

2020年度入学試験問題

生 物

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は5枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから10ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。

1

次の文章を読み、問に答えなさい。

図1に示すプラスミドXは、大腸菌内で自己増殖することができ、抗生物質であるアンピシリンを分解する酵素の遺伝子(*bla* 遺伝子)と、大腸菌内で恒常的な発現を誘導するプロモーターをもっている。図2に示すDNAを鋳型に、2種類のプライマーDNAを用いて、PCR法により緑色蛍光タンパク質(GFP)の遺伝子を増幅した。この方法で増幅された766塩基対のDNA断片を、制限酵素 *Eco*RI で切断したのち、同じく *Eco*RI で切断したプラスミドXに結合させてから大腸菌に導入した。この大腸菌をアンピシリンを含む寒天培地の上で培養してコロニーを形成させたところ、紫外線照射下で緑色の蛍光を発するコロニーと発しないコロニーが存在することがわかった。蛍光を発するコロニーから1つを選んで大腸菌Aと名付け、一方、蛍光を発しないコロニーから1つを選んで大腸菌Bと名付けた。大腸菌Aがもつプラスミドaと、大腸菌Bがもつプラスミドbを、それぞれ取り出して調べたところ、プラスミドaとプラスミドbはいずれも全長が同じ3654塩基対であることがわかった。また、プラスミドaとプラスミドbのGFPの遺伝子の塩基配列をサンガー法で調べたところ、どちらのプラスミドも同じ塩基配列のGFPの遺伝子をもつことがわかった。さらに、プラスミドbを *Eco*RI で切断し、生じた2つのDNA断片同士を再び結合して、新たに大腸菌に導入した。この大腸菌をアンピシリンを含む寒天培地の上で培養し、出現したコロニーに紫外線を照射すると、緑色の蛍光を発するコロニーと発しないコロニーが存在することがわかった。

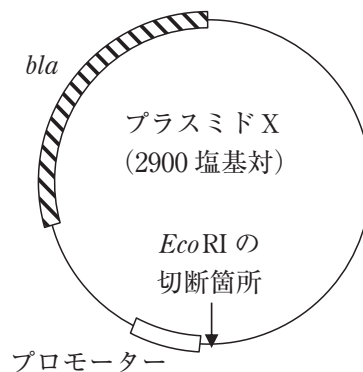


図1 プラスミドX

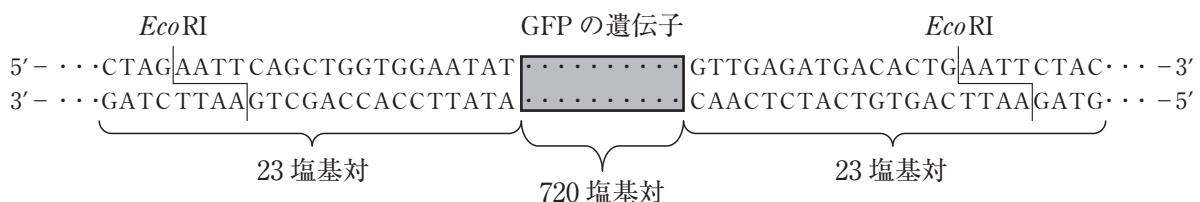


図2 GFPの遺伝子を含むDNA

問1 下線部①の増幅に用いられるプライマー DNA の組み合わせのうち、最も適切な組み合わせを、以下の(I)～(IV)の中から1つ選びなさい。

- (I) 5'-CTAGAATTCAGCTGGTGGAATAT-3' と 5'-CATCTTAAGTCACAGTAGAGTTG-3'
- (II) 5'-CTAGAATTCAGCTGGTGGAATAT-3' と 5'-GTAGAATTCAGTGTTCATCTCAAC-3'
- (III) 5'-TATAAGGTGGTCGACTTAAGATC-3' と 5'-CATCTTAAGTCACAGTAGAGTTG-3'
- (IV) 5'-TATAAGGTGGTCGACTTAAGATC-3' と 5'-GTAGAATTCAGTGTTCATCTCAAC-3'

問2 PCR 法では、一般的に、3段階の温度変化を1サイクルとして設定し、このサイクルを繰り返すことで目的の DNA 断片を増幅する。下線部①の増幅に関して、PCR 法を10サイクルで行った場合、理論上、GFP の遺伝子は何倍に増幅されるかを答えなさい。なお、概数ではなく正確な数値で答えること。

問3 下線部②の結合に用いられる酵素の名称を答えなさい。

問4 以下の文章は、下線部③のサンガー法について説明したものである。次の(ア)～(ウ)に当てはまる適切な語句を入れなさい。

塩基配列を決定したい2本鎖 DNA を含む溶液を熱処理し、2本鎖 DNA を解離させて1本鎖 DNA にする。この溶液に、耐熱性の(ア)、1種類のプライマー DNA、4種類のヌクレオチド、さらに、4種類の特殊なヌクレオチドである(イ)を加えて反応溶液とする。なお、この4種類の(イ)はそれぞれ異なる蛍光色素で標識されている。この反応溶液を用いて、熱処理による解離で生じた1本鎖 DNA を鋳型として相補的な DNA を合成する。この合成の際、(イ)が取り込まれたところで DNA の合成は停止する。その結果、さまざまな場所で合成が停止した長さの異なる DNA 断片が得られる。得られたさまざまな長さの DNA 断片を(ウ)で長さの順に分離し、それぞれの DNA 断片がもつ蛍光色素の種類を順にたどることで、目的の塩基配列を決定することができる。

問5 大腸菌 B が蛍光を発しなかったのはなぜか。その理由を、プラスミド b の構造を踏まえて80字以内で説明しなさい。なお、いずれの大腸菌の染色体 DNA にも変異は生じていないものとする。

2

次の文章を読み、問に答えなさい。

栄養となる炭素源のみが異なっている培地(A)および(B)における、ある動物細胞の培養について考える。各細胞は他の細胞とは無関係に分裂を開始する。また、活発に分裂している細胞では、1回の細胞周期の時間は、同じ培地ではほぼ同じである。

培地(A)および(B)で、培地の組成以外の条件は全て同じにして培養し、そこから活発に分裂している細胞を千数百個、それまでと同じ培地に植え継いで継代培養を行った。図1に、継代培養開始後の細胞数の経時変化を示している。図2には、継代培養開始後40時間目に採取した 1.0×10^3 個の細胞における細胞1個あたりのDNA量ごとの細胞数を示している。

問1 培地(A)および(B)で培養した細胞の、1回の細胞周期に必要な時間をそれぞれ答えなさい。

問2 継代培養開始後40時間目の細胞を固定し、DNAを染色後に顕微鏡で観察したところ、培地(A)で培養した細胞では5.0%、培地(B)で培養した細胞では4.2%の細胞がM期にあると判定された。培地(A)および(B)で培養した細胞それぞれにおける、 G_2 期の長さ(時間)を有効数字2桁で答えなさい。

問3 この細胞において G_1 期の核に含まれるDNAの大きさが 5.0×10^9 塩基対(bp)であるとき、培地(A)で培養した細胞におけるDNAの複製速度(bp/秒)を有効数字2桁で答えなさい。

問4 培地(A)で培養した細胞において、DNAの複製に関与する複合体の進行速度が50 bp/秒だとすると、 G_1 期におけるこのDNA上の複製起点の数はいくつだと考えられるか、有効数字2桁で答えなさい。

問5 多くの動物細胞では、継代培養を限りなく続けることはできない。その理由を「テロメア」、「ラギング鎖」の2つの語句を必ず用いて、100字以内で説明しなさい。

問6 酵母では、属や種によって違いがあるものの、細胞周期が進行するためには、 G_1 期あるいは G_2 期に、細胞が一定の大きさを越える必要があると考えられている。動物の培養細胞でも、細胞周期が進行するための決定が同様になされるとして、図1および図2から考えられることを、細胞の成長に関連づけて120字以内で説明しなさい。

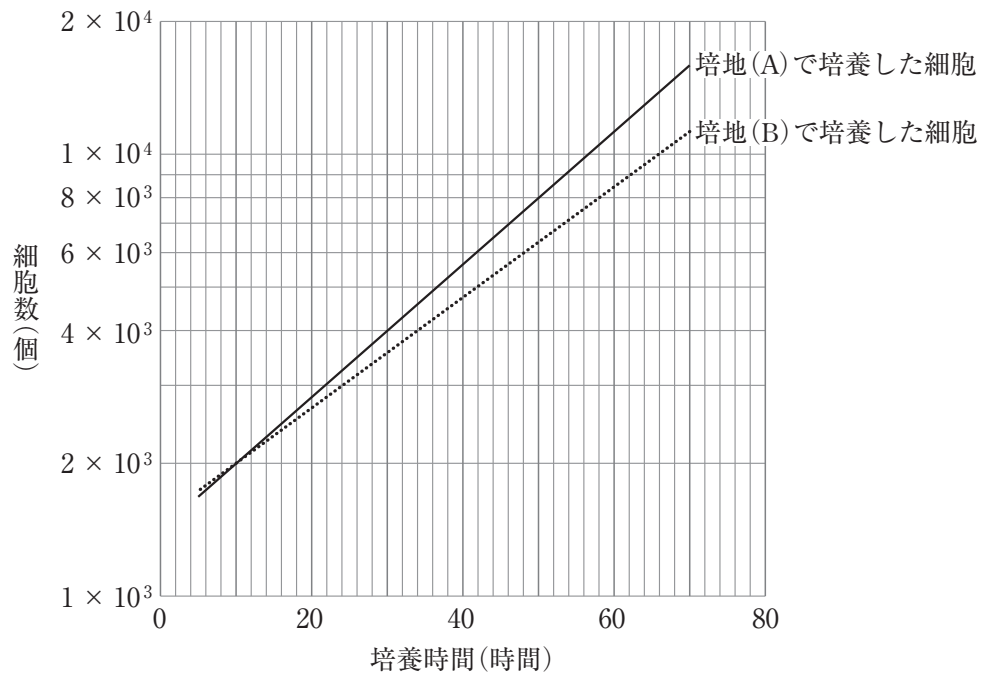


図1 細胞数の経時変化

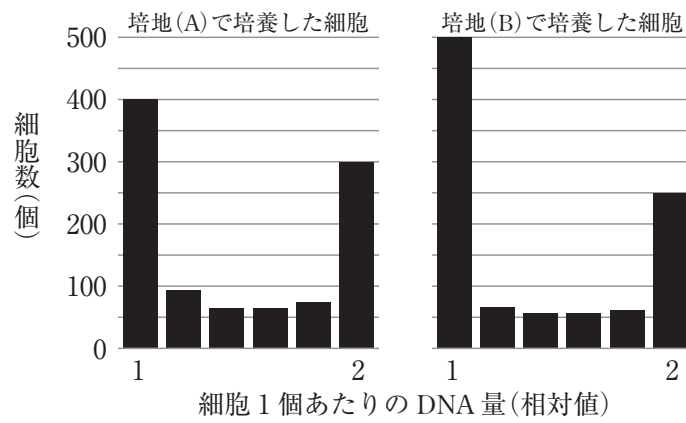


図2 細胞1個あたりのDNA量ごとの細胞数

3

次の文章を読み、問に答えなさい。

ヒトの神経細胞(ニューロン)は(ア)、(イ)、(ウ)の3つの部分から構成されている。(ア)には核やその他の細胞小器官が存在する。(イ)は(ア)からのびる多数の突起であり他の神経細胞からの信号を受け取る。(ウ)は(ア)からのびる長い突起であり、興奮を他の神経細胞に伝える。(ウ)は神経繊維ともよばれ、その多くはシュワン細胞からなる神経鞘とよばれる薄い膜で覆われている。シュワン細胞は(ウ)の周りにぐるぐると巻き付いて(エ)を形成する。(エ)を有する神経繊維を有髄神経繊維、もたないものを無髄神経繊維という。有髄神経繊維には一定の間隔で(エ)が欠落した部分があり、これを(オ)と呼ぶ。①有髄神経繊維は無髄神経繊維に比べ約 50 倍速い速度で興奮を伝導することができる。

神経細胞では細胞膜の外側との間に膜電位とよばれる電位差が存在し、興奮が伝わっていない状態では細胞内は細胞外に対して負に荷電している。これを(カ)電位という。神経細胞が刺激を受け取ると、瞬間的に負の(カ)電位から正の膜電位に変化しやがてもとに戻る。この一連の膜電位の変化を(キ)電位という。膜電位の上昇は細胞外からの(ク)イオンの流入により、膜電位の低下は細胞内からの(ケ)イオンの流出により生じる。神経細胞に生じる(キ)電位の大きさは閾値以上の刺激であれば一定であり、閾値未満の刺激では神経細胞は興奮しない。これを(コ)という。②(ア)から神経繊維の終末へと伝わった興奮は、シナプスで他の神経細胞や効果器などに伝達される。

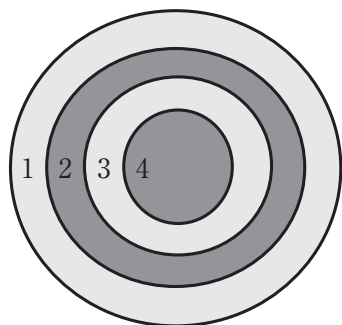
問1 (ア)～(コ)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①に関して、有髄神経繊維が速い速度で興奮を伝導するしくみを 50 字以内で説明しなさい。

問3 下線部②に関して、シナプスにおいてシナプス前細胞からシナプス後細胞にどのように興奮の伝達が行われるのかを 130 字以内で説明しなさい。

4 次の文章を読み、問に答えなさい。

日長は植物の花芽形成に関わる要因の一つである。シロイヌナズナを長日条件下に置くと、葉の維管束の細胞で FT タンパク質が合成され、師部を通して(ア)に輸送される。FT タンパク質は従前から(イ)と呼ばれてきたものの実体である。FT タンパク質が(ア)に到達したのちに、花芽形成が始まる。



被子植物の花は通常、左の図のように4つの領域に分けられる。領域1には(a)が、領域2には(b)が、領域3には(c)が、領域4には(d)が形成される。各領域では花器官の形成に関わる3つの遺伝子のうち、1つまたは2つが発現している。また、これらの3つの遺伝子のうちの1つが機能しなくなった変異体がそれぞれ知られている。以上のような、3種類の遺伝子の働きによって花を構成する器官が形成されるとする考え方を(ウ)とよぶ。

問1 (ア)～(ウ)にあてはまる語句を答えなさい。

問2 文中の(a)～(d)にあてはまる用語の組み合わせとして、適切なものを以下の(1)～(6)から選りなさい。

	a	b	c	d
(1)	めしべ	花弁	おしべ	がく片
(2)	がく片	花弁	めしべ	おしべ
(3)	がく片	めしべ	花弁	おしべ
(4)	花弁	おしべ	がく片	めしべ
(5)	がく片	花弁	おしべ	めしべ
(6)	花弁	がく片	めしべ	おしべ

問3 下線部①のシロイヌナズナは長日植物である。長日植物とはどのような性質を持つ植物なのか、「日長」、「暗期」、「光中断」の3つの単語を用いて、120字以内で説明しなさい。

問4 下線部②について、FT タンパク質が(ア)に到達したのちに、花芽形成が始まるまでにはどのようなことが起こるのか、80字以内で説明しなさい。

問5 下線部③について、各領域で発現する遺伝子の組み合わせを答えなさい。

問6 下線部④について、3つの遺伝子のうちの1つが機能しなくなった変異体について、各領域にどのような花器官が形成されると予想されるかを、各々の変異体について答えなさい。