

令和6年度入学試験問題(前期)

理 科(生 物)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**1** から **4** までの4問題が印刷されていて、合計17ページある。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に、学部名および受験番号を記入すること。
6. **1** から **4** のすべての問題に解答すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

1 次の文章を読み、問(1)～(6)に答えよ。

以下の(Ⅰ)～(Ⅲ)の性質をもつ、ある動物の細胞を、栄養源であるグルコースの濃度のみが異なる培地 X および培地 Y で、1 週間ごとに植え継いで培養している。この培養細胞について、それまでと同じ新しい培地 X および培地 Y にほぼ同数の細胞を植え継いだ後、経時的に細胞密度の変化を調べた(図 1)。また、植え継いで 48 時間後にそれぞれの培養細胞を採取し、 1.0×10^3 個の細胞において細胞 1 個あたりの DNA 量を調べた(図 2)。このとき、採取した細胞の一部を集めて核酸染色試薬で染色し、顕微鏡観察を行った。 図 3 は、培地 X で培養した細胞の顕微鏡像の一部をスケッチしたものである。

<実験に用いた培養細胞の性質>

- (Ⅰ) 植え継ぎ後 1 週間における 1 回の細胞周期の時間は、同じ培地ではほぼ同じである。
- (Ⅱ) それぞれの細胞は、他の細胞からの影響を受けることなく独立に分裂する。
- (Ⅲ) この培養細胞の細胞周期において、S 期が開始されるには、細胞が一定の大きさを超える必要がある。

問(1) 培地 X および培地 Y で培養した細胞の 1 回の細胞周期にかかる時間は何時間か、それぞれ整数で答えよ。

問(2) 図 2 の(ア)に含まれる細胞集団では、細胞周期において起こる、ある過程が進行している。どのような過程が進行しているか答えよ。

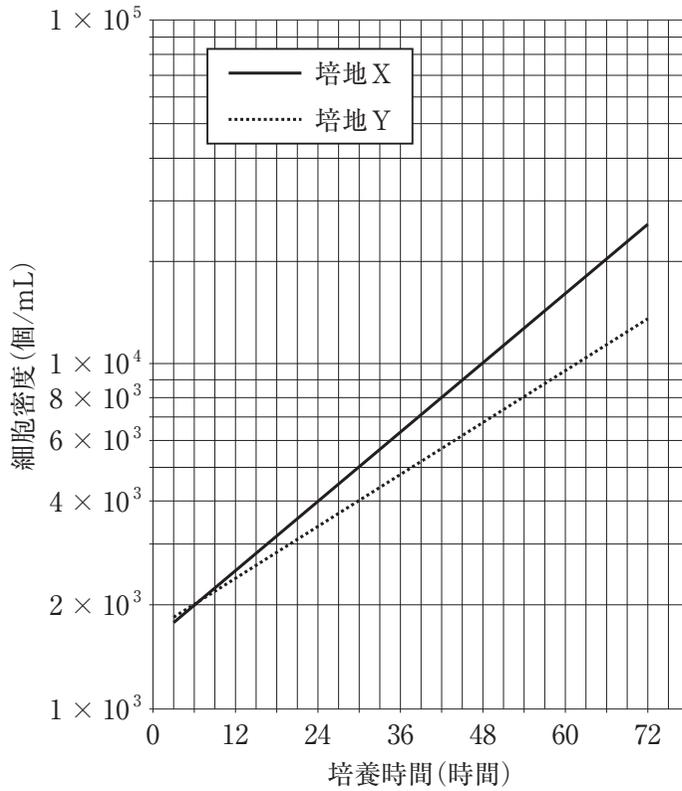


図 1. 植え継ぎ後の細胞密度の経時変化

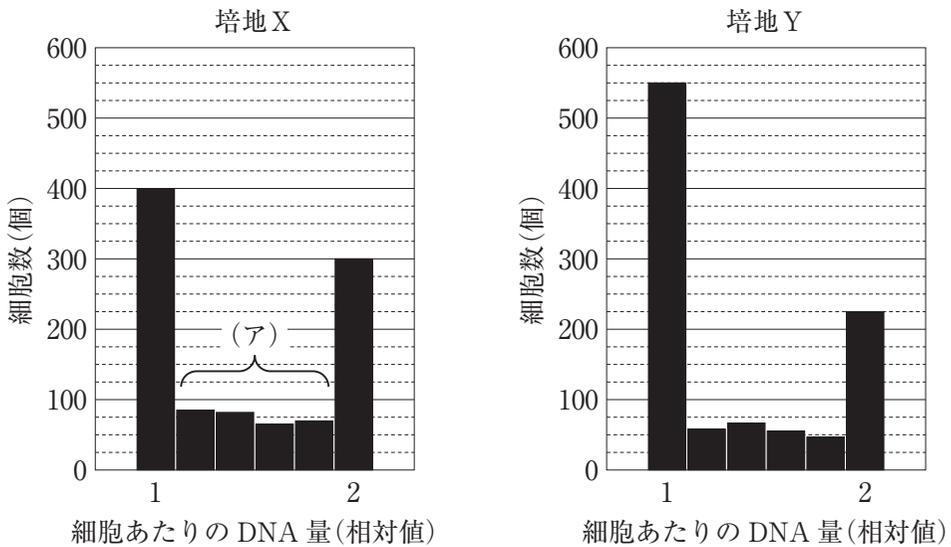


図 2. 1 細胞あたりの DNA 量と細胞数の関係

問(3) 植え継ぎ 48 時間後の細胞について、下線部の方法で、それぞれの培地における 1.0×10^3 個あたりの M 期の細胞数を調べたところ、培地 X で培養した細胞では 5.0%、培地 Y で培養した細胞では 3.8% の細胞が M 期にあることが分かった。このとき、培地 X および培地 Y における G_2 期にある細胞の割合(%)と、各培地で培養した細胞における G_2 期の長さ(時間)を、それぞれ四捨五入して小数第一位まで答えよ。

問(4) 図 1 で示したように、培地 X と培地 Y で培養した細胞の増殖速度は互いに異なる。このような増殖速度の差が生まれる理由を、図 1 および図 2 の実験結果から考え、問題文中に示した培養細胞の性質(Ⅲ)と関連づけて、160 字以内で説明せよ。なお、細胞周期の G_1 期と G_2 期の「 G_1 」および「 G_2 」は 1 文字とする。

問(5) 図 3 において、ア～オで示した細胞は M 期の細胞である。これらア～オの細胞を M 期の進行順に並べよ。

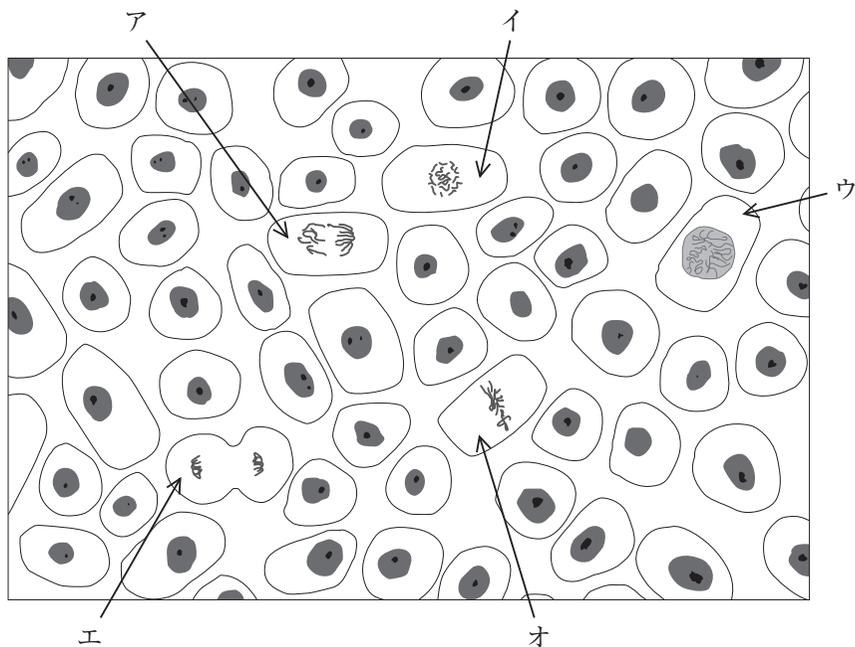
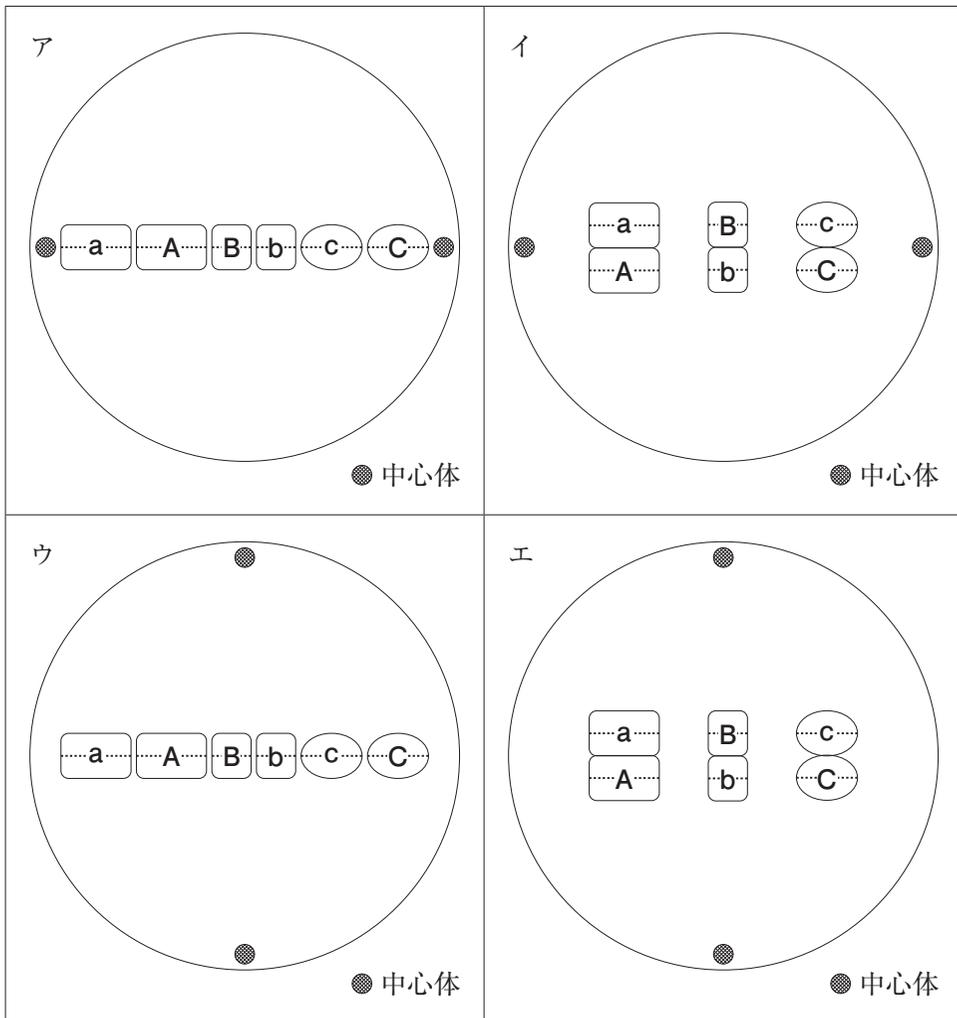


図 3. 培地 X で 48 時間培養した細胞の顕微鏡像

核酸染色試薬で染色後、顕微鏡で観察し、その一部をスケッチした。

問(6) M期中期では，染色体が細胞の赤道面に整列する。3対の染色体をもつ動物($2n = 6$)の細胞において，体細胞分裂中期の染色体と中心体の配置を示す模式図として最も適切なものを，下の選択肢ア～エから1つ選べ。ただし，同じアルファベットの大文字と小文字は，互いに相同染色体の関係にあることを示している。



2 次の文章を読み、問(1)～(7)に答えよ。

リン脂質は、生体膜の主要な構成物質である。リン脂質のリン酸を含む部分は(①)で、脂質の部分は(②)である。生体膜を構成するリン脂質二重層では、リン脂質は(③)の部分どうしを生体膜の内側に向け、(④)の部分を外側に向けるようにして、2層に並んでいる。リン脂質二重層を通過しやすい物質と通過しにくい物質があるが、通過しにくい物質は、生体膜に存在する輸送タンパク質を介して移動する。輸送タンパク質には、チャネル、輸送体、ポンプなどがある。チャネルは、生体膜を貫通する小さな孔を形成し、物質の受動輸送を行う。輸送体は、特定の物質が結合すると立体構造が変化して、膜の反対側へとその物質を運ぶ。ポンプは物質の能動輸送を行う。

小胞と細胞膜の分離や融合により、物質が輸送されることもある。細胞膜の一部が陥入して外液ごと物質を取り込むことを(⑤)といい、細胞内の小胞が細胞膜と融合して、細胞外に物質を放出することを(⑥)という。神経終末では、神経伝達物質がこのようにして細胞外に放出される。

問(1) 文章中の空欄(①)～(④)に当てはまる語句の組合せとして最も適切なものを、下の選択肢ア～エから1つ選べ。

	①	②	③	④
ア	疎水性	親水性	疎水性	親水性
イ	疎水性	親水性	親水性	疎水性
ウ	親水性	疎水性	親水性	疎水性
エ	親水性	疎水性	疎水性	親水性

問(2) 文章中の空欄(⑤)と(⑥)に当てはまる語句をそれぞれ答えよ。

問(3) 下線部Aについて、リン脂質二重層を通過しやすい物質として適切なものを、下の選択肢ア～カからすべて選べ。

ア：イオン， イ：酸素， ウ：糖，
エ：水， オ：二酸化炭素， カ：アミノ酸

問(4) 生体膜を構成するリン脂質や膜タンパク質の特徴として誤っているものを、下の選択肢ア～オから1つ選べ。

- ア. 膜タンパク質は、リン脂質二重層にモザイク状に埋め込まれている。
- イ. 膜タンパク質は、膜中を動くことができる。
- ウ. 2層に並んだリン脂質分子は、膜中を水平方向に移動したり回転したりできない。
- エ. 膜タンパク質には膜を貫通するものや、膜の内側や外側に結合するものがある。
- オ. リン脂質は有機物である。

問(5) 下線部Bについて，設問(a)と(b)に答えよ。

(a) 動物細胞の細胞膜において，カリウムチャネルが開くとカリウムイオンはどうか。最も適切なものを，下の選択肢ア～ウから1つ選べ。

ア．カリウムイオンは細胞外から細胞内に移動する。

イ．カリウムイオンは細胞内から細胞外に移動する。

ウ．カリウムイオンは移動しない。

(b) (a)の現象が起こる理由として最も適切なものを，下の選択肢ア～ウから1つ選べ。

ア．カリウムイオンの濃度が細胞外より細胞内で高いため。

イ．カリウムイオンの濃度が細胞内より細胞外で高いため。

ウ．カリウムイオンの濃度が細胞内と細胞外で差がないため。

問(6) 下線部Cに関連して、以下の(I)～(V)はナトリウムポンプのはたらきについて順に説明したものである。文章中の空欄(⑦)～(⑩)に当てはまる語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

- (I) 細胞内の3つの(⑦)がナトリウムポンプに結合する。
- (II) (⑧)を分解して得られた(⑨)により、ナトリウムポンプの立体構造が変化する。
- (III) (⑦)を細胞外へ排出する。
- (IV) 細胞外の2つの(⑩)がナトリウムポンプに結合する。
- (V) ナトリウムポンプの構造がもとに戻り、(⑩)を細胞内に取り込む。

問(7) 下線部Dについて、設問(a)と(b)に答えよ。

- (a) 神経終末において神経伝達物質が細胞外に放出される過程を、次の語句(順不同)をすべて用いて120字以内で説明せよ。

活動電位
カルシウムイオン
シナプス間隙
シナプス小胞
シナプス前細胞
電位依存性カルシウムチャネル

- (b) 興奮性シナプスと抑制性シナプスに関する次の文章中の空欄(⑪)～(⑭)に当てはまる語句の組合せとして最も適切なものを、下の選択肢ア～クから1つ選べ。

シナプスには、放出された神経伝達物質の種類によって、シナプス後細胞を興奮させる興奮性シナプスと、シナプス後細胞を抑制する抑制性シナプスがある。興奮性シナプスでは、神経伝達物質がシナプス後細胞に存在する受容体に結合すると、細胞内に(⑪)が流入し、膜電位が(⑫)して活動電位が生じやすくなる。一方、抑制性シナプスでは、細胞内に(⑬)が流入し、膜電位が(⑭)して活動電位が生じにくくなる。

	⑪	⑫	⑬	⑭
ア	塩化物イオン	上昇	ナトリウムイオン	上昇
イ	塩化物イオン	上昇	ナトリウムイオン	低下
ウ	塩化物イオン	低下	ナトリウムイオン	上昇
エ	塩化物イオン	低下	ナトリウムイオン	低下
オ	ナトリウムイオン	上昇	塩化物イオン	上昇
カ	ナトリウムイオン	上昇	塩化物イオン	低下
キ	ナトリウムイオン	低下	塩化物イオン	上昇
ク	ナトリウムイオン	低下	塩化物イオン	低下

3 植物の環境応答と器官形成に関して、問(1)~(3)に答えよ。

問(1) 植物の花芽形成の仕組みを調べるために、図1に示した条件1~5の明暗周期を与えて、植物Aと植物Bを栽培する実験を行った。なお、条件3~5では連続暗期の途中で光照射を行った。設問(a)と(b)に答えよ。

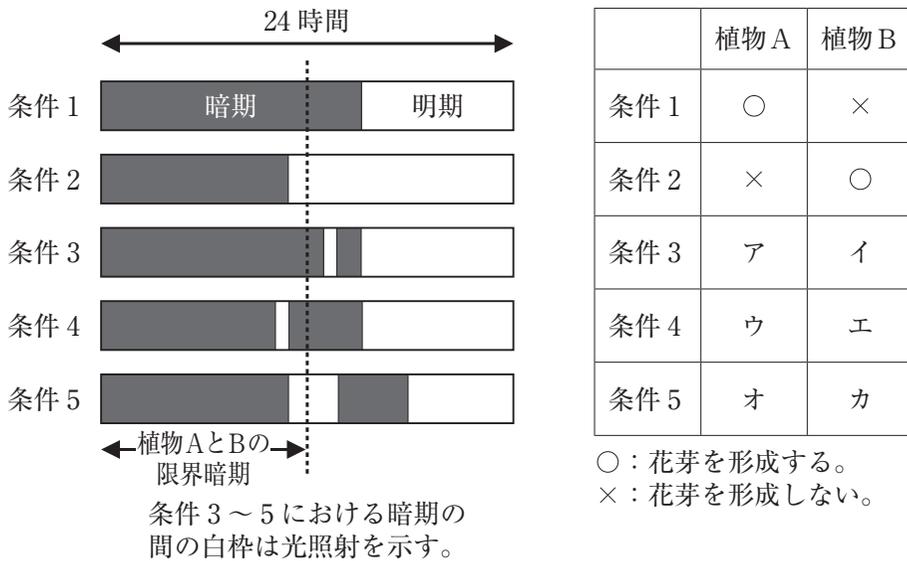


図1. 明暗周期の条件と植物の花芽形成

(a) 図1に示すように、植物Aと植物Bとでは、条件1~5において花芽形成の有無が異なっていた。条件1と条件2における花芽形成の有無を参考にして、植物Aと植物Bが長日植物と短日植物のどちらであるか、それぞれ答えよ。

(b) 条件3~5における花芽の形成について、図1のア~カにあてはまる結果として適切なものを、それぞれ○または×で答えよ。

問(2) 花芽の形成には、日長に加えて温度が関係しているものもある。長日植物の生存や繁殖のためには、10℃以下の低温を一定期間経験することによって花芽が形成される性質が重要である。その理由として適切なものを、下の選択肢ア～エから2つ選べ。

ア. 低温を経験する前に花芽が形成されると、その後に迎える冬の低温によってアブシシン酸の濃度が上昇し、種子の発芽が促進される。その結果として、発芽した植物は生育に不適な低温によって枯れる。このような低温期における種子の発芽を避けるため。

イ. 低温を経験する前に花芽が形成されると、その後に迎える冬の低温によって種子が十分に成熟しない。このような未熟な種子の形成を避けるため。

ウ. 花芽が形成される前に低温を経験すると、ジベレリンによって茎の伸長が抑制されて、植物は雪の重みに耐えられるようになる。このように、植物を雪の重みに耐えられるようにするため。

エ. 低温を経験する前に花芽が形成されると、その後に迎える冬の低温によって花芽が凍傷を受けて枯れる。このような花芽の損傷を避けるため。

問(3) 花器官の形成について、以下の文章を読み、設問(a)～(c)に答えよ。

花器官は、図2に示すように、花芽の領域1～4においてAクラス、Bクラス、およびCクラスの遺伝子が機能することによって形成される。Aクラスの遺伝子の機能が失われた変異体と、Bクラスの遺伝子の機能が失われた変異体とを交雑して、 F_1 (子)を作成した。次に、 F_1 を自家受粉させた F_2 (孫)の世代を作成した。 F_1 と無作為に選んだ F_2 について、花の形態の観察結果を表にまとめた。領域1～4に形成された花器官を観察すると、花の表現型は F_1 においてはすべて正常型であったが、 F_2 においては変異型が認められた。これらの変異型を変異型X、変異型Y、および変異型Zとした。

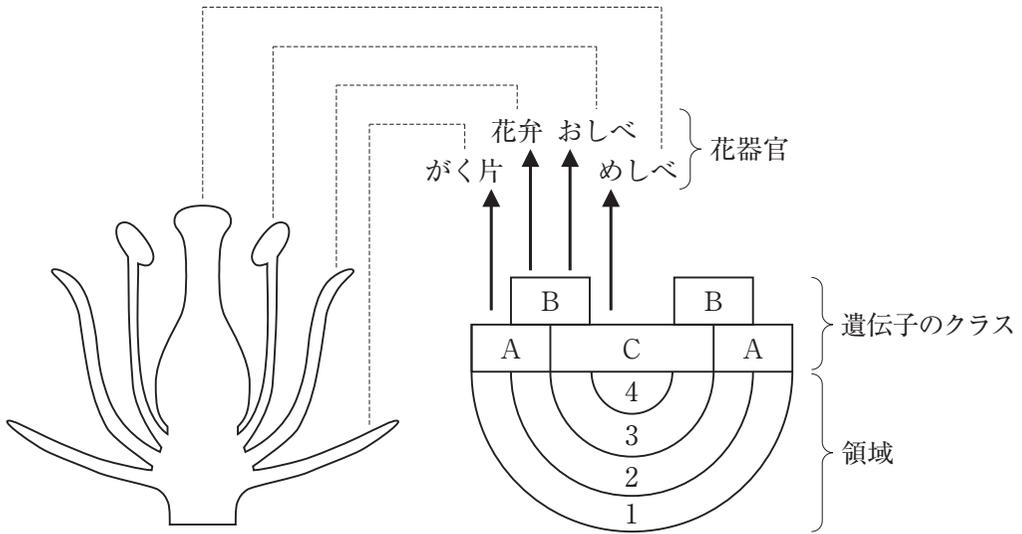


図2. 花の器官(正常型)と ABC モデル

(a) 下の表中のキ～ケに当てはまる出現頻度と，コ～シに当てはまる花器官を答えよ。なお，出現頻度は四捨五入して小数第二位まで答えよ。また，解答に際しては，次の(I)と(II)に留意すること。

(I) Aクラス，Bクラス，およびCクラスの遺伝子数はそれぞれ1つであり，各遺伝子は独立に遺伝する。

(II) F_1 の作成に用いた親の世代においては，すべての遺伝子座で遺伝子型はホモ接合型だった。

表. 花の表現型とその出現頻度，および4つの領域において形成された花器官

世代	花の表現型	出現頻度(%)	領域			
			1	2	3	4
F_1	正常型	100	がく片	花弁	おしべ	めしべ
F_2	正常型	キ	がく片	花弁	おしべ	めしべ
	変異型X	18.75	がく片	コ	めしべ	めしべ
	変異型Y	ク	めしべ	サ	シ	めしべ
	変異型Z	ケ	めしべ	めしべ	めしべ	めしべ

出現頻度(%)は，それぞれの花の表現型の出現個体数を割合で示したものである。

(b) ある植物において、花器官の形成に関わる特定の遺伝子の機能が失われた結果、その植物の花に、がく片と花弁のみが幾重にも続く変異が生じた。この遺伝子は、機能が失われる以前にはどのような機能をもっていたと考えられるか、適切なものを下の選択肢ア～エからすべて選べ。

ア. がく片と花弁の形成を促す。

イ. 花芽において、がく片と花弁の形成領域を限定する。

ウ. 花芽において、花器官の形成を完了させる。

エ. 領域3に形成される花器官を、めしべからおしべへ転換させる。

(c) 表の3種類の変異型植物は、ホメオティック突然変異によって生じている。ホメオティック突然変異は、ショウジョウバエにおいてよく研究されている。ショウジョウバエのホメオティック突然変異は、ホメオティック遺伝子の変異が原因となっている。次のホメオティック遺伝子の説明文における空欄(①)～(③)に当てはまる語句として最も適切なものを、下の選択肢ア～キからそれぞれ1つ選べ。

ショウジョウバエの発生では、分節遺伝子によって体節が形成されたのちに、それぞれの体節には、(①)に沿って決まった構造がつけられる。この構造の形成にかかわっている(②)がホメオティック遺伝子である。ショウジョウバエでは、(③)のホメオティック遺伝子が報告されている。

ア：母性効果遺伝子， イ：調節遺伝子， ウ：単一，
エ：複数， オ：中心軸， カ：前後軸，
キ：左右軸

4 次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。

近年、日本各地でニホンジカの個体数が増加し、森林や農作物の食害が大きな問題となっている。被害が深刻な地域では、ニホンジカが嫌う一部の植物を除き、背の低い植物や木々の樹皮や下枝、幼樹が食べ尽くされてしまう。

明治の中期から平成の初期にかけて、青森県にはニホンジカは生息していなかった。そのため、青森県内では豊かな森林と林床の植生が食害を受けることもなく良好な状態で保たれてきた。しかし、その青森県でも20年ほど前から、少数ながらニホンジカが目撃されるようになった。目撃される個体数は2014年度から明らかな増加傾向となり、2020年度には県内で336頭が目撃された^A*1。10頭を超える大きな群れが目撃されたこともあることから、ある程度個体数が増えたことにより、今後ニホンジカの個体群密度が急激に高くなる^Bのではないかと危惧されている。この状況を受けて、2020年に改訂された青森県レッドデータブックでは「生息数は増加傾向にある」とされ、ニホンジカの指定がEXランク(絶滅野生生物)からDランク(要調査野生生物)へと変更された*2。

日本国内では、在来種のニホンジカ以外にも、外来種であるアライグマ、ヌートリア、ハクビシン、キョンなどが各地で増加し、農業被害や生態系への悪影響が顕在化している。日本列島は、多くの固有種が生息している生物多様性に富んだ^C地域であるが、そこにすむ野生生物の多くが絶滅の危機にあり、増えすぎたニホンジカや外来種を適正に管理することは差し迫った課題の一つである。

*1 出典：「令和2年度におけるニホンジカの生息状況」環境省東北地方環境事務所
(<https://tohoku.env.go.jp/>【HP掲載】R2シカ調査結果詳細.pdf)

*2 出典：「青森県の希少な野生生物 —青森県レッドデータブック(2020年版)—」
青森県
(https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kankyo/shizen/reddatabook_2020.html)

問(1) 下線部Aで示したニホンジカの日撃個体数は、実際の生息個体数よりかなり少ないものと考えられる。野生動物の個体数を推定する方法について、設問(a)～(c)に答えよ。

- (a) 植物や固着性の動物などに有効な方法として、区画法がある。この方法では、調査対象地に生息すると推定される個体数(推定個体数)は、調査対象地内に一定面積の調査区画を複数設け、各調査区画内の個体数を調べることにより、次の式で求めることができる。式の空欄(①)と(②)に当てはまる適切な語句をそれぞれ答えよ。

$$\frac{\text{(各調査区画内の個体数の合計)}}{\boxed{\text{(①)}}} = \text{(1 調査区画あたりの平均個体数)}$$

$$\text{(1 調査区画あたりの平均個体数)} \times \frac{\text{(調査対象地全体の面積)}}{\boxed{\text{(②)}}} = \text{(推定個体数)}$$

- (b) 区画法と異なる個体数推定法に標識再捕法がある。この方法を用いて、ある離島に生息するニホンジカの個体数を推定した。まず、柵に追い込む方法で24頭のニホンジカを捕獲し、標識として背中にペンキで印をつけて放した。1ヶ月後に同様の方法で42頭のニホンジカを捕獲したところ、このうちの7頭にペンキの標識が確認できた。この島に生息する個体数は何頭と推定できるか、小数第一位を四捨五入し、整数で答えよ。

(c) 標識再捕法を用いて、調査対象地内に生息する、ある生物の個体数を的確に推定するためには、いくつかの条件が前提となる。その前提として適切なものを下の選択肢ア～カから3つ選べ。

ア. 個体が調査対象地の内や外へ自由に行き来できること。

イ. 個体が調査対象地内の一部に集中していること。

ウ. 調査中に新しく生まれる個体や死亡する個体がないこと。

エ. 標識は調査中に脱落せず、その個体の行動に影響を与えるものでないこと。

オ. 2度の捕獲の間に、標識個体と標識のついていない個体は十分に混ざり合っていること。

カ. 雌雄の比がほぼ1対1であること。

問(2) 本文に関連した下の選択肢ア～オのうち、正しく述べられているものを2つ選べ。

ア. 青森県の森林は、高標高地などの一部を除き、ブナやミズナラなどからなる照葉樹林である。

イ. 現在、絶滅が危惧される哺乳動物は少なくないが、実際に絶滅した種は、これまでのところ日本国内では知られていない。

ウ. ニホンジカの食害が深刻な地域では、森林にギャップが生じて林内に光が差し込むようになっていても、森林が再生されにくくなっている。

エ. 現在の日本にはニホンジカの成獣を捕食する有力な肉食動物が生息していないことが、ニホンジカの個体数増加に歯止めがかからない1つの原因と考えられる。

オ. ニホンジカの食害は林床植物には甚大な影響があるが、昆虫などの小動物はその場から逃げることができるため、ほとんど影響を受けていない。

問(3) 下線部Bについて、設問(a)~(c)に答えよ。

(a) 個体群密度の変化にともなって、個体群の性質や個体の生理的・形態的な性質が変化する現象を何というか答えよ。

(b) (a)の例として適切なものを、下の選択肢ア~オから3つ選べ。

ア. 人口密度の高い都市ほど新型コロナウイルスへの感染率が高くなる。

イ. 攪乱(攪乱, かく乱)を受けやすく、サンゴの被度が低くなる場所では、サンゴの種数も少なくなる。

ウ. 富栄養化により植物プランクトンが異常に増殖し、赤潮が発生する。

エ. バッタの幼虫を密集状態で飼うと、前翅(まえばね)が長く、後肢(うしろあし)の短い成虫が生じる。

オ. アシナガバチは、越冬の際に集団を形成することで耐寒性が増し、生存率が高まる。

(c) 個体数がある程度増えることで個体群の成長がさらに促進される現象が知られている。下線部Bのような現象が起こるとした場合、その要因としてどのようなことが考えられるか。重要と考えられる要因を1つ、25字以内で説明せよ。

問(4) 下線部Cについて、生物多様性には遺伝子、種、生態系の3つの階層がある。各階層における生物多様性を保全することの重要性を述べている文として最も適切なものを、下の選択肢ア~オからそれぞれ1つ選べ。ただし、同じ選択肢を複数回選ぶことはできないものとする。

ア. 多様性が高いほど、生態系の安定性が増す。

イ. 多様性が高いほど、多くのニッチが生じ、多様な種が生活できる。

ウ. 多様性が高いほど、新たな種が誕生しやすくなる。

エ. 多様性が高いほど、生存に有利な突然変異が起りやすくなる。

オ. 多様性が高いほど、環境変化に対応して生存できる個体がいる可能性が高くなる。