

令和3年度一般選抜試験(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で43ページあり、問題数は、物理4問、化学4問、生物4問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が3枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 解答用紙の所定欄に次のとおり受験番号を記入しなさい。氏名を記入してはならない。

- ・ 一般選抜試験のみを志願する受験者は一般の欄に受験番号を記入する。
- ・ 併用試験のみを志願する受験者は併用の欄に受験番号を記入する。
- ・ 一般選抜試験と併用試験の両方を志願する受験者は一般と併用の両方の欄にそれぞれの受験番号を記入する。

なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。

また、※印の欄には何も記入してはならない。

- 4) 理科は物理・化学・生物のうち2科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙3枚のうち1枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

生 物 (前期)

(解答上の注意)すべての選択問題について、複数回答で順番を問題にしていない場合は、選択した記号をそれぞれの順(アルファベット順、五十音順等)に並べて解答しなさい。該当するものがない場合にのみ、「該当なし」の記号を選びなさい。

I 以下の各設問に答えなさい。

(1) リンパ球ではないものをすべて選びなさい。

- | | | |
|--------|--------|-----------|
| A 好中球 | B 樹状細胞 | C T細胞 |
| D NK細胞 | E B細胞 | F マクロファージ |
| G 該当なし | | |

(2) 被子植物の胚のう細胞が胚のうを形成するまでの間に、核分裂は連続して何回起こるか答えなさい。

(3) ヘモグロビンについてあてはまらない記述をすべて選びなさい。

- A 酵素である。
- B ヘモグロビンのヘムに酸素が結合する。
- C 4種類の遺伝子から作られたポリペプチドが四次構造をつくっている。
- D ヘモグロビンによって運ばれた酸素は組織で直接水分子に変換される。
- E 二酸化炭素分圧が高いと酸素と結合しやすくなる。
- F 酸素ヘモグロビンは鮮紅色をしている。
- G 該当なし。

(4) 真核生物の転写が効率的に起こるために必要な条件を3つ選びなさい。

- A クロマチンが固く折りたたまれている。
- B クロマチンがほどけている。
- C RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合する。
- D RNA ポリメラーゼがプロモーター以外の転写調節領域に結合する。
- E 基本転写因子がプロモーター以外の転写調節領域に結合している。
- F 基本転写因子がRNA ポリメラーゼと複合体を形成する。

(5) 誤っている記述をすべて選びなさい。

- A アクアポリンによる水分子の輸送にはATPを必要とする。
- B キネシンは微小管上を+端側へ移動する。
- C 接着結合には、中間径フィラメントが結合している。
- D 解糖系と電子伝達系では、異なる種類の酵素がATPを合成する。
- E カエルの初期原腸胚ではオーガナイザー由来のBMP阻害物質は主に腹側で作用している。
- F GFPタンパク質は、最初にミドリムシから発見された。
- G 該当なし。

(6) 冠輪動物をすべて選びなさい。

- | | | |
|-------|---------|----------|
| A トンボ | B ゴカイ | C クラゲ |
| D ハエ | E スルメイカ | F コウガイビル |
| G ワムシ | H カイチユウ | I 該当なし |

(7) 誤っている記述をすべて選びなさい。

- A アゾトバクターやクロストリジウムは窒素固定をする根粒菌の一種である。
- B 亜硝酸菌は、 NH_4^+ を NO_2^- に変換する。
- C 窒素固定細菌は、 N_2 を NH_4^+ に変換する。
- D 紅色硫黄細菌は、光エネルギーを用いて H_2S を合成する。
- E 脱窒素細菌は、 NH_4^+ を N_2 に変換する。
- F 植物は、 NH_4^+ とグルタミン酸からグルタミンを合成する。
- G 該当なし。

(8) カエルの受精から神経胚までの胚発生の過程を観察する実験について、誤っている記述をすべて選びなさい。

- A 受精卵をホルマリンなどのアルデヒドで処理した後に発生させ、各発生期の胚を採取する。
- B アフリカツメガエルは実験動物として適している。
- C 実体顕微鏡で胚の外部形態を観察するときには、胚を薄い切片にする必要がある。
- D 生殖腺刺激ホルモン(ゴナドトロピン)を事前に注射することにより、交配や採卵のタイミングを調節することができる。
- E 受精卵を生理食塩水中で発生させる必要がある。
- F 該当なし。

Ⅲ

以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

酵母は乳酸発酵に必要な遺伝子を欠くが、遺伝子組換え技術によってある2種類の遺伝子を細胞内に導入して発現させたところ、好気的な環境での培養を維持しながら、効率的に乳酸が得られるようになった。すなわち、定期的に培地を交換することで、酵母を集めて破碎することなく、生成された乳酸の大半を培養液から回収できるようになった。またその際、酵母は良好に増殖し、細胞死など異常は認められなかった。この遺伝子組換え酵母がどのような代謝経路を使ってグルコースを分解しているか調べるため、以下の1)～4)の手順で実験を行った。

- 1) 図1に示した容器を2つ用意し、一方の容器Aの副室には水、もう一方の容器Bの副室には水酸化カリウム溶液を入れた。なお、この実験で用いる水酸化カリウム溶液は発生した二酸化炭素を完全に吸収するのに十分な量である。また、ここではもともと空気に含まれていた二酸化炭素の量は無視できるものとする。
- 2) 炭素栄養源としてグルコースだけを含む培地に遺伝子組換え酵母を懸濁した。
- 3) この酵母懸濁液1 Lをよく混ぜてから、容器Aと容器Bの各主室に半量ずつ入れた。
- 4) 培養時の温度を25℃に制御した装置を利用して、密閉した両容器の酵母を同一の条件で同じ時間だけ培養した。

その結果、着色液の位置の移動から算出した容器内の気体の体積の変化は、容器Aでは28 mLの増加、容器Bでは50.4 mLの減少であった。また、培地のグルコースは両容器とも容器あたり254 mg消費された。

ただし、原子量はC=12、H=1、O=16、気体1 molの体積は25℃で22.4 Lとする。

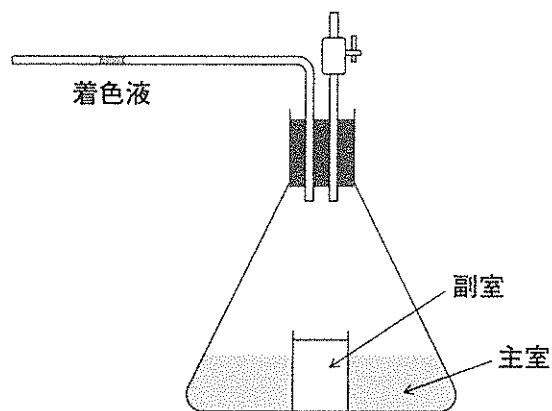


図1 実験に用いた容器

問 1 ビール酵母やヒドラでみられる無性生殖の様式を答えなさい。

問 2 下線部の2種類の遺伝子のうち、1つはピルビン酸を乳酸に代謝する酵素の遺伝子である。もう一方の遺伝子によってつくられるタンパク質の機能として最も適当なものを1つ選び、番号を答えなさい。

- 1 抗生物質を分解し、栄養に変える。
- 2 乳酸をグルコースに変換する。
- 3 乳酸を細胞内から細胞外へ輸送する。
- 4 電子を伝達することにより H^+ の濃度勾配を形成する。
- 5 NADH を合成する。

問 3 理想的な代謝が行われた場合、呼吸、アルコール発酵、乳酸発酵では、グルコース1分子あたり、それぞれ何分子の二酸化炭素が発生するか、呼吸、アルコール発酵、乳酸発酵の順番に数字を3つ続けて書きなさい。

(解答例：1，10，3)

問 4 この実験の培養条件下では、呼吸、アルコール発酵、乳酸発酵が酵母内で同時に起こっていると考えられるが、この培養で発生した二酸化炭素は容器あたり何 mg か答えなさい。

問 5 呼吸によって消費したグルコースは容器あたり何 mg か答えなさい。

問 6 培養後の培地の乳酸濃度は最大何 mmol/L か。小数第 3 位を四捨五入して答えなさい。

Ⅲ

以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

バラ科のイチゴは古くは石器時代から食べられており、野生種はヨーロッパ、アジア、南北アメリカの温帯から亜寒帯に広く分布している。現在の栽培イチゴは、18世紀中頃にオランダにおいて北米原産の野生種とチリ原産の野生種を交配することによって作出された種間雑種に由来し、それらのほとんどは八倍体である。ひと昔前のイチゴは、酸味の強いものが多い傾向にあったが、近年は品種改良により、糖度が高く酸味が少ないものなど、様々な品種が市場に出回っている。通常、イチゴは 1 ランナー(走出枝)とよばれるツルの先に子苗を増やし栄養生殖する。そのため一度優れた新品種が作出されれば、直ちに子苗を増やすことができる。一方で、もし親株が 2 病害虫や病原体に感染しているとそれが子苗にも伝染してしまうというデメリットもある。近年、 3 PCR法と制限酵素処理を併用することによって品種の特定や識別が容易になり、品種の改良や保護に利用されている。

問 1 下線部 1 に関して、次の生物種の中から栄養生殖が可能なものをすべて選び記号で答えなさい。

- | | | |
|-----------|-------------|--------------|
| (あ) アメーバ | (い) ウニ | (う) シアノバクテリア |
| (え) ジャガイモ | (お) ゴウリムシ | (か) チューリップ |
| (き) ヒト | (く) イソギンチャク | (け) メダカ |

問 2 イチゴは栄養生殖だけでなく種子による繁殖も可能であり、生活環の中で世代交代を行っている。(1)有性生殖において配偶子の合体によりできる細胞を何というか。(2)また、イチゴ(A)およびイヌワラビ(B)において配偶体を何というか。それぞれについてあてはまるものを、下の語句(あ)～(つ)からすべて選び記号で答えなさい。

- | | | | |
|-----------|----------|---------|----------|
| (あ) おしべ | (い) 前葉体 | (う) 花 粉 | (え) 造精器 |
| (お) 造卵器 | (か) 配偶子 | (き) 遊走子 | (く) 極 核 |
| (け) 種 子 | (こ) 胚 珠 | (さ) 接合子 | (し) 花粉管核 |
| (す) 花粉四細胞 | (せ) 胚のう | (そ) 精細胞 | (た) 卵細胞 |
| (ち) 胞 子 | (つ) 胞子のう | | |

問 3 下線部 2 に関して、以下の問に答えなさい。

- 1 植物は表皮の表面に硬い層を作り、内部の水分の蒸発や病原体の侵入を防いでいる。この層を何というか答えなさい。

2 植物は様々な外的要因によるストレスに応答する仕組みを持っている。
a～dのストレスに対する植物の応答として最も適当なものを(あ)～(お)からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

- a 乾燥に対するストレス応答
- b 昆虫による食害に対するストレス応答
- c 病原体に対するストレス応答
- d 低温に対するストレス応答

- (あ) 周囲の細胞で細胞死が起こる。
- (い) タンパク質分解酵素の阻害物質の合成を促進する。
- (う) 気孔が閉じる。
- (え) 糖質やアミノ酸などを細胞内へ蓄積したり、生体膜の流動性を高める物質を合成したりする。
- (お) 熱ショックタンパク質(シャペロン)を合成する。

3 2のaおよびbのストレス応答と最も関連がある植物ホルモンを(あ)～(く)からそれぞれ選び、解答欄に2つ続けて書きなさい。

(解答例：3 a b あ, い)

- | | | |
|-------------|---------------|------------|
| (あ) アブシシン酸 | (い) エチレン | (う) オーキシシン |
| (え) サイトカイニン | (お) ジベレリン | (か) ジャスモン酸 |
| (き) フロリゲン | (く) ブラシノステロイド | |

問 4 下線部 3 に関して、以下の問に答えなさい。

上述のように栽培イチゴのほとんどは八倍体であり、染色体の数が多いため、二倍体の生物に比べてゲノムの解析をすることはより困難である。現在ではイチゴの品種の特定には以下のような PCR 法と制限酵素切断を組み合わせた方法が確立している。

第 1 段階として、まず抽出したイチゴの DNA を鋳型にして、特定のプライマーのセットを用いて PCR 法を行う。それにより 8 本の相同染色体の中から品種によって配列が異なる部分を含む DNA 断片の増幅が可能になる。第 2 段階として、増幅された DNA 断片を特定の制限酵素で処理し、電気泳動により切断できたかどうかを確認する。ただし、ここでは増幅可能な DNA 配列が存在した場合には PCR 法により必ず DNA が増幅されるものとし、適切な切断配列がある場合には制限酵素によって必ず切断されるものとする。これらの結果は下の 4 つのケースに分類する事ができる。

ケース 0 PCR 法で DNA 断片が増幅されない場合

ケース 1 PCR 法で増幅された DNA 断片のすべてに制限酵素の切断部位がある場合

ケース 2 PCR 法で増幅された DNA 断片の中に制限酵素の切断部位があるものとないものが混ざっている場合

ケース 3 PCR 法で増幅された DNA 断片のすべてに制限酵素の切断部位がない場合

このようなケース分類を複数の染色体部位で行う事で、調べたい品種の識別をする事ができる。表 1 は、品種 A~H のイチゴをプライマーセット I とプライマーセット II を用いた場合のケース分類を示している。PCR 法で DNA が増幅される場合には、それぞれ 400 塩基対(セット I)と 500 塩基対(セット II)の長さの断片が検出される。またそれらの断片が特定の制限酵素で切断される場合には 1 カ所のみで切れ、200 塩基対の長さの断片が生じる。これをもとに品

種のわからない6つのイチゴのサンプル(1～6)を識別する事を試みた。それぞれのサンプルについて一連の操作の後、電気泳動を行い、DNAを検出した(図1)。

表1 イチゴ品種A～Hのケース分類

品種	PCR法と制限酵素処理によるケース分類	
	プライマーセットI	プライマーセットII
A	ケース3	ケース0
B	ケース2	ケース1
C	ケース1	ケース1
D	ケース0	ケース2
E	ケース3	ケース3
F	ケース2	ケース3
G	ケース1	ケース2
H	ケース0	ケース1

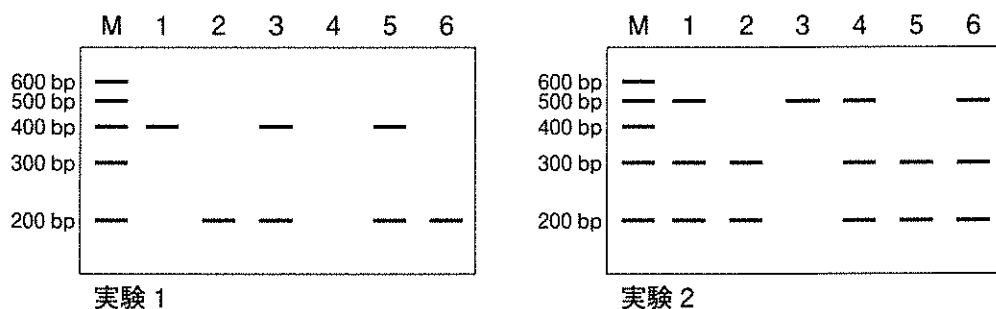


図1 サンプル1～6の電気泳動の結果

実験1：プライマーセットIと制限酵素で処理したサンプル

実験2：プライマーセットIIと制限酵素で処理したサンプル

左端のレーンMは分子量マーカーで、bpは塩基対数を示す。

- (1) 品種 B および品種 D に該当するサンプルはどれか， 1 ～ 6 の中からそれぞれ選び解答欄に順に 2 つ続けて書きなさい。該当するサンプルがない場合は， ×印を書きなさい。(解答例： 2， 1)
- (2) 6 つのサンプルの中には， この実験結果からは品種が特定できないものが含まれている。品種が特定できないサンプルをすべて選び， 1 ～ 6 で答えなさい。

IV 以下の文章を読み、各設問に答えなさい。

マウスの性染色体に存在する遺伝子は、常染色体に存在する遺伝子と同様に親から子へと受け継がれるが、形質の現れ方には違いが見られることもある。常染色体上の遺伝子では、劣性の形質は2つの対立遺伝子がともに劣性の場合にのみ現れる。一方、性染色体上の遺伝子では、同種類の性染色体が1つしか存在しないことがあり、その場合は対立遺伝子が1つでも劣性の形質が現れることが知られている。なお、この設問では、X染色体が2つある場合に1つのX染色体が不活性化される現象は考慮しないものとし、新たな変異は起こらないものとする。

X染色体に存在する遺伝子Aに変異をもつ純系のマウスとその遺伝子に変異をもたない純系のマウス(以下野生型とする)がいる。この変異マウスは野生型マウスとは隔離して、何十世代も小集団の中で繁殖させていたため、遺伝子A以外のゲノムの配列にも変異や一塩基多型が何カ所も存在する。この変異マウスの毛色は白色であるが、野生型マウスでは茶色である。なお、遺伝子Aはマウスの毛色とは関係ない遺伝子で、この変異はホモになっても致死性ではないことがわかっている。また、ここではマウスの毛色を決める遺伝子は、常染色体に存在するものとする。

問 1 マウスの分類であてはまらないものをすべて選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|--------|---------|--------|
| A 脊椎動物 | B 真核生物 | C 前口動物 |
| D 哺乳類 | E 三胚葉動物 | F 該当なし |

問 2 マウスの染色体について誤っている記述をすべて選び、記号で答えなさい。

- A X 染色体の有無によって性別は決まらない。
- B マウスの雄は X 染色体と Y 染色体をもつ。
- C 染色体中で DNA はヒストンに巻き付いて存在している。
- D 体細胞分裂の中期には、染色体が赤道面に並ぶ。
- E 該当なし。

問 3 遺伝子 A に変異をもつ純系のマウスを野生型マウスと交配し、生まれた子マウスから遺伝子 A に変異をもった個体を塩基配列の決定により選び出し、再度野生型マウスと交配する。次の世代でも変異をもったマウスを選び出し、再び野生型マウスと交配し、遺伝子 A に変異をもったマウスを選び出すことを繰り返していく。このような交配と選別を繰り返すとどのようなことが起こると予想されるか、遺伝子 A の変異をもったマウスについてあてはまる記述をすべて選び、記号で答えなさい。

- A 変異をもったマウスの平均体重が野生型より減少する。
- B 変異をもったマウスの平均体重は野生型より増加する。
- C 両方の性染色体にこの変異遺伝子をもつマウスが出現する。
- D 変異をもったマウスは常に 1 本の性染色体のみにこの変異遺伝子をもつ。
- E 変異をもったマウスの中に茶色のマウスが出現する。
- F 変異をもったマウスは常に白色である。
- G 該当なし。

問 4 問 3 と同様に遺伝子 A に変異をもったマウスと野生型マウスの交配を 10 回繰り返した後の個体を用いて野生型の個体と交配させる場合、理論的に予想される記述をすべて選び、記号で答えなさい。

- A 雌の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものはすべて雄である。
- B 雌の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものはすべて雌である。
- C 雌の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものは雄と雌が半分ずつである。
- D 雄の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものはすべて雄である。
- E 雄の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものはすべて雌である。
- F 雄の変異マウスを交配に用いると、その子供のうち変異をもつものは雄と雌が半分ずつである。
- G 該当なし。

問 5 遺伝子 A の変異遺伝子をもつ雄マウスと雌の野生型マウスを交配し、得られた子供(F_1)のうち変異をもったマウスと野生型マウスを交配させる。孫世代(F_2)の任意の雄マウスと野生型の雌マウスを交配させると、確率的にひ孫世代(F_3)のマウスの何%がこの変異を持っていると予想されるか答えなさい。

問 6 遺伝子 A の変異マウスとは別のマウスで、遺伝子 B の変異によってある形質の現れるマウスの系図がある(図 1)。この系図をもとに原因となる遺伝子 B について言えることを下記の選択肢からすべて選び、記号で答えなさい。ただし、図の破線で示した交配する相手は野生型か遺伝子 B に変異をもつかはわからないものとし、この系図の中では新たな変異は起こらないものとする。また、精子のミトコンドリアは受精の時に卵にほとんど入らないためここでは受精卵に含まれるミトコンドリアは 100 % 卵に由来するとともに、含まれるミトコンドリアはすべて同じ塩基配列の DNA をもつものとする。ここでは遺伝子 B の変異による形質は優性および劣性のいずれの場合も考慮すること。

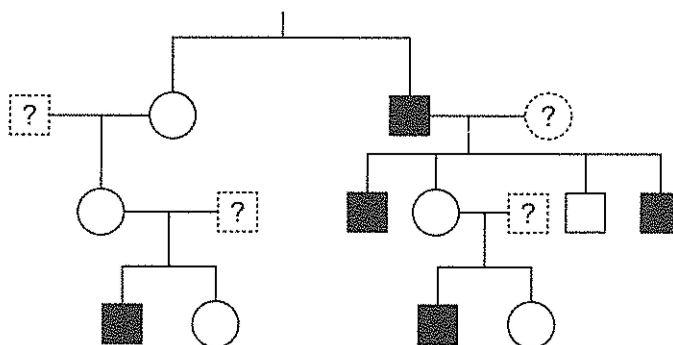


図 1 あるマウスの系図 □は雄、○は雌を示し、黒塗りは遺伝子 B の変異による形質が見られることを示している。ただし、遺伝子型および形質のわからない場合は [?] と (?) で示している。

- あ B 遺伝子は常染色体上に存在する可能性がある。
- い B 遺伝子は X 染色体上に存在する可能性がある。
- う B 遺伝子は Y 染色体上に存在する可能性がある。
- え B 遺伝子はミトコンドリア DNA 上に存在する可能性がある。
- お 該当なし。

問 7 DNA の変異は、DNA の複製のミスにより起こることがある。DNA ポリメラーゼが 2 本鎖 DNA の合成の過程で、誤った塩基をもつヌクレオチドを結合させるミスの頻度は片側の鎖ごとに 1000 万塩基に対して 1 回の割合である。しかし、細胞に存在する DNA 損傷の修復機構の作用によって、実際に変異として残るものはさらにその $1/100$ であるものとする。ヒトのゲノムは 30 億塩基対の 2 本鎖 DNA からなり、ヒトの体の全細胞が 37 兆個でその $1/100$ の数の体細胞が分裂すると仮定する。それらが DNA 複製を 1 回して修復が終わった後に、体細胞のみを考えた場合、体の中では何個の変異が生じているかを有効数字 2 桁で指数を用いて答えなさい。