

理科問題紙

平成 31 年 2 月 25 日

自 14:00

至 16:00

答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 29 までの 29 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦, ⑧, ⑨, 化学 ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, 物理 ⑭, ⑮, ⑯ の 10 枚である。
3. 生物, 化学, 物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

生 物

1

(1) 図1aの写真は、接眼マイクロメーターを装着した顕微鏡を使い、ある倍率の対物レンズで対物マイクロメーターを観察したものである。図1bの写真は、図1aと同じ対物レンズでヒトの血液を観察したものである。なお接眼レンズの倍率は10倍で、接眼マイクロメーターには1cmを100等分する目盛りが、対物マイクロメーターには1mmを100等分する目盛りがそれぞれ刻まれている。

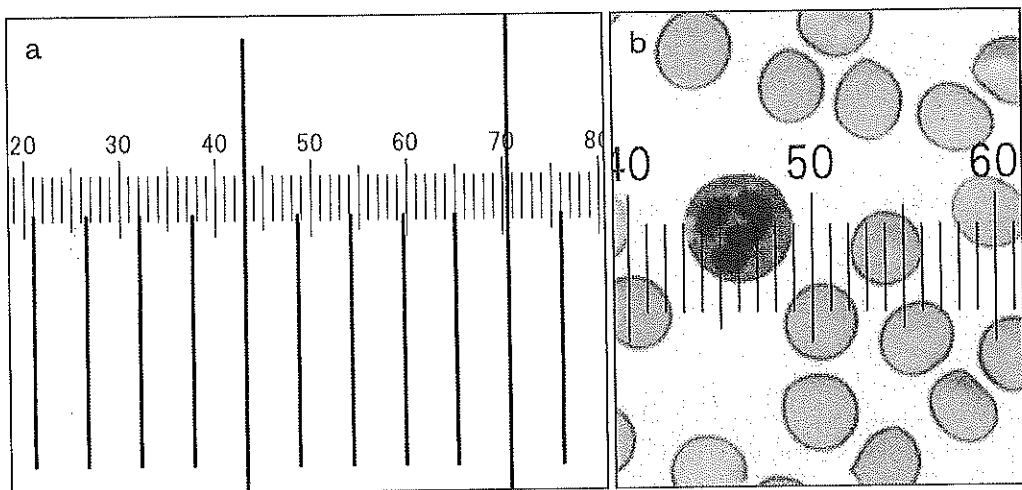


図1 接眼マイクロメーターを装着した顕微鏡で撮影した写真

問 1 図 1 を撮影した際の対物レンズの実際の倍率は何倍か，計算しなさい。

問 2 図 1 b の赤血球の直径を計算し， μm の単位で小数第 2 位まで答えなさい。

問 3 接眼レンズと対物レンズをそれぞれ正確に 20 倍と 5 倍の倍率のものに取り替えて観察した場合，接眼マイクロメーター 1 目盛り分の長さは何 μm に相当するか，計算しなさい。なお，接眼マイクロメーターは図 1 を撮影したときのものと同じものを使用する。

問 4 食作用を持つ白血球を 3 つ挙げ，その名称を書きなさい。

(2) ユープロテス(ミズヒラタムシ)はゾウリムシに近い繊毛虫の一種で、細胞内に遺伝子発現に特化した大核(栄養核)と有性生殖時に減数分裂を行い次世代に遺伝情報を伝える小核(生殖核)の、2つの細胞核を持つ単細胞原生生物である(図2 a)。ユープロテスの細胞の核を染色して観察すると、大核の形状によってG₁期、S期、G₂期、D期(分裂期)の細胞周期各期に対応する4つのタイプに分けることができる(図2 b)。このうちS期の細胞では、大核両端部に複製帯と呼ばれる帯状構造が形成されるため、大核が複製されるようすを顕微鏡で観察することができる。複製帯は、DNAを複製しながらゆっくりと中央部に向かって移動し、中央でぶつかり複製が終了する。

ユープロテスを、一定量のエサを含む100 mLの新しい培養液が入ったフラスコに移して培養した。培養中に一部を採取し観察したところ、ユープロテスは1 mLあたり300個に増殖していた。また、大核のタイプを数えたところ、表1に示す結果が得られた。図3は、このときのユープロテスの細胞増殖のようすを、他の2種類の原生生物と比較した結果を示している。

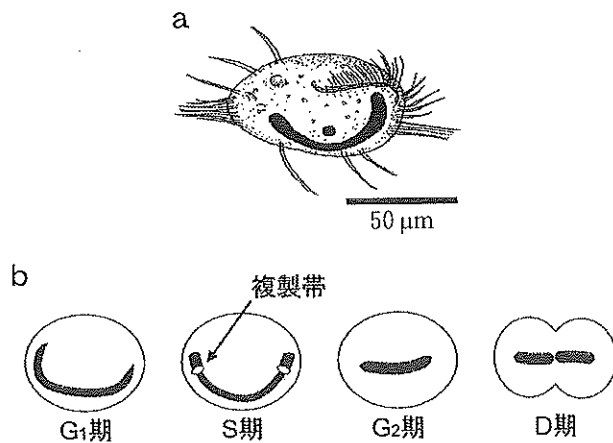


図2 ユープロテス(a)と細胞周期各期における大核のタイプ(b)

表1 大核のタイプに基づいて数えた細胞周期各期の細胞数

細胞周期	G ₁ 期	S期	G ₂ 期	D期
細胞数	462個	167個	84個	38個

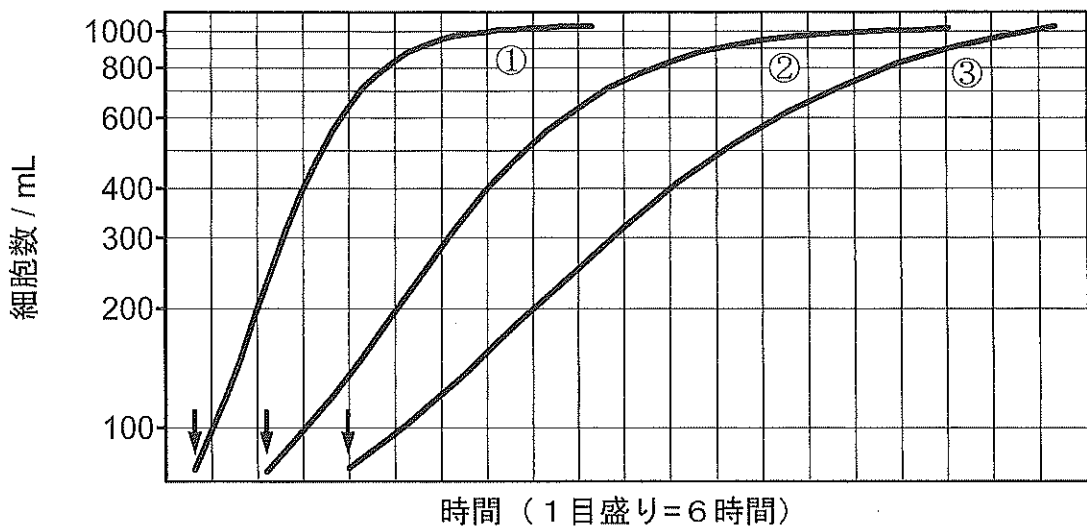


図3 3種類の原生生物の細胞増殖のようす
(矢印はそれぞれの原生生物の培養開始時点を示す)

問1 下線部で、核を染色する試薬を1つ挙げなさい。

問2 表1で、S期に要する時間が4時間であった場合、ユープロテスの細胞周期が1周するのに要する時間は何時間何分か、計算しなさい。なお、秒の位は30秒以上を1分に繰り上げ、30秒未満を切り捨てること。また、このときユープロテスの細胞増殖を示すグラフは、図3の①～③のどれになるか、番号を書きなさい。

問3 図3のグラフは、3種類の原生生物のすべてにおいて細胞密度が1 mLあたり300個のときよりも800個のときのほうが細胞増殖速度が 速い・遅い ことを示している。

内で正しい語を選び、書きなさい。また、細胞増殖速度が変わる理由を50字以内で説明しなさい。

(1) 真核生物の DNA は、核内で とよばれるタンパク質に巻き付いて、ビーズ状の構造である を形成している。これが数珠状^{じゆず}につながったものがねじれて太くなりクロマチン繊維をつくり、さらにねじれて凝集した染色体となる。ヒトの体細胞の核には、両親から受け継いだ染色体のセットが 1 組ずつ含まれている。この 1 組の染色体のセットに含まれるすべての塩基配列情報をゲノムと言い、約 30 億塩基対分の遺伝情報が 23 本の染色体に分けられている。

多くの遺伝子はセントラルドグマに従って転写され翻訳されるが、一方で、タンパク質に翻訳されずに RNA の状態のまま細胞内で機能するものも存在する。そのうち、ヌクレオチド鎖の長さが 22 塩基程度の短い RNA を microRNA と言い、これは他の遺伝子の翻訳の抑制に関わっている。この現象を と言う。

問 1 ~ に適当な語を入れなさい。

問 2 ほとんどの動植物の体細胞は、相同染色体を 1 組 2 本ずつ含むが、3 本ずつ含む特殊な細胞も存在する。どのような細胞か、例を 1 つ挙げ、相同染色体が 3 本になる理由を簡単に説明しなさい。

問 3 タンパク質に翻訳されずに機能する RNA を、microRNA 以外で 2 つ挙げ、その名称を書きなさい。

問 4 DNA は、ヌクレオチド鎖のはしご構造が 10 塩基対ごとに一回転ねじれた二重らせん構造をしている。この二重らせん一回転分の長さは 3.4 nm である。G₁ 期のヒト体細胞の核内に含まれる DNA の長さはあわせて何 m になるか計算し、小数第 2 位まで答えなさい。

(2) PCR法では、鋳型となるDNAとプライマーを準備する必要がある。これに、DNAの材料となる4種類のデオキシヌクレオチドと、反応を触媒する を加えて加熱—冷却サイクルを繰り返すことで、DNAを指数関数的に増幅させることができる。例えば、95℃で30秒保温→60℃で30秒保温→72℃で1分保温、の加熱—冷却サイクルを25回繰り返すことで、理論上2つのプライマーに挟まれたDNAを 2^{25} 倍に増やすことができる。

問1 に適当な酵素名を入れなさい。

問2 下線部の各温度条件下でどのような反応が起こっているか、それぞれ簡単に説明しなさい。

問3 以下の一本鎖DNAを鋳型としてPCRを行った場合に、このDNAを増幅できないプライマーの組み合わせをすべて選び、記号を書きなさい。

一本鎖DNA

5'-AGCTTATTAT ATTCAATTTA AACCCACCTA TAATGGTGAA
TATCTTCACA TCAGTTAGTA TTATTGATGG CAAATACACA
AAGAAAGCCC TCCCAGTCC TCATGTACTG GTC CCTCATT-3'

プライマーの組み合わせ

a

5'-AGCTTATTATATTCAATTTA-3'
5'-AATGAGGGACCAGTACATGA-3'

b

5'-AGCTTATTATATTCAATTTA-3'
5'-TCATGTACTGGTCCCTCATT-3'

c

5'-TAAATTGAATATAATAAGCT-3'
5'-AATGAGGGACCAGTACATGA-3'

d

5'-TAAATTGAATATAATAAGCT-3'
5'-TCATGTACTGGTCCCTCATT-3'

(1) 地球上で最も古い生物の痕跡は、35億年前の地層から発見された原核生物の化石である。この時期の原始地球には、酸素はほとんど存在せず、代わりに大量の二酸化炭素が存在していた。この時期の生物には、無機化合物の化学エネルギーを使って二酸化炭素を還元し生命活動に必要な有機物を合成する [1] 細菌と、周囲の有機物を分解してその化学エネルギーを使って生活する [2] 生物が存在していたと考えられている。その後、現在の植物と同様の光合成を行い酸素を環境に放出する原核生物が出現した。これを [3] といい、その痕跡であるストロマトライトの化石は25~27億年前の世界各地の地層から発見されている。 [3] の光合成により、海水中さらには大気中の二酸化炭素が減少し、酸素が増えていった。大気中の酸素は、成層圏で [4] を形成することで太陽光に含まれる有害な [5] を遮断し、これが生物の陸上への進出に役立ったと考えられている。

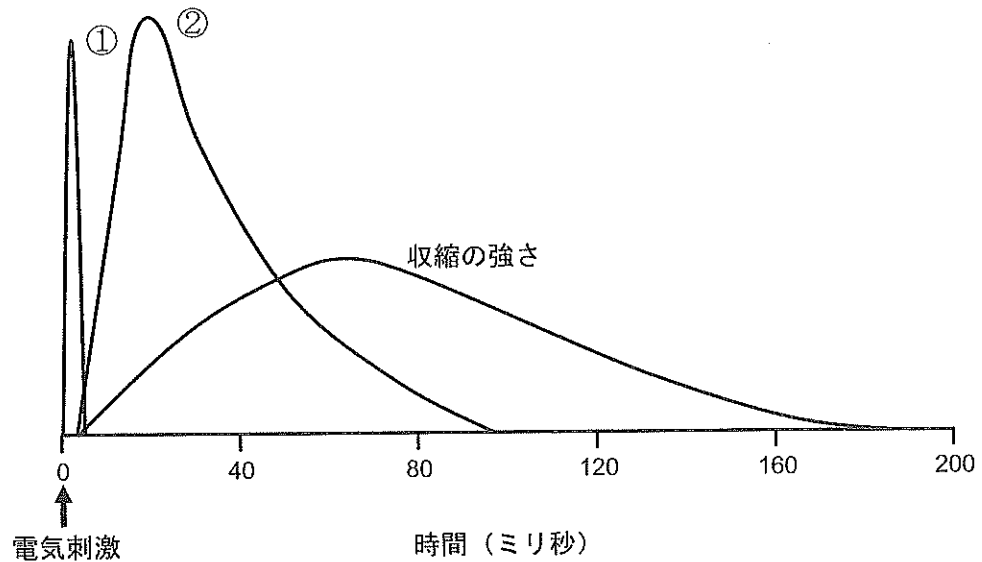
問 1 [1] ~ [5] に適当な語を入れなさい。

問 2 [3] と違い、酸素を放出しない光合成を行う光合成細菌が存在する。この細菌を1つ挙げ、名称を書きなさい。また、それが持つ光合成色素と光合成で電子供与体として使われる化合物を、それぞれ書きなさい。

問 3 下線部について、その初期段階では放出された酸素は海水中の物質と結合し海底に沈殿したと考えられている。これにより形成された地層の名称を書きなさい。

問 4 生物の代謝反応における異化の具体例を2つ挙げ、その名称を書きなさい。また、同化と異化の違いについて75字以内で説明しなさい。

(2) 下図は、骨格筋細胞に電気刺激を1回与え単収縮を起こさせたときに、細胞内で生じる特定のイオンの濃度変化と収縮の強さの変化を、時間経過と共に模式的に示したものである。



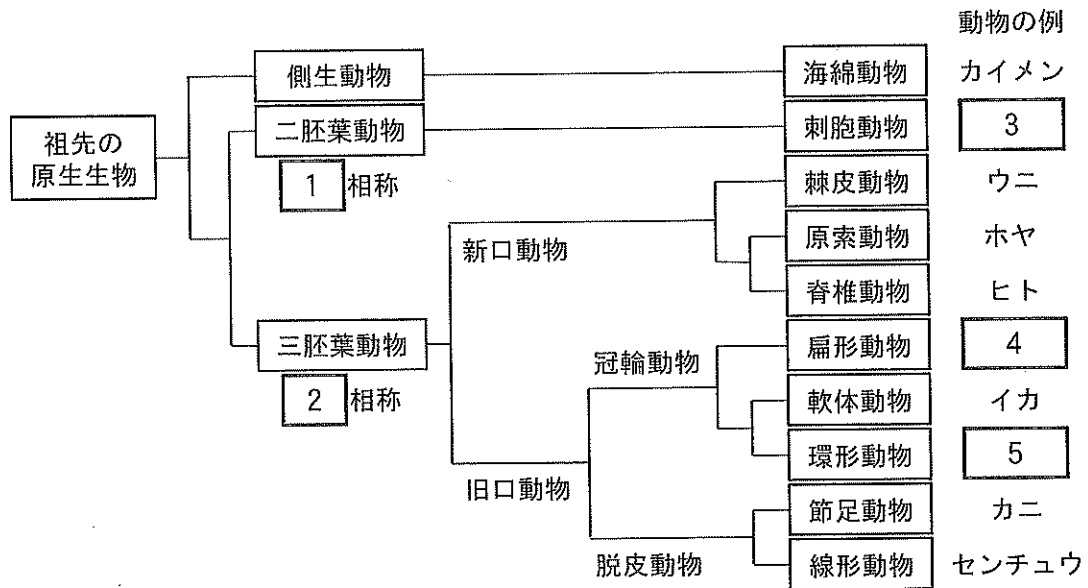
問 1 ①と②のイオンはそれぞれ何か、下から選んで書きなさい。

K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^-

問 2 骨格筋に短い間隔で連続して刺激を与えると、単収縮より強い持続的な収縮が見られるようになる。この収縮の名称を書きなさい。また、収縮が強くなるしくみを、図を参考にして50～100字以内で説明しなさい。

4

(1) 動物界に含まれる生物群は、体の構造や発生様式の特徴に加え、タンパク質のアミノ酸配列やDNAの塩基配列の違いによって分類され、下図に示す系統樹がつけられている。以下の問に答えなさい。



問 1 [1] と [2] に適当な語を入れなさい。

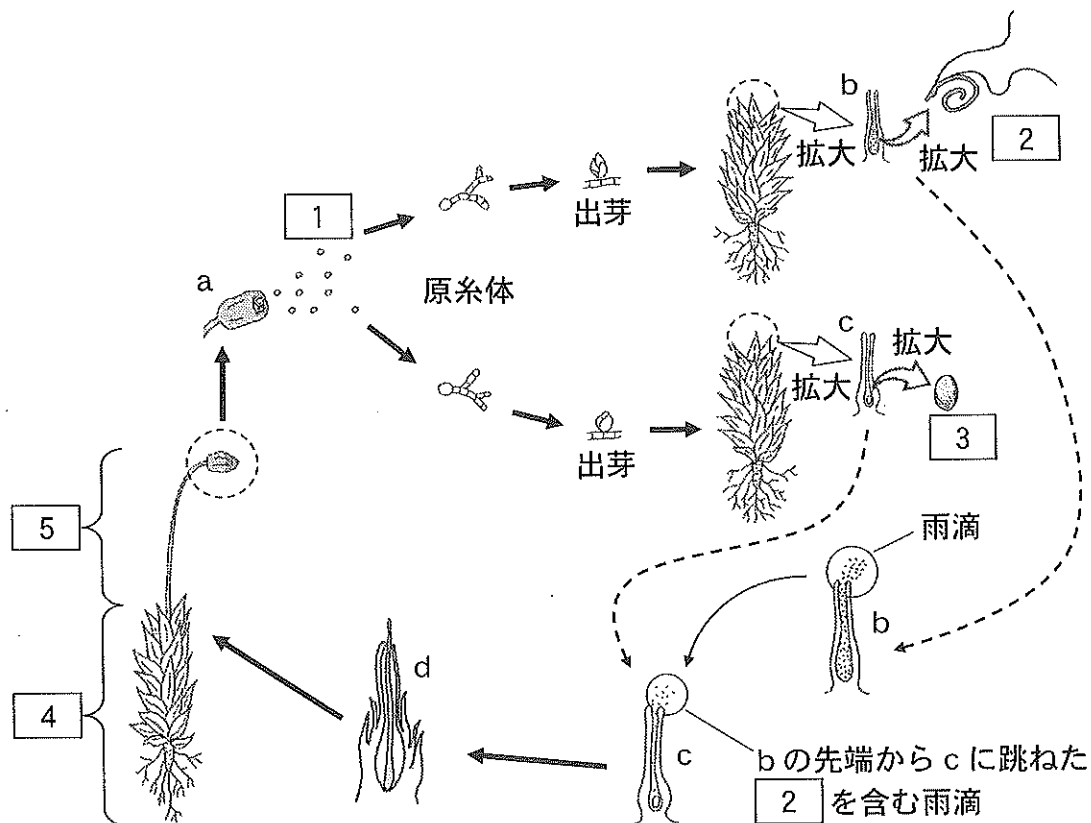
問 2 新口動物と旧口動物は、胚の発生様式の違いに基づいて分類されている。これらの違いを、75字以内で説明しなさい。

問 3 [3] ~ [5] に適当な動物名を例にならって入れなさい。

問 4 海綿動物は、他の門に分類される動物と異なり、外界の情報を統合するしくみを持たない。その名称を書きなさい。

問 5 三胚葉動物は、体形に頭尾軸や背腹軸などの方向性をもつ。ヒトやマウスにおいて、頭尾軸に沿った形態の形成に関与する遺伝子群の名称を書きなさい。また、身体におけるそれらの遺伝子の発現領域と染色体上の位置関係に見られる特徴を、50字以内で説明しなさい。

(2) 下図は、ある植物の生活環を模式的に示したものである。以下の間に答えなさい。



問 1 この植物が属する植物門の名称を答えなさい。

問 2 1 ~ 5 に適切な細胞名あるいは生活環の体制の名称を入れなさい。また、それぞれの核相を答えなさい。

問 3 減数分裂を行うのは a~d のどの器官か、記号で答え、その器官の名称を書きなさい。なお、複数ある場合は、すべての記号とその名称を順番を合わせて書くこと。