

生 物

〔問1〕 次の(1)～(16)の問いに、選択肢から適切なものを選び、記号で答えよ。

- (1) 光学顕微鏡による観察の操作を順に示した以下の文章について誤っているのはどれか、2つ選べ。
- A. 顕微鏡は日光の当たらない明るい場所に置く。
 - B. 対物レンズを取り付け、その後に接眼レンズを取り付ける。
 - C. 低倍率の対物レンズをセットして、反射鏡を調節する。
 - D. 横から見ながら、対物レンズとプレパラートを近づける。
 - E. 接眼レンズをのぞき、対物レンズをプレパラートに近づけながらピントを合わせる。
 - F. コントラストのついた鮮明な像が見えるようにしぼりを調節する。
- (2) 脊椎動物の窒素排出物について誤っている組み合わせを2つ選べ。
- A. 鳥類－尿酸排出型
 - B. 哺乳類－尿素排出型
 - C. 魚類－アンモニア排出型
 - D. 両生類の幼生－尿酸排出型
 - E. 両生類の成体－尿素排出型
 - F. は虫類－アンモニア排出型
- (3) ヒトの免疫機構について正しいのはどれか、1つ選べ。
- A. NK細胞は細胞性免疫にかかわる記憶細胞である。
 - B. 1つの抗原に対しては1種類の抗体のみが結合する。
 - C. 結核菌に対する免疫記憶をツベルクリン反応で調べることができる。
 - D. ふたたび同じ抗原が進入してきた場合には、造血幹細胞である記憶細胞が分裂して抗体産生細胞となる。
 - E. 各抗体に2カ所ある抗原結合部位（H鎖とL鎖からなる可変部位）は、それぞれ異なる構造をもつ抗原と結合する。

(4) 以下の表は日本のある地点の2021年の月平均気温(°C)を示している。この地点で成り立つバイオームを1つ選べ。

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均気温	-8.2	-5.1	1.2	6.1	12.4	18.9	24.4	21.7	16.5	9.7	4.5	-2.9

- A. 夏緑樹林 B. 照葉樹林 C. 針葉樹林
D. 熱帯多雨林 E. 亜熱帯多雨林

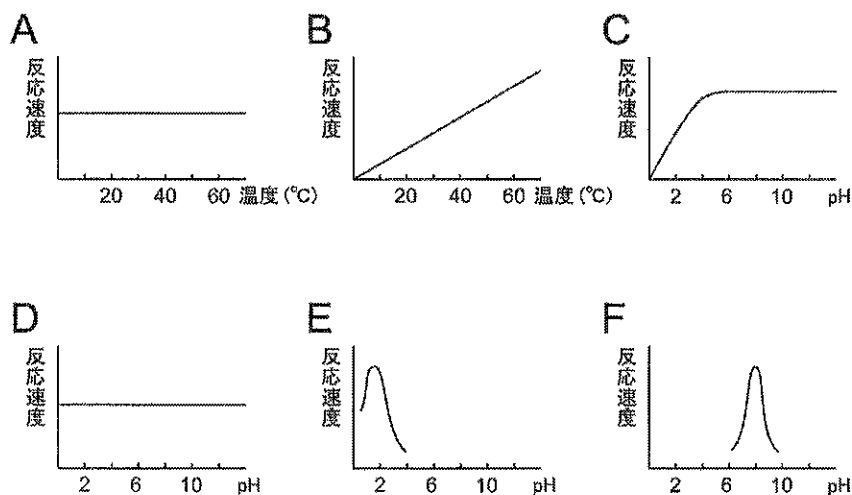
(5) タンパク質を構成する20種類のアミノ酸の構成元素をすべて含んでいるのはどれか、1つ選べ。

- A. 酸素, 水素, 炭素
B. 酸素, 水素, 炭素, リン
C. 酸素, 水素, 炭素, 窒素, リン
D. 酸素, 水素, 炭素, 窒素, 硫黄
E. 酸素, 水素, 炭素, 硫黄, リン

(6) 酵素反応の競争的阻害に関する説明として正しいのはどれか、1つ選べ。

- A. 基質と似た構造をもつ物質が、基質に結合する。
B. 基質と似た構造をもつ物質が、酵素の活性部位に結合する。
C. 生成物と似た構造をもつ物質が、酵素の活性部位に結合する。
D. 生成物と似た構造をもつ物質が、酵素-基質複合体に結合する。
E. 酵素-基質複合体と似た構造をもつ物質が、生成物と結合する。

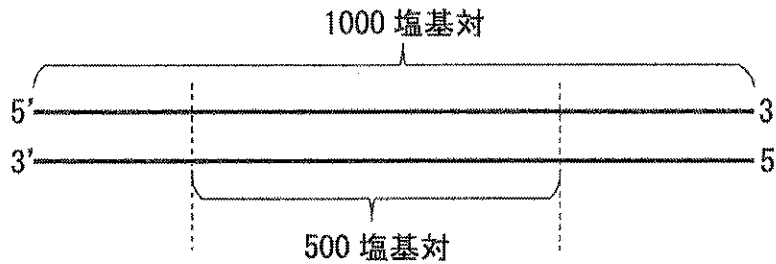
(7) 胃にはタンパク質分解酵素が存在する。この酵素が示す反応曲線として正しいのはどれか、1つ選べ。



(8) クエン酸回路において、還元型補酵素を産生する反応の基質でないのはどれか、1つ選べ。

- A. フマル酸 B. リンゴ酸 C. コハク酸
D. イソクエン酸 E. α -ケトグルタル酸

(9) 1000 塩基対の 2 本鎖 DNA 断片の中から、図のような 500 塩基対の領域を PCR により増幅したい。この領域の両端にプライマーを設計して PCR を行った場合、4 回目の複製 (4 サイクル目) が終わった時点で PCR プライマーで挟まれた領域のみからなる 2 本鎖 DNA 断片は、もとの 2 本鎖 DNA 断片の何倍の本数が生じるか。



- A. 4 倍 B. 7 倍 C. 8 倍 D. 14 倍 E. 16 倍

(10) 3 組の対立遺伝子 A(a), B(b), C(c) が染色体上に以下の図の順番で並んでおり、互いに組換えを起こすものとする (A, B, C が優性, a, b, c が劣性)。なお、この図の遺伝子間の距離は実際の遺伝子間の距離を反映している。



遺伝子 AC 間の組換え価は 30% であった。このとき、AaBb の個体を検定交雑すると、その結果、[AB] : [Ab] : [aB] : [ab] の比はどうか。ただし、[] は、中に書かれている遺伝子によって現れる形質を表すものとする。また、二重乗換えは起こらないものとする。

- A. 1 : 1 : 1 : 1 B. 4 : 1 : 1 : 4 C. 7 : 3 : 3 : 7
D. 9 : 1 : 1 : 9 E. 9 : 3 : 3 : 1

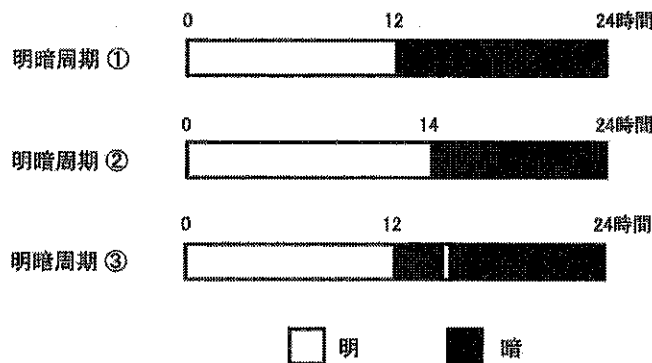
(11) 両生類の発生について、誤っているのはどれか、1つ選べ。

- A. 眼杯が水晶体を誘導する。
- B. 水晶体が角膜を誘導する。
- C. 胞胚期において、中胚葉が外胚葉を誘導する。
- D. 胞胚期において、予定内胚葉が中胚葉を誘導する。
- E. 原腸胚期において、背側の中胚葉が神経管を誘導する。

(12) 被子植物の種子について正しいのはどれか、1つ選べ。

- A. 種皮と胚乳の細胞の核相は $2n$ 、胚は $3n$ であり、種皮は親個体に由来する。
- B. 種皮と胚の細胞の核相は $2n$ 、胚乳は $3n$ であり、種皮は親個体に由来する。
- C. 胚乳と胚の細胞の核相は $2n$ 、種皮は $3n$ であり、種皮は親個体に由来する。
- D. 種皮と胚乳の細胞の核相は $2n$ 、胚は $3n$ であり、胚乳は親個体に由来する。
- E. 種皮と胚の細胞の核相は $2n$ 、胚乳は $3n$ であり、胚乳は親個体に由来する。
- F. 胚乳と胚の細胞の核相は $2n$ 、種皮は $3n$ であり、胚乳は親個体に由来する。

(13) ある植物を以下の図の明暗条件①と②で育てたところ、①では花芽が形成されず、②では形成された。また、③では5分間の光中断の処理を行った。「この植物の種・限界暗期の時間・③での開花の有無」の組み合わせで最適なのはどれか。



- A. コムギ・11 時間・開花する
- B. コムギ・11 時間・開花しない
- C. コムギ・13 時間・開花する
- D. コムギ・13 時間・開花しない
- E. アサガオ・11 時間・開花する
- F. アサガオ・11 時間・開花しない
- G. アサガオ・13 時間・開花する
- H. アサガオ・13 時間・開花しない

(14) 人類の進化について述べた文のうち、正しいのはどれか、1つ選べ。

- A. アウストラロピテクスはユーラシア大陸に分布していた。
- B. ネアンデルタール人の一塩基多型をもつ現代人が存在する。
- C. ホモ・サピエンスの脳容積は、他の人類より突出して大きい。
- D. ホモ・サピエンスが出現して以降、地球上の人類は1種である。
- E. ホモ・サピエンスはヨーロッパで誕生し、世界中に広がっていった。

(15) 原猿類はどれか、1つ選べ。

- A. キツネザル
- B. オマキザル
- C. オナガザル
- D. テナガザル
- E. オランウータン

(16) 大腸菌のある遺伝子の mRNA の塩基組成を調べると、この RNA を構成する全塩基に占めるアデニンの数の比率は 20%であることが分かった。また、この RNA のもとの転写領域の 2 本鎖 DNA の塩基組成を調べると、その 2 本鎖 DNA を構成する全塩基に占めるチミンの数の比率は 26%であることがわかった。このとき、この mRNA を構成するウラシルの数の比率は何%か。ただし、ここで調べた mRNA 上の塩基配列は、鋳型となった DNA 鎖に由来する部分のみからなり、それ以外の部分は考慮しないものとする。

- A. 13%
- B. 16%
- C. 20%
- D. 26%
- E. 32%

〔問2〕以下の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

植物は、一度芽生えると動物のように移動できないため、環境の変化から逃げ出すことができない。そのため、(a)生存や繁殖に適した場で芽生える能力を備えている。(b)植物の種子は、温度や光などを感知しており、これらの条件が整ったときに発芽が開始される。発芽後には、(c)光や重力を感知して茎や根を適切な方向に成長させる。光は、植物にとって自らの置かれた環境を感知するために重要な情報であるとともに、成長のための有機物産生や(d)花芽形成の調節にも関わる。花芽は蕾(つぼみ)となり、やがて開花して受粉が行われる。受粉後は、(e)種子を含む果実ができて次の世代へのバトンタッチが行われる。

(1) 下線部(a)について、以下の文章中の (ア) ～ (オ) に該当する語句を下
の選択肢 A～H から選び、記号で記せ。

種子植物の種子は胚が休眠状態にある。植物は、生存に適さない場所では発芽が抑制されている。発芽の抑制には、植物ホルモンである (ア) が関与している。この植物ホルモンは、落葉や落果にも関与している。種子の発芽には、水および酸素と適切な温度が必要である。発芽能力を有する種に水が吸収されると、種子中の (ア) の含有量が急激に減少する。その一方で、胚では (イ) が合成されて (ウ) に作用する。(イ) は、(エ) の発現を誘導する。(エ) は、(ウ) から胚乳へと分泌されて、貯蔵されていた (オ) を分解する。(オ) は最終的にはグルコースにまで分解され、胚へと供給されて、発芽や成長のために呼吸基質などとして用いられる。

- A. 胚珠
- B. 糊粉層
- C. リパーゼ
- D. デンプン
- E. オーキシン
- F. アミラーゼ
- G. ジベレリン
- H. アブシシン酸

(2) 下線部(b)について、光発芽種子と暗発芽種子との違いについて、次の語をすべて用いて 120 文字以内で説明せよ。同じ語を繰り返し使用しても良い。

【語】赤色光、遠赤色光、レタス、イネ

- (3) 下線部(c)について、茎の成長に関わる植物ホルモンの説明として正しいのをすべて選び、記号を記せ。
- A. 天然のオーキシンはインドール酢酸である。
 - B. エチレンが作用すると茎は横方向に成長しやすくなる。
 - C. 植物に振動を与え続けるとジベレリンの合成が増大する。
 - D. ジベレリンが作用すると茎は横方向に成長しやすくなる。
 - E. ブラシノステロイドが作用すると茎は縦方向に成長しやすくなる。
- (4) 下線部(d)に関連して、中性植物とはどのような植物か、簡潔に説明せよ。
- (5) 下線部(e)について、果実の形成には植物ホルモンが関与する。この植物ホルモンの名称を記せ。また、この植物ホルモンは種なしブドウの生産に利用されている。この植物ホルモンを使用することによって種なしブドウが得られる理由を簡潔に述べよ。
- (6) 植物は、昆虫による食害を受けると、その部位で食害に対する応答を開始する。この応答に関与する植物ホルモンの名称を1つ記せ。

〔問3〕以下の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

生物の生存には、生息場所や食物などが必要である。生物間にみられるさまざまな働き合いは、(ア)と呼ばれる。特に、同種の個体間では同一の資源を利用することが多いため、競争が起こりやすく、これを(イ)という。競争に有利な個体はより多くの子を次世代に残し、結果としてそのような個体の形質が(a)自然選択によって集団に広がっていく。個体が自分の子供をどれだけ残せたかを表す尺度に「適応度」というものがある。適応度は、ある個体が一生の間につくる子のうち、繁殖可能な年齢になるまで成長した数であらわされる。一方で、鳥類や哺乳類では、自分の兄弟姉妹に食物を与えることがある。両親の繁殖を助けるこのような個体は(ウ)と呼ばれる。みずから繁殖をしない(ウ)では、その適応度はゼロになる。しかし、みずから繁殖しなくても、弟や妹を増やせば、自己と同じ特定の遺伝子をもつ個体を増やすことになる。このように、適応度の考え方を、自分自身の子だけでなく、血縁関係にある他個体から生じる子も含めて考えた場合を(エ)という。

個体間で共通の祖先に由来する特定の遺伝子をもつ確率は、血縁度と呼ばれる。(b)有性生殖をおこなう二倍体の生物では、自分と父親または母親、自分の子との間の血縁度は1/2である。

セイヨウミツバチは、血縁関係にある多数の個体が集団で営巣している。このコロニーは、ふつう(c)生殖を行う女王バチと、少数の雄バチ、多数の働きバチから構成される。働きバチは生殖能力をもたない雌で、女王バチや妹にあたる卵・幼虫の世話などをする。このように、集団生活における明確な分業がみられる昆虫は(オ)昆虫と呼ばれる。また、働きバチは、巣に侵入する外敵を攻撃する。これにより自身が死ぬこともあるが、結果として女王を守っていることになる。このような、自己の不利益にもかかわらず他個体への利益をもたらす行動を(カ)という。セイヨウミツバチのこのような行動の進化は、(d)血縁度が強く関係する。

- (1) 文章中の空欄(ア)～(カ)に入る語を記せ。
- (2) 下線部(a)について、集団内において競争に有利な形質、すなわちその原因となる対立遺伝子が広がるのは、自然選択によるだけでなく、別のしくみもありうる。このしくみの名称を記し、どのようなしくみか60文字以内で説明せよ。
- (3) 下線部(b)の場合、自分と、共通の両親をもつ兄弟姉妹との血縁度は以下のような計算により算出することができる。空欄(キ)～(ケ)に入る数値を記せ。
 $1/2 \times (\text{キ}) + 1/2 \times (\text{ク}) = (\text{ケ})$

(4) 下線部(c)について、(オ)をもつ動物のなかでも不妊の階級をもつのは主に昆虫であるが、哺乳類にも交尾を行わない階級をもつ動物がいる。その種名を1つ挙げよ。

(5) 下線部(d)について、セイヨウミツバチの雄は未受精卵から発生するため、半数体である。共通の両親をもつセイヨウミツバチの姉妹間の血縁度は、以下のような計算により算出できる。空欄(コ)～(シ)に入る数値を記せ。

$$1/2 \times (\text{コ}) + 1/2 \times (\text{サ}) = (\text{シ})$$

(6) 二重下線部について、ある二倍体の鳥類は、自分では繁殖せず弟や妹たちの世話をする。この場合、世話をする個体がいる巣では巣立つ子の数が増えることが知られている。

1回の繁殖で両親のみで育てることができる子の数(兄弟からみた弟妹の数)をA、両親が兄弟個体と共同で育てることができる子の数(兄弟からみた弟妹の数)をB、兄弟個体が他個体と繁殖して育てることができる子の数をCとすると、このような行動が、結果的に自分の(エ)を増大させることにつながる条件を、A～Cを使用した数式で記せ。ただし、すべて両親は共通であるものとする。

〔問4〕以下の文章を読み、(1)～(8)の問いに答えよ。

小惑星探査機「はやぶさ2」が採取した小惑星リュウグウの試料は、回収カプセルにより2020年12月に地球に帰還した。この試料の分析により、(a)バリン、ロイシン、イソロイシン、(b)アスパラギン酸、グルタミン酸など多くのアミノ酸が検出された。また、別の研究グループの分析では、(c)水の成分が含まれていたという報告もある。これらの成分と地球で誕生した生命体の起源との関係が注目されている。

これまで地球上の有機物は化学進化によって誕生したと考えられてきた。1953年に(ア)は当時、原始地球の大気成分と考えられていた混合ガスに高圧電流を放電し、アミノ酸などの有機物の合成に成功した。この実験結果により、生物が存在しない環境でもタンパク質や核酸が生成される可能性が示された。その後、原始地球の大気は(ア)の実験で使われた混合ガスとは異なり、(イ)や(ウ)、水蒸気が主成分であると考えられるようになった。一方で、現在の海底にみられる熱水噴出孔では、(エ)、水素、アンモニア、(オ)が含まれた熱水が噴出しており、このような環境では(ア)の実験と同じように有機物が合成される可能性があると思われる。

化学進化から生命が誕生するには、代謝が行われること、(d)外界と自己を分ける膜ができること、(e)自己増殖をすることが必要となる。それぞれがどの様に確立したかは十分には解明されていない。

- (1) 文中の空欄(ア)～(オ)に当てはまる適当な語を答えよ。
- (2) 下線部(a)のアミノ酸はヒトの必須アミノ酸である。必須アミノ酸とはどのようなアミノ酸か、40文字以内で説明せよ。
- (3) 下線部(b)について正しく述べた文章を1つ選び、記号で記せ。
 - A. これら2つのアミノ酸は硫黄を含んでいる。
 - B. これら2つのアミノ酸は疎水性アミノ酸である。
 - C. これら2つのアミノ酸の側鎖は酸性の性質をもつ。
 - D. これら2つのアミノ酸の側鎖はアミノ基を含んでいる。
 - E. これら2つのアミノ酸同士の間でジスルフィド結合が生じる。

(4) アミノ酸はタンパク質の構成成分である。以下のうち、タンパク質の構造について誤っているのを1つ選び、記号で記せ。

- A. タンパク質の立体構造が変わると機能や性質も変化する。
- B. タンパク質全体の立体構造は α ヘリックスと β シート構造である。
- C. 構成するアミノ酸がどのような順番に並んでいるかを一次構造という。
- D. 複数のポリペプチドからタンパク質が構成される場合、四次構造が存在する。
- E. アミノ酸同士はアミノ基とカルボキシ基間のペプチド結合により連結している。

(5) 下線部(c)について、水の性質を説明した以下の文中の（カ）～（ク）にあてはまる語を答えよ。

水は細胞の質量の約70%を占め、水分子1個は酸素原子（O）1個と水素原子（H）2個で構成される。酸素はわずかに負電荷を、水素はわずかに正電荷を帯びるため、分子として（カ）を持つ。このため、水同士は（キ）により結合する。この結合により、水は（ク）が高く、温度が変化しにくく、細胞や生体の恒常性の維持に重要である。

(6) （カ）を持つ水には、(5)に示した温度を一定に保つことに加えて、生物にとって重要な性質がもう1つある。それは何か、45文字以内で答えよ。

(7) 下線部(d)について、アラビアゴムとゼラチンを混合するとコアセルベートと呼ばれる液滴ができる。オパーリンは、コアセルベートは細胞の起源に関係すると想定したが、それはなぜか、40文字以内で答えよ。

(8) 下線部(e)について、現在はDNAワールドであるが、DNAワールドが確立する以前に、RNAワールドがあったと考えられている。RNAワールドとはどのようなシステムで、なぜDNAワールドへ変化したと考えられているか、解答欄に収まるように説明せよ。

〔問5〕以下の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

特定の遺伝子を破壊したノックアウトマウスは、個体における遺伝子の機能を解析するために幅広く使用されてきた。ノックアウトマウスを作製するために従来から行われてきた方法は以下の通りである。まず、目的の遺伝子のエキソンを薬剤耐性遺伝子で置き換えた DNA 配列を持つベクターを作製し、それを ES 細胞（日本語名

(ア)細胞)に導入する。次に、野生型の遺伝子がベクターの配列と置き換わって遺伝子が破壊された細胞を薬剤で選択して増殖させる。その細胞を、マウスから取り出した(イ)(胎胚に相当する)に入れた後にマウスの子宮に着床させる。生まれてきたマウスは ES 細胞由来の細胞と(イ)由来の細胞が混ざった状態のキメラマウスである。(a)このキメラマウスと野生型マウスを交配すると、破壊された遺伝子のヘテロ接合体マウスが得られる。この(b)ヘテロマウス同士をかけ合わせることで破壊遺伝子がホモ接合体のノックアウトマウスを得ることができる。

このような従来のノックアウトマウスの他に、Cre 組換え酵素（以下 Cre）を利用して特定の組織や特定の時期に遺伝子破壊を行うこともできる。Cre は、34 塩基からなる loxP と呼ばれる DNA 配列を特異的に認識して結合し、図1のように同じ DNA 鎖上の2つの loxP 配列の間の配列を切り出すことができ、これにより特定の遺伝子を破壊することができる。

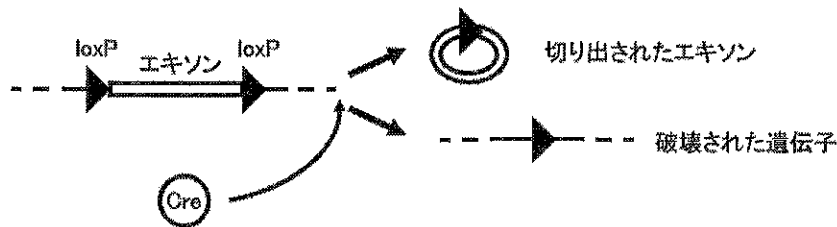


図1

特定の組織のみで遺伝子が破壊されたノックアウトマウスを作製するためには、2種類のトランスジェニックマウスを作製して交配する。一つは、破壊したい遺伝子のエキソンの両側を loxP 配列ではさんだマウス、もう一つは、特定の組織で遺伝子発現を誘導する転写調節領域により Cre を発現するマウスである。これらのマウスを交配して得られる子マウスのうち両方の改変遺伝子をもつマウスでは、特定の組織のみで遺伝子が破壊される。たとえば、神経細胞でのみ遺伝子 X が破壊されたノックアウトマウスを作製する場合、まず(c)遺伝子 X を改変したマウス Aと、Cre を発現するマウス B をそれぞれ作製した後に、これらを交配する。

Cre を使って特定の時期に遺伝子を破壊するために、エストロゲン受容体 (ER) と Cre との融合タンパク質 (CreER) が作製されている。女性ホルモンであるエストロゲンは脂溶性ホルモンであり、その受容体は(d)水溶性ホルモンの受容体とは異なり、ホルモンが結合していない時は細胞質にあって、ホルモンが結合すると核に移行する。従って、エストロゲンを投与することで CreER を核に移行させて loxP 配列に作用させることができる。実際には、体内のエストロゲンとは結合せずに、エストロゲンに類似した薬物であるタモキシフェンのみと結合できる ER の変異体と Cre との融

合タンパク質 (CreERT2) が利用されている。(e)CreERT2 を発現するトランスジェニックマウス (マウス C) にタモキシフェンを投与すると、そのタイミングで遺伝子が破壊されるマウスを作製することができる。

- (1) 上記文章の空欄 (ア), (イ) に当てはまる語を記入せよ。
- (2) 下線部(a)でキメラマウスと野生型マウスを交配して得られた子から、破壊した遺伝子を持つマウスが 1 匹も産まれない場合がある。どのような場合にそうなると考えられるか。簡潔に述べよ。
- (3) 下線部(b)で破壊遺伝子がホモ接合体のノックアウトマウスを得るためにたくさんのヘテロマウスどうしを交配したところ、80 匹の子マウスが産まれた。メンデルによる遺伝の法則が成り立つ場合、この中から何匹のホモ接合体のノックアウトマウスが得られると期待されるか。
- (4) (3)で産まれたマウスの遺伝子を調べたところ、野生型のホモ接合体マウスが 27 匹、ヘテロ接合体マウスが 53 匹で、ホモ接合体のノックアウトマウスは 1 匹も産まれなかった。破壊される前のこの遺伝子にはどのような性質があると考えられるか。簡潔に述べよ。
- (5) 下線部(d)の一種であるアドレナリン受容体の細胞内での局在について正しいのはどれか、1つ選び、記号で記せ。
 - A. 細胞膜の外側に接着しており、アドレナリンと結合すると細胞質へ移行する。
 - B. 細胞膜の外側に接着しており、アドレナリンと結合すると立体構造が変化する。
 - C. 細胞膜の内側に接着しており、アドレナリンと結合すると細胞質へ移行する。
 - D. 細胞膜の内側に接着しており、アドレナリンと結合すると立体構造が変化する。
 - E. 細胞膜を貫通しており、アドレナリンと結合すると細胞質へ移行する。
 - F. 細胞膜を貫通しており、アドレナリンと結合すると立体構造が変化する。
- (6) 出生後 42 日目以降に神経細胞特異的に遺伝子 X が破壊されるノックアウトマウスを作製することにした。そのためには、下線部(c)のマウス A と下線部(e)のマウス C を使う必要がある。この 2 種類のマウスを用いてどのようなことをすればよいか。75 文字以内で説明せよ。ただし、タモキシフェン投与後に CreERT2 が活性化して十分作用するのに 1 日かかるものとする。

問題訂正

理科（生物）問題用紙

- ・「生3」ページ〔問1〕設問（10）リード文 下から3行目

訂正内容

（誤） [AB] : [Ab] : [aB] : [Ab]

（正） [AB] : [Ab] : [aB] : [ab]