

# 生 物

## 第 1 問

体液に関する次の文章を読み、問 1 ～ 問 4 に答えよ。

動物は体重のおよそ 60% を占める水分を保持し、そのうちの (a) 約 3 分の 2 は細胞内に、残りの約 3 分の 1 は細胞外に存在する。細胞外液は、( ア ) 液と細胞を取り巻く ( イ ) 液からなり、( イ ) 液の一部は ( ウ ) 管に入り、( ウ ) 液となる。( イ ) 液は細胞を直接浸し、栄養分や酸素を細胞に供給し、細胞からの二酸化炭素や老廃物を受け取り、( ア ) 液に戻る。体液には電解質や非電解質が含まれており、(b) 腎臓は電解質などの濃度を一定に維持する働きによって、( ア ) 液中の浸透圧を一定に保つ役割がある。このように、体内環境が一定に維持される状態を ( エ ) という。

問 1 文章中の ( ア ) ～ ( エ ) に最も適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)に関して、図1は細胞内液と細胞外液の電解質の一部の組成を示している。次の(1)～(3)の問いに答えよ。

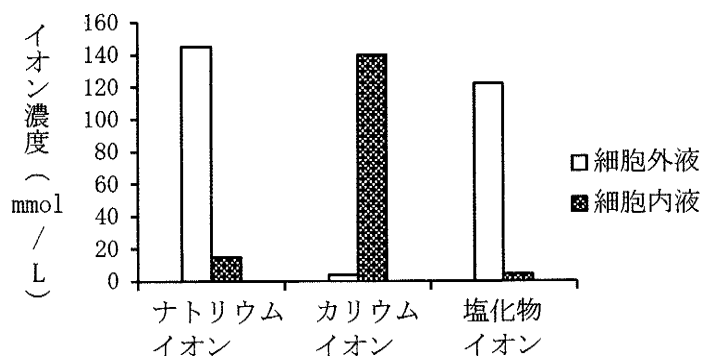


図1

mmol =  $10^{-3}$  mol

- (1) 細胞内液は細胞外液に対してカリウムイオン濃度が高く、ナトリウムイオン濃度が低く保たれている。これはATPを使ってナトリウムイオンを細胞外に出し、カリウムイオンを細胞内に取り込むことによる結果である。ATPのエネルギーを使用して物質を輸送する仕組みを何とよぶか答えよ。
- (2) 細胞膜の内外の電位を測定すると、細胞膜の外側は正 (+) に、内側は負 (-) に帯電する結果を得た。この結果を、以下の用語を用いて説明せよ。

ナトリウムポンプ、カリウムチャネル、ナトリウムイオン、カリウムイオン

- (3) 神経線維に刺激を与えると、細胞膜の外側と内側で電位が逆転し、その後刺激前の状態に戻る。この結果を、以下の用語を用いて説明せよ。

ナトリウムチャネル、カリウムチャネル、ナトリウムイオン、カリウムイオン

問3 下線部(b)に関して、健常者の血しょう・原尿・尿の成分の質量パーセント濃度を表1に示す。次の(1)、(2)の問いに答えよ。

表1 健常者の血しょう・原尿・尿の成分の質量パーセント濃度

成分	血しょう (質量%)	原尿 (質量%)	尿 (質量%)
クレアチニン	0.001	0.001	0.075
ナトリウムイオン	0.3	0.3	0.35
カリウムイオン	0.02	0.02	0.15

(1) 1日の尿量が1.5Lのとき、1日の原尿量は何Lか求めよ。ただし、クレアチニンの再吸収率は37.5%とし、血しょう・原尿・尿の密度は1 g/mLとする。

(2) (1)で求めた原尿量をもとに、ナトリウムイオンとカリウムイオンの再吸収率(%)をそれぞれ求め、小数第一位を四捨五入して答えよ。

問4 体液が減少した状態を脱水と呼ぶ。脱水には下痢や嘔吐(おうと)などによって電解質の喪失を伴う脱水(脱水①)と、水分の摂取不足による、電解質の喪失を伴わない脱水(脱水②)がある。脱水①および脱水②において、血しょう浸透圧、循環血流量、血圧はどのように変化するかそれぞれ説明せよ。

## 第2問

ヒトの細胞に関する次の文章を読み、問1、問2に答えよ。

ヒトの体細胞は、父親、母親それぞれから受け継いだ染色体を有しており、それらの対をなす染色体を（ア）染色体という。（ア）染色体の数を $n$ で表すと、ヒトの体細胞は $2n$ 本の染色体を有している。ヒトの体細胞が有する染色体のうち、2本は雌雄を決定する（イ）染色体である。また、それ以外の染色体は（ウ）染色体という。

細胞分裂直後の体細胞は、タンパク質や脂質などを合成しDNA複製の準備をおこなった後、DNA複製をおこなう。DNA複製をおこなった体細胞が有するDNA量は、DNA複製の前と比べて2倍となる。DNA複製後しばらくすると、核膜が（エ）し、染色体が（オ）する。その後紡錘体が形成され、染色体が細胞の中央部から両極に分配された後、細胞分裂がおこり2つの体細胞が形成される。この過程を体細胞分裂という。

これに対し、母細胞から生殖細胞が形成される時には、母細胞でDNA複製がおきた後、連続して2回の細胞分裂がおこり生殖細胞が形成される。そのため、母細胞の染色体数を $2n$ とすると生殖細胞が持つ染色体数は（カ）となる。この過程を（キ）という。

問1 文章中の（ア）～（キ）に最も適切な語句を入れよ。

問2 体細胞分裂に関して、以下の実験1をおこなった。実験1に関する次の(1)～(5)の問いに答えよ。

【実験1】 さかんに増殖しているヒトの皮膚の細胞を実験室で培養している。この細胞を、DNAに結合する色素で染色し、各細胞が含むDNAの量を測定する実験をおこなった。1万個の細胞それぞれについて色素量を測定し、図2に表した。図2の横軸は、色素量から求めた各細胞が持つDNA量の相対値、縦軸は、そのDNA量を持つ細胞の数を示している。

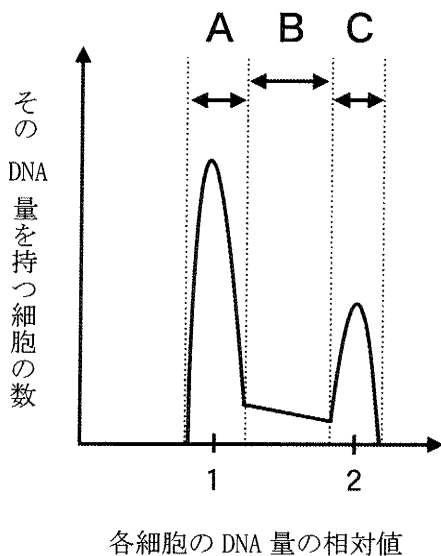


図2

(1) 細胞周期の $G_1$ 期、 $G_2$ 期、S期、M期の細胞は、それぞれ図2のA、B、Cのどの領域に含まれるか答えよ。

- (2) 図2の領域A, B, Cに含まれる細胞の数の比が, 60 : 15 : 25 だったとする。実験1で用いた細胞について, 細胞周期のG<sub>1</sub>期の長さは何時間だったと推定されるか答えよ。ただし, 実験1に用いた細胞の細胞周期の長さは20時間だったとする。
- (3) 実験1に用いたヒトの皮膚の細胞を, 微小管の重合を阻害し紡錘体の形成を抑制する薬剤で24時間処理すると, 細胞は増殖を完全に停止する。その後, 実験1と同様にDNAに結合する色素を用いて各細胞のDNA量を測定した。予想される結果を解答欄の図に実線の曲線を描いて解答せよ。また, そのようになると考えた理由を簡潔に答えよ。解答欄の図には, 図2の結果が点線で示してある。
- (4) (3)と同様に, 微小管の重合を阻害し紡錘体の形成を抑制する薬剤で24時間細胞を処理した後, 細胞をこの薬剤を除いた通常の培地に移し培養すると, 細胞は再び増殖を始める。薬剤を除いた培地で10時間培養後, 実験1と同様にDNAに結合する色素を用いて各細胞のDNA量を測定した。予想される結果を解答欄の図に実線の曲線を描いて解答せよ。また, そのようになると考えた理由を簡潔に答えよ。解答欄の図には, 図2の結果が点線で示してある。
- (5) 体を構成する細胞の多くは, 細胞分裂をせず増殖を停止していることが知られている。そのような増殖を停止している細胞を生体から採取し, 実験1と同様にDNAに結合する色素で処理し, 各細胞のDNA量を測定するとどのような結果が得られるか。予想される結果を解答欄の図に実線の曲線を描いて解答せよ。また, そのようになると考えた理由を簡潔に答えよ。解答欄の図には, 図2の結果が点線で示してある。

### 第3問

溜め池（ためいけ）でみられる生物に関する次の文章を読み，問1～問4に答えよ。

西日本を中心に全国各地にある溜め池は，農業に利用する水を確保するうえで重要な役割を担っている。いっぽうで，フナ類・タナゴ類などの魚類，ヌマエビ類などの甲殻類，ゲンゴロウ類などの水生昆虫をはじめとして，その地域に古くから生息する水生生物の生息地としての役割もある。そのなかには日本固有の淡水魚であるニッポンバラタナゴなどのように絶滅の危機に瀕（ひん）する種もみられ，そのような生物のことを（ア）という。環境省などでは，絶滅の危険性の高さを判定して分類した（ア）のリストである（イ）を公表している。

現在の溜め池では，もともと生息していなかった外国産の生物もみられるようになった。このような生物のことを外来生物という。(a) 例えば，中国原産の淡水魚のタイリクバラタナゴは外来生物であり，ニッポンバラタナゴに対して，深刻な悪影響を及ぼしている。タイリクバラタナゴはニッポンバラタナゴと交配可能なことが確認されている。

また，北米原産の外来生物で肉食性のオオクチバスは，溜め池に生息する生物に対して，捕食を通じて甚大な被害を与えている。オオクチバスは，生態系に対する影響が特に大きいことから，2005年6月に施行された外来生物法では(b) 特定外来生物に指定されており，各地で駆除がおこなわれている。オオクチバスのメスは1回の産卵で2万個程度の卵を産むので，繁殖力が非常に高いといえる。

オオクチバスの駆除では，漁具による捕獲や，池の水を抜く池干しがおこなわれているほか，人工的に産卵場所を設けて産卵された卵を除去する人工産卵床が用いられている。また，(c) 繁殖期のオスの胆汁から抽出する性フェロモンを用いたわな（性フェロモントラップ）も開発されている。

- 問1 文章中の（ア）、（イ）に最も適切な語句を入れよ。
- 問2 下線部(a)に関して、タイリクバラタナゴがニッポンバラタナゴに与えると考えられる影響を2つ簡潔に答えよ。
- 問3 下線部(b)に関して、オオクチバス以外で特定外来生物に指定されている種を、動物・植物の中からそれぞれ1種ずつ答えよ。
- 問4 下線部(c)に関して、オオクチバスの性フェロモントラップでは、メスのみを選択的に捕獲できることが確認されている。その理由を簡潔に説明せよ。また、オオクチバスの駆除において、性フェロモントラップにはどのような利点があると考えられるか、150字以内で説明せよ。



## 第4問

生物の進化に関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

工業暗化とは、産業が急速に発展した19世紀後半のヨーロッパにおいて、鱗翅目（りんしもく）のオオシモフリエダシャクの体色が明色から暗色に変化した現象のことをいう。工業化が進む以前には白い明色個体が多かったが、工業化による工場からの煤煙（ばいえん）によって樹木の表皮が黒ずんでくると、明色個体の(a) 個体数は激減し、代わりに体色が黒い暗色個体が増えていった。最近の研究で、オオシモフリエダシャクの(b) 暗色の形質には *cortex* とよばれる遺伝子の変異が関与することがわかった。

問1 下線部(a)のように、個体数が減少すると、少ない個体数で集団が維持されることがある。次の(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) このような小さい集団では、偶然による対立遺伝子頻度の変化がおこる。この現象を何とよぶか。
- (2) 小さい集団でおこりやすくなる現象として誤っているものを次の①～⑤から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 近縁な個体の交配がおこりやすくなる。
- ② 交配できる個体に遭遇しにくくなる。
- ③ 突然変異がおこりやすくなる。
- ④ 対立遺伝子が固定しやすくなる。
- ⑤ アリー効果がおこりやすくなる。

問2 オオシモフリエダシャクの集団内に異なる体色の型(明色と暗色)があるとき、工業化が進む時代に暗色個体が増加したことが、自然選択によるものだと証明するためには、どのような仮説を検証すればよいか。検証すべき仮説を2つ簡潔に答えよ。

問3 下線部 (b) に関して、この遺伝子では、対立遺伝子  $A$ ,  $a$  が体色の暗色と明色を決定するとする。暗色は優性遺伝し、明色は劣性遺伝する。19世紀後半に、ある集団で個体数の調査をおこなったところ、明色が10個体、暗色が240個体であった。この集団がハーディ・ワインベルグの法則に従うと仮定し、次の(1)、(2)の問いに答えよ。

(1) この集団において、明色を決定する対立遺伝子の頻度を求めよ。

(2) 次の世代に予測される暗色個体の頻度を求めよ。

問4 オオシモフリエダシャクの明色個体と暗色個体は、同じ場所に生息する1つの種である。これらが異なる種として分化していくには、明色個体と暗色個体の間にどのような行動や生態の変容がおこる必要があるか。50字以内で説明せよ。

問5 形質の変化と進化のしくみに関連する以下の①～⑤の文章のうち、正しいものをすべて選び、番号で答えよ。

- ① 進化とは、自然選択のことである。
- ② 適応とは、生物が環境に対して有利な形質を備えていることである。
- ③ 形質置換とは、地理的隔離による結果、形質に違いが生じる現象のことである。
- ④ 遺伝子型の適応度は、環境によって変化する。
- ⑤ 塩基配列やアミノ酸配列の変化の速度を分子時計とよぶ。