異しているアミノ酸を規定する mRNA トリプレットを記せ。



図2 正常 β 鎖のアミノ酸およびそれを規定する mRNA の部分配列
(図中の*は、鎌状赤血球症患者の異常ヘモグロビンにおいて置換されるアミノ酸を示している。)

表 mRNA の遺伝暗号表

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

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

[I]

1組の対立遺伝子について

エンドウの花の色を紫にする遺伝子を A、白にする遺伝子を a とする。遺伝子型が AA の紫花と aa の白花を交配させると、生じる子は遺伝子型が (ア) の紫花となる。遺伝子型に基づいて実際に現れる形質を表現型という。遺伝子型が (ア) の個体が AA の個体と同じ表現型になる場合、遺伝子 A を優性(顕性)遺伝子、遺伝子 a を劣性(潜性)遺伝子という。

2組の対立遺伝子について

2組の対立遺伝子は、独立または連鎖の状態にあり、その状態によって、形成される配偶子が異なってくる。2組の対立遺伝子が連鎖している場合、連鎖している遺伝子は、減数分裂によって配偶子に分配される際、基本的にはいっしょに伝えられる。例えば、遺伝子 A と a、D と d について、遺伝子 A と D が連鎖している場合、遺伝子型 AaDd の個体がつくる配偶子の遺伝子型は基本的には (イ) と (ウ) である。しかし、2つの遺伝子座間で染色体の乗換えが起こると、その遺伝子の組み合わせが変わることがあり、その場合、遺伝子型が (イ) と (ウ) のほかに (エ) と (オ) の配偶子も形成される。このように染色体の乗換えによって遺伝子の組み合わせが変わることを、遺伝子の組換えという。遺伝子の組換えが起こることで、配偶子のもつ遺伝子の組み合わせはより多様になる。

問1 文章中の (ア) ～ (オ) に入る適切な遺伝子型を記せ。なお、(イ) と (ウ) ならびに (エ) と (オ) の解答の順序は問わない。また、文章中の同一記号の空欄には同一の遺伝子型が入る。

問2 下線部(a)について、「独立」および「連鎖」の状態はどのように違うか、「遺伝子」と「染色体」という語句を用いて、40字以内で説明せよ。

問3 下線部(b)について、遺伝子の組換えは、どのような場合に起こりやすくなるか、「連鎖」という語句を用いて、30字以内で説明せよ。

[Ⅱ]

植物 A には種子の形に丸形としわ形があり、その形質は、1 組の対立遺伝子 R と r により決められる。丸形 (RR) の個体としわ形 (rr) の個体を交雑すると F_1 (雑種第一代) はすべて丸形となり、 F_1 を自家受精して得られる F_2 (雑種第二代) では、丸形：しわ形 = 3：1 となる。

問 4 下線部(c)について、 F_1 から生じる配偶子の遺伝子とその比について、正しい組み合わせを以下の①～⑦から 1 つ選び、記号を記せ。

- ① $R:r = 4:1$ ② $R:r = 3:1$ ③ $R:r = 2:1$ ④ $R:r = 1:1$
⑤ $R:r = 1:2$ ⑥ $R:r = 1:3$ ⑦ $R:r = 1:4$

問 5 下線部(d)について、 F_2 の中で、 F_1 のめしべに由来する R と、 F_1 のおしべに由来する r を合わせもつ個体は、理論上では、丸形個体のうちの何 % か記せ。解答が小数点以下を含む場合には、小数第一位を四捨五入し、整数で記せ。

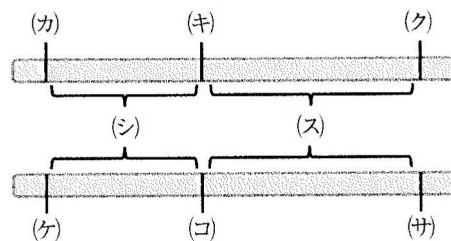
〔Ⅲ〕

植物 B には 3 組の対立遺伝子 $L(l)$, $Q(q)$, $R(r)$ があり, L , Q , R は優性遺伝子で, l , q , r は劣性遺伝子である。優性のホモ接合体の個体と劣性のホモ接合体の個体を交配して F_1 をつくり, さらにこの F_1 を劣性のホモ接合体の個体と交配して次世代を得た。この次世代の個体の表現型の分離比を 2 組の遺伝子の組み合わせで表すと, 以下の表のようになった。

表

遺伝子の組み合わせ	表現型の分離比
$L(l)$ と $Q(q)$	$[LQ] : [Lq] : [lQ] : [lq] = 17 : 3 : 3 : 17$
$Q(q)$ と $R(r)$	$[QR] : [Qr] : [qR] : [qr] = 3 : 1 : 1 : 3$
$L(l)$ と $R(r)$	$[LR] : [Lr] : [lR] : [lr] = 3 : 2 : 2 : 3$

問 6 F_1 の体細胞において, 3 組の対立遺伝子の相対的位置は, 染色体地図でどのように表すことができるか, 図中の(カ)~(サ)に適切な遺伝子を記せ。ただし, (カ)は優性遺伝子である。また, 図中の(シ)と(ス)には組換え価(%)を記せ。解答が小数点以下を含む場合には, 小数第一位を四捨五入し, 整数で記せ。



図

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

以下の図は、ヒトの適応免疫のしくみについて示したものである。

病原体は、(ア)に取り込まれて分解され、その一部が抗原として提示される。(イ)および(ウ)は、(ア)の表面にある(エ)に提示された抗原情報を獲得し、活性化される[図中(a)]。(イ)は感染細胞を直接攻撃し、排除する。(ウ)は、感染部位において抗原提示している(オ)の抗原を認識し、その食作用を活性化させる。また、(ウ)は(カ)を活性化させる。活性化された(カ)は(キ)へと分化し、抗体を産生する。

抗体は2本のH鎖と2本のL鎖からなる。抗体のY字型の2つの先端部分は可変部とよばれ、抗体の種類によってアミノ酸配列は大きく異なり、それ以外の部分は定常部とよばれ、アミノ酸配列がほとんど一致している。可変部と定常部のアミノ酸配列を支配する遺伝子は、V, D, J, C 遺伝子とよばれる領域に分かれて存在している。(カ)の成熟過程におけるこれらの遺伝子の組み合わせにより、多様な抗体が合成される。

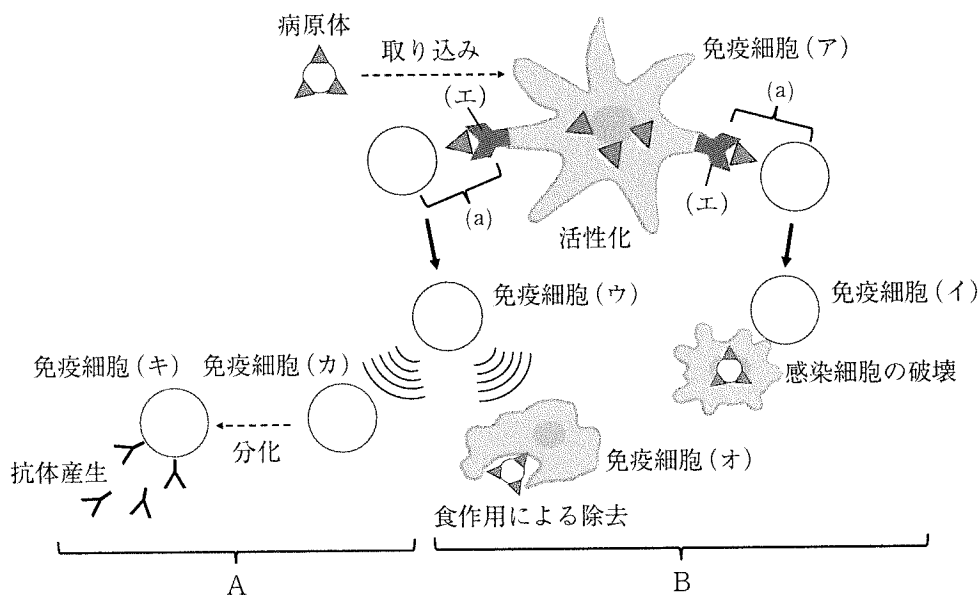


図 ヒトの適応免疫のしくみ (→: 細胞の増殖,))))): 刺激)

問1 文章中の(ア)～(キ)に入る最も適切な語句を以下の①～⑬から1つ選び、記号を記せ。なお、文章中と図中の同一記号の空欄には同一の語句が入る。

- | | | |
|--------------------|-------------|------------|
| ① 赤血球 | ② 好酸球 | ③ マクロファージ |
| ④ B細胞 | ⑤ ヘルパー T 細胞 | ⑥ キラー T 細胞 |
| ⑦ ナチュラルキラー細胞 | ⑧ 形質細胞 | ⑨ 血小板 |
| ⑩ 樹状細胞 | ⑪ T 細胞受容体 | ⑫ B 細胞受容体 |
| ⑬ 主要組織適合抗原(MHC 抗原) | | |

問2 図中の A と B に該当する免疫をそれぞれ何とよぶか、記せ。

問3 抗原提示の際、T細胞は異物だけでなく、図中(a)のように(エ)というタンパク質を認識する。ヒトの臓器移植の際に、拒絶反応が起こる理由を、(エ)という言葉を用いて50字以内で説明せよ。

問4 多様なリンパ球が用意される過程で、自身を異物として認識するリンパ球もつくられ、自分自身が攻撃される。そのため、自身の成分に反応する免疫を抑制する機能が知られている。以下の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 自分自身に対して免疫がはたらかない状態を何とよぶか、記せ。
- (2) 自分自身の正常な細胞や組織に対して反応・攻撃する疾患の総称を何とよぶか、記せ。
- (3) a～eの疾患のうち、(2)の疾患の例として、正しい組み合わせはどれか、以下の①～⑤から1つ選び、記号を記せ。

- a. 関節リウマチ
- b. I型糖尿病
- c. II型糖尿病
- d. 多発性硬化症
- e. 後天性免疫不全症候群

- ① a, b ② a, c ③ b, c ④ c, d ⑤ d, e

問5 免疫記憶のはたらきによって、一度認識した抗原が再度侵入した時には、速やかに免疫反応を引き起こす。この原理を医療へ応用し、人工的に免疫を獲得する方法を何とよぶか、記せ。

問6 文章中の下線部について、以下の(1)と(2)に答えよ。

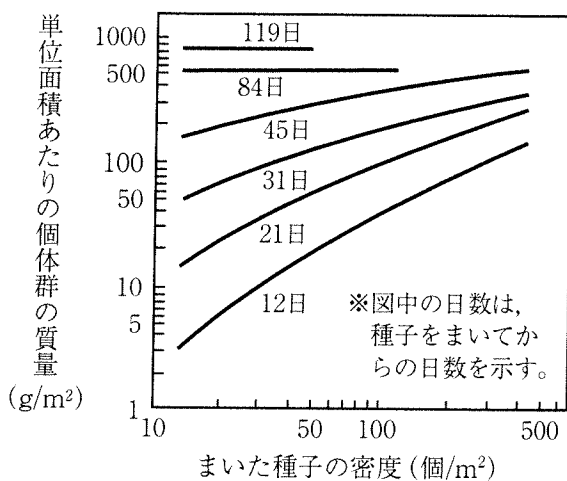
- (1) この現象を何とよぶか、記せ。
- (2) この現象は対立遺伝子の片方のみで起こる。H鎖の可変部遺伝子のうち、V遺伝子が50種類、D遺伝子が25種類、J遺伝子が6種類、L鎖の可変部遺伝子のうち、V遺伝子が45種類、J遺伝子が6種類あった場合、理論上、可変部の組み合わせは何通りになるか、計算式とともに記せ。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えよ。

ある地域に生息する同種個体の集まりを個体群という。個体群密度を推定する方法には、植物やフジツボなどの動かない生物を対象とした（ア）法と、動きが激しい動物などを対象とした（イ）法がある。（ア）法では、ある地域に一定面積の区画をつくり、その中の個体数を数える。（イ）法では、まず個体群のうち、ある数の個体を捕獲し、そのすべての個体に標識をつけて、もとの個体群^(a)に戻す。次に、再びある数の個体を捕獲し、捕獲された個体に含まれる標識個体数から全体の個体数を推定する。

個体群を構成する個体の分布様式は、おもに3つに分けられる。個体間の競争が激しい場合や、それぞれの個体が一定空間を占有する傾向を示す場合は（ウ）分布、ある個体の存在が他個体の存在位置に影響を与えていない場合は（エ）分布、個体どうしが引きつけ合う場合や、微小な非生物的環境にむらがある場合は（オ）分布となる。

個体群密度の変化にともなって、個体の成長・生理・行動などが変化することを（カ）という。トノサマバツタでは、（カ）によって形態的变化が起こる（キ）という現象が知られており、低密度の時に出現する型は孤独相、高密度^(b)の時に出現する型は群生相とよばれている。植物でも（カ）の例はよく知られている。以下の図は個体群密度を変えてダイズの種子をまいたときの、単位面積あたりの個体群の質量を示している。この図から、単位面積あたりの個体群の質量は、^(c)時間が経過すると種子をまいたときの密度に関係なく、ほぼ一定になることがわかる。



図

問1 文章中の(ア)～(キ)に入る適切な語句を記せ。なお、文章中の同一記号の空欄には同一の語句が入る。

問2 下線部(a)の方法を用いて、ある調査地でジャノメチョウ個体群の調査が行われた。調査者は30頭を捕獲し、そのすべての個体に標識をつけて、もとの個体群に戻した。標識個体が個体群内で他個体と十分に混ざり合うことができる期間をおいたのち、25頭を捕獲したところ、そのうち10頭が標識されていた。この調査地におけるジャノメチョウの推定総数を求める計算式とその答えを記せ。ただし、調査期間中にこの調査地に出入りしたり、出生・死亡したりする個体はないものとする。また、標識が標識個体の行動や生存に影響をおよぼすことや、標識自体が脱落することもないものとする。

問3 下線部(b)について、孤独相と比較した場合の群生相の特徴として適切なものを以下の①～⑩からすべて選び、記号を記せ。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① 産卵数が多い | ② 産卵数が少ない | ③ 集合性がある |
| ④ 集合性がない | ⑤ 後肢腿節が長い | ⑥ 後肢腿節が短い |
| ⑦ 移動性が高い | ⑧ 移動性が低い | ⑨ 発育速度が速い |
| ⑩ 発育速度が遅い | | |

問 4 下線部(c)について，以下の(1)と(2)に答えよ。

(1) この現象を説明する法則を何とよぶか，名称を記せ。

(2) この現象はなぜ生じるのか，「まいた種子の密度が高い場合」に続けて，50 字以内で説明せよ。ただし，以下の 3 つの語句をすべて用いること。

(語句) 個体の平均質量，資源，成長

