

平成 30 年度 入 学 試 験 問 題 (前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 問題冊子は 1 冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I 以下の文章を読み、設問に答えよ。

無脊椎動物のヤリイカは直径が最大1 mm にもなる非常に太い神経繊維(巨大神経軸索)を持つ。表は、通常の巨大神経軸索内外におけるナトリウムイオン(Na^+)とカリウムイオン(K^+)の濃度を示す。図1は細胞外の Na^+ 濃度を 440 mmol/L, 220 mmol/L, 147 mmol/L に変化させたときの活動電位を示す。図2は細胞外の K^+ 濃度を変化させたときの静止電位の変化を表している。

一方、脊椎動物の神経の多くは軸索に (A) 細胞が何層にも巻き付いた (B) と呼ばれる構造を持っている。(B) は電気的な絶縁体の役割を持っており、(B) を持つ神経繊維を (C) 神経繊維、ヤリイカの巨大神経軸索のように (B) を持たない神経繊維を (D) 神経繊維と呼ぶ。(C) 神経繊維では、興奮は (B) の切れ目である (E) をとびとびに伝わるため、伝導速度が非常に大きい。この伝導方式のことを (F) と呼ぶ。

表

	軸索細胞内 (mmol/L)	軸索細胞外 (mmol/L)
Na^+	50	440
K^+	440	20

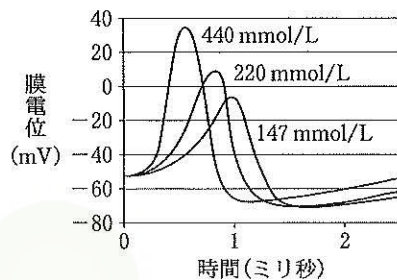


図1

Hodgkin & Katz 1949 より改変

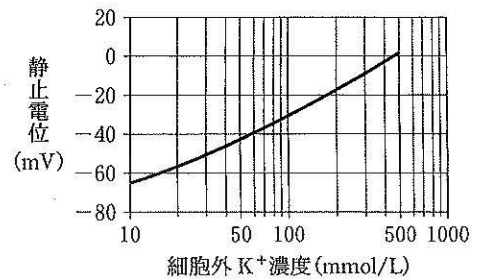


図2

Hodgkin & Keynes 1955 より改変

問1 (A) ~ (F) の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 下線部について、神経繊維が太いことの興奮伝導における利点を答えよ。

問3 表の軸索細胞内外のイオン濃度差の維持に働いているタンパク質の名称と、そのタンパク質が細胞のどこにあるかを答えよ。

問4 細胞外の Na^+ 濃度を減少させたとき、活動電位はどのように変化したか、図1を参照して特徴を2つあげよ。

問5 表のイオン濃度のときの巨大神経軸索の静止電位(①)と、細胞外の K^+ 濃度を細胞内と同じ 440 mmol/L に上げたときの静止電位(②)はそれぞれ何 mV か、図2から読み取り、以下のア~エより最も近い値を選び、記号で答えよ。

ア. -60 mV イ. -40 mV ウ. -20 mV エ. 0 mV

問6 問5をふまえ、負の静止電位が形成される仕組みを「カリウムチャネル」という語句を使って説明せよ。

II 以下の設問に答えよ。

問1 細胞壁と細胞膜では、水および溶質の透過性にどのような違いがあるか。

問2 0.3 mol/L のスクロース溶液中に植物細胞を浸したところ、原形質分離が観察された。このとき、1)細胞膜と細胞壁の関係はどうなっているか。2)膨圧はどうなっているか。3)0.3 mol/L のスクロース溶液を水に交換したところ、細胞膜に包まれた原形質の体積は原形質分離を起こしていたときと比べ30%増加した。そのときの細胞内の浸透圧はスクロース濃度に換算して何 mol/L か(有効数字2桁)。

問3 植物細胞が成長するとき、細胞壁のセルロース繊維どうしの結びつきが弱められるなどして細胞壁がゆるんでいる。そのため、内側からの膨圧によって細胞壁が少しずつ変形しながら細胞は成長する。細胞壁をゆるめるためにはたらく植物ホルモンの名称をあげよ。また、このときの細胞の成長方向(上下方向、横方向)は、細胞壁を構成するセルロース繊維の並び方によって決まる。成長方向とセルロース繊維の並び方にはどのような関係があるか。

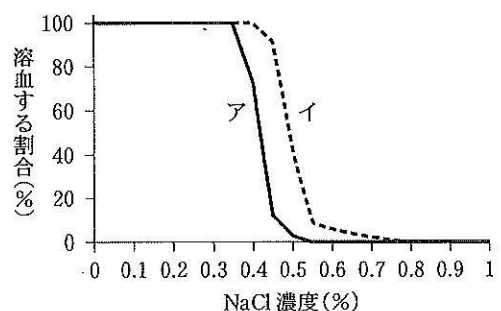
問4 涙や鼻水の中に含まれているリゾチームという酵素の作用を「細胞壁」という語句を用いて説明せよ。

問5 図は赤血球を浸している溶液の NaCl 濃度(%)と、ヒト正常赤血球(ア)、および、ある遺伝子に変異を持つヒトの赤血球(イ)が溶血する割合の関係を示している。ただし、0.9% NaCl 溶液はヒトの血しょうと等張である。

(1) NaCl 濃度が低くなるとなぜ溶血が起こるのか、簡潔に述べよ。

(2) 下線部のような NaCl 溶液を一般に何というか。

(3) アとイでは両者の細胞膜にどのような違いがあると考えられるか、簡潔に述べよ。



Ⅲ 以下の文章を読み、設問に答えよ。

原始大気には遊離の酸素(O_2)はほとんどなく、約 20~22 億年前から大気への O_2 の蓄積が始まった。ヒトが活動するためのエネルギー生産には O_2 が必要なので、ヒトは呼吸により O_2 を取り入れている。呼吸には、肺と血液との間の O_2 と二酸化炭素(CO_2)の交換(ガス交換)である「肺呼吸」と、血液と組織の細胞との間のガス交換である「細胞呼吸」がある。肺呼吸は肺動脈が肺の中で分枝した毛細血管と、(1)が分枝して形成された肺胞との間で行われるもので、肺の中に空気を出し入れする呼吸運動を伴う。ガス交換の結果、血しょう中に拡散した O_2 は(2)に入り、(3)と結合して組織に運ばれる。一方、組織から出た CO_2 の大部分は(4)となり、血しょうに溶解して運ばれる。われわれが食物として摂取した栄養分は呼吸基質として利用される。小腸で消化、吸収された栄養分のうち、糖は血管に入り、肝臓につながる(5)を経て、肝臓に(6)として蓄積される。一方、脂肪は(7)に入る。

問 1 (1)~(7)の空欄に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 1 で O_2 の蓄積に寄与したと考えられる生物の名称とその生物によって作られた岩石の名称を答えよ。

問 3 下線部 2 のガス交換には、吸気、呼気、肺胞気(肺胞に含まれる気体)、動脈血、静脈血の O_2 分圧および CO_2 分圧が関係する。右表はそれぞれの分圧を示している。

1) 肺動脈を流れる血液の O_2 分圧はいくらか。

2) 表のイの値は、静脈血の O_2 分圧の値と比べて、また表のロの値は静脈血の CO_2 分圧の値と比べて、①高い、②同じ、③低い、のうちいずれか、最も適切なものを選び、それぞれ①~③の番号で答えよ。また、選んだ理由をそれぞれ述べよ。

	吸 気	呼 気	肺胞気	動脈血	静脈血
O_2	158	116	イ	96	40
CO_2	0.3	32	ロ	40	46

(単位: mmHg)

3) 呼吸運動に関係する中枢神経系の部位の名称を答えよ。

4) 下線部 2 で肺に空気を取り込む(吸気)呼吸運動はどのようにおこなわれるか。次の4つの語句、「骨格筋」、^{きょうかく}「胸郭」、^{きょうかく}「横隔膜」、^{きょうかく}「胸腔」をすべて用いて説明せよ。なお、「胸郭」は、胸部内臓を包む骨格、「胸腔」は胸郭の内部空間のことである。

問 4 植物細胞で O_2 を消費する細胞小器官および O_2 を発生する細胞小器官の名称をあげよ。存在しない場合は、なしと答えよ。

Ⅳ 以下の文章を読み、設問に答えよ。

生物の生殖法には無性生殖と有性生殖がある。無性生殖では親と全く同じ遺伝的形質を持つ個体を作られるが、有性生殖では遺伝的に多様な子孫を作ることができる。例えばヒト体細胞は(①)本の常染色体と2本の(②)染色体を持つ。そのため減数分裂によって染色体構成が多様な配偶子を作ることができる。これに加えて、減数分裂の際には染色体の乗換えが起きるため、配偶子はさらに多様なものとなる。染色体の乗換えが起これと遺伝子の組換えが起きるが、遺伝子の間の組換え価をもとにして各遺伝子が染色体にどのような位置関係で存在しているかを図に示したものを(③)という。例えば同じ染色体にある遺伝子 A, B, C の組換え価が、AB 間は 6%, AC 間は 2%, BC 間は 4% であった場合、遺伝子 A, B, C の配列順は(④)となる。

問 1 (①)~(④)の空欄に適切な数値、語句もしくは記号を入れよ。

問 2 以下の(a)~(f)のうち、減数分裂の観察に適している試料をすべて選んで記号で記せ。

- (a) ヌマムラサキツユクサのつぼみ (b) ニンニクの根端細胞 (c) テッポウユリの花粉
(d) ウニの卵 (e) ヒメダカの受精卵 (f) フタホシコオロギの精巢

問 3 減数分裂のときの DNA 量(核あたりの相対値)の変化を解答欄のグラフに実線で示せ。ただし、体細胞の核 1 個あたりの DNA 量(相対値)を 1 とする。また、下線部の染色体の乗換えが起こる時期を、解答欄のグラフの(a)~(f)からすべて選び、(a)~(f)の記号を丸で囲め。

問 4 下線部の染色体の乗換えとは何か。「二価染色体」、「相同染色体」という語句を用いて説明せよ。

問 5 (1)~(4)の各文章で比較しているものについて、それらが同じときは「同じ」と書き、違うときは何がどう違うかを具体的に記せ。

- (1) ヒトの 1 つの一次精母細胞からできる精子の数と、ヒトの 1 つの一次卵母細胞からできる卵の数
(2) 酢酸オルセイン液で染色し、光学顕微鏡で観察したときの、タマネギの根端細胞の分裂期と間期の染色体の見え方
(3) ヒトとニワトリの性決定の型
(4) ヒトの X 染色体と Y 染色体の大きさ