

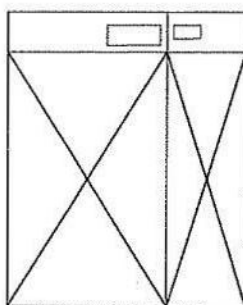
令和 2 年度入学試験問題（一般入試）

理 科

13：20～15：00

注 意

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題文は、物理：1～7 ページ，化学：8～11 ページ，生物：12～17 ページである。
3. 解答紙は計 3 枚で、物理：1 枚，化学：1 枚，生物：1 枚である。
4. 解答開始前に、試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目も含めすべての解答紙それぞれ 2 カ所に受験番号を記入すること。
5. 試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目の解答紙に下記のように×印を大きく 2 カ所記入すること。



6. 「始め」の合図があったら、問題冊子のページ数を確認すること。
7. 解答は、黒色鉛筆（シャープペンシルも可）を使用し、すべて所定の欄に丁寧な字で正確に記入すること。英文字，ギリシャ文字は大文字・小文字の区別をすること。欄外および裏面には記入しないこと。
8. 下書き等は、問題冊子の余白を利用すること。
9. 試験終了後、監督者の指示にしたがって、解答紙を物理，化学，生物の順番にそろえること。
10. 解答紙は持ち帰らないこと。

生 物

[1] 次の[A], [B]の文章を読み、設問に答えなさい。

[A] 生物は、長い時間の進化の過程で〔ア〕によりその性質は変化していく。自然選択がはたらいて遺伝子頻度に変化が生じた例として、鎌状赤血球症(異常ヘモグロビン症)があげられる。これは変異型ヘモグロビンS(HbS)のホモ接合体遺伝に起因する慢性溶血性貧血の一つである。このHbSはN末端から6番目のグルタミン酸だけが1塩基置換によりバリンに置き換わったものである。ヘテロ接合体の致死性〔イ〕に対する抵抗性が、ホモ接合の有害性に対してバランスを取り、〔イ〕のまん延地帯でこの遺伝子が保存され遺伝子頻度に変化が生じたのである。

HbSはバリンに置き換わることで構造が変化する。そのため他のHbSと会合しやすく、凝集^①して〔ウ〕状になり沈殿を作りやすくなる。また、赤血球の柔軟性が失われ、低酸素下などで壊れやすくなる(溶血)など性質が変化する。このため^②発症すると貧血になり種々の痛みを引き起こすようになる。

1. 〔ア〕～〔ウ〕に当てはまる語句を答えなさい。
2. 正常な赤血球のスケッチを、解答欄に描きなさい。また、その図中のスケールバーに適当な数値を次の(a)～(f)から選び、記号で答えなさい。

(a) 0.1 (b) 1 (c) 2 (d) 10 (e) 20 (f) 30

3. 健常者、HbSヘテロ接合体保持者、HbSホモ接合体保持者のヘモグロビン、HbSを電気泳動すると図1のようになった。このことからHbSの性質が正常ヘモグロビンからどのように変化したか、問題文を踏まえ簡潔に答えなさい。

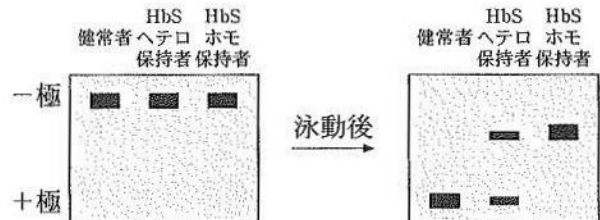


図1

4. ある地域における鎌状赤血球のホモHbSの遺伝子頻度が100人中16人であったとする。この地域における正常ホモヘモグロビンを持つ人は100人中何人か、答えなさい。
5. 下線部①により、HbSでは酸素を保持しにくくなる。その理由を説明しなさい。
6. 下線部②が、赤血球の循環にどのような影響を与えるか説明しなさい。
7. 貧血を起こす病気にアレルギーの一種である自己免疫性溶血性貧血がある。その機序を簡潔に説明しなさい。

[B] 身体内外の境界には、表皮や粘膜などの細胞シート状構造である上皮組織がある。上皮組織を突破して身体の内部環境に入り込んだ抗原は、通常は免疫機構により排除されるが、植物の花粉やある種の果実などは過剰な免疫反応(アレルギー)を引き起こすことがある。アレルギーは日常生活のみならず多様な職業現場でも発生しており、職業性アレルギーと総称される。例えば、熱帯諸国において素手で行われる生鮮果物(パパイア、パイナップル等)の加工現場では、果物中の成分に対する即時型アレルギーの発症が問題となっている。

8. 図2は上皮組織の細胞構造の模式図である。〔エ〕～〔カ〕の結合に関わる構造名を答えなさい。

9. 下線部③について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 抗原の性質としてどのようなものが考えられるか答えなさい。
- (2) その抗原に対して産生される抗体のタイプは何か。次の(a)～(e)から選び、記号で答えなさい。
 - (a) IgA (b) IgD (c) IgE (d) IgG (e) IgM
- (3) そのようなアレルギーを防ぐための、職場での工夫を答えなさい。

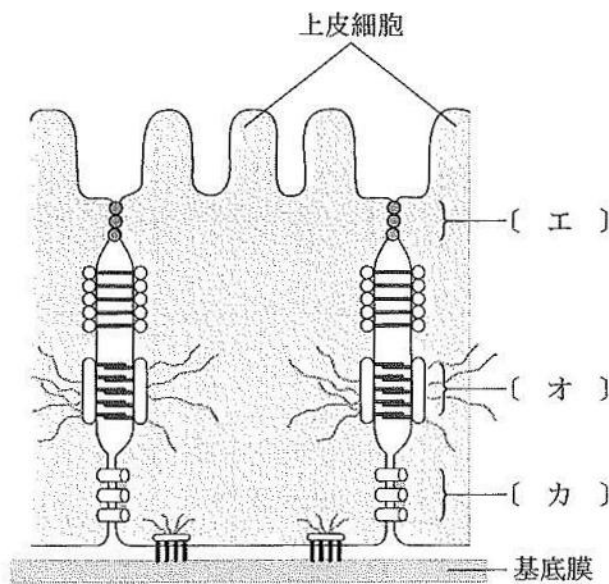


図2

〔2〕 次の文章を読み、設問に答えなさい。

ゲノム編集酵素 Cas 9 を用いて純系トマト(二倍体植物)の遺伝子 X を破壊した変異体を作製するために、トマトの子葉の切片に組換えアグロバクテリウムを感染させた。組換えアグロバクテリウムは、プラスミド中の T-DNA 領域に組み込まれた遺伝子(図 1)をトマトのゲノム DNA に組み込むことができる。感染後、その切片を除菌し、3種類の培地 A, B, C の順番で培養した。この3種類の培地には濃度比の異なる2種類の植物ホルモン(オーキシンと〔ア〕)と形質転換体を選択するための〔イ〕が添加されている。最初に使用する培地 A ではカルスの誘導と増殖を行い、次の培地 B では茎・葉の誘導を行った。最後に使用する培地 C では根の誘導を行った。これら3種類の培地を用いた培養により遺伝子 X が全く機能しない変異体 T0 を得た。この変異体 T0 は、受粉なしでも子房内でオーキシン応答性遺伝子の転写が促進され、果実を形成した。次にこの変異体 T0 の花粉を野生型の純系トマト(以後、野生型と呼ぶ)に受粉させると、変異体 T1 が得られ種子のある果実が得られた。

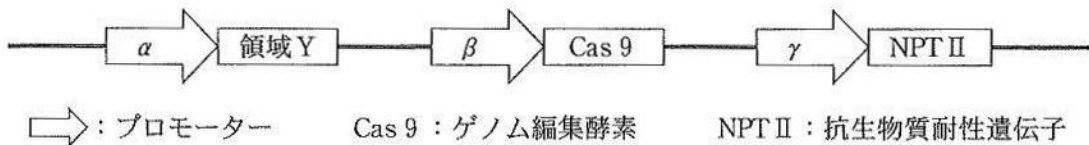


図1 プラスミドの T-DNA 領域の概略図

1. 〔ア〕と〔イ〕に当てはまる語句を答えなさい。
2. 図1において、領域 Y から作られるものは標的 DNA 配列へ Cas 9 を誘導するためのものである。領域 Y から作られるものは何か、一般的な名称で答えなさい。
3. Cas 9 を用いたゲノム編集は、標的 DNA 鎖の完全な切断と同時に起こる修復中のエラーにより標的遺伝子を破壊することができる。その仕組みについて説明しなさい。
4. アグロバクテリウムについて、以下の問いに答えなさい。
 - (1) アグロバクテリウムと遺伝的に近縁な根粒菌は、〔ウ〕と呼ばれる酵素により大気中の窒素を〔エ〕に変えることができ、このようなはたらきを〔オ〕という。
〔ウ〕～〔オ〕に当てはまる語句を答えなさい。
 - (2) アグロバクテリウムと植物の関係は、根粒菌とマメ科植物の関係とどのような点で異なっているか、簡潔に説明しなさい。
 - (3) アグロバクテリウムを適量とり、軟寒天培地で培養すると図2の結果になった。同様の方法でクロストリジウムを培養した場合、増殖範囲はどのようなになるか、解答欄の図中に黒塗りで示しなさい。

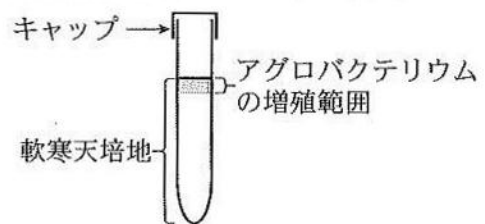


図2

5. 下線部①について、それぞれの培地に含まれるオーキシシンと〔ア〕の濃度の組み合わせとして適切なものを表1の(あ)~(う)より選び、記号で答えなさい。

表1

	(あ)	(い)	(う)
オーキシシンの濃度	3	3	0.003
〔ア〕の濃度	0.02	0.2	1

(濃度の単位は mg/L)

6. カルスの分化能力の特徴について説明しなさい。

7. 下線部②を踏まえて、以下の問いに答えなさい。

- (1) 野生型では果実の形成に関与するオーキシシンはどこから分泌されるか、答えなさい。
- (2) 遺伝子X産物を介したオーキシシン応答性遺伝子の転写促進のしくみを、「受容体」、「抑制」という語句を用いて説明しなさい。

8. 野生型、変異体T0、変異体T1それぞれの葉からゲノムDNAを抽出し、図3に示す2種類のプライマーで増幅されたDNAを制限酵素で処理し(+), 未処理のもの(-)と寒天ゲル電気泳動を行った。野生型の結果(図4)を参考にし、変異体T0と変異体T1の結果を、図5の(a)~(f)から選び、記号で答えなさい。ただし、変異体T0はすべての細胞が同じ変異型遺伝子Xのホモ接合体であるとする。

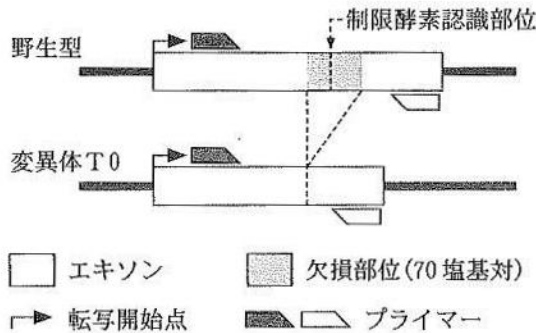


図3 遺伝子Xの転写開始点を含むエクソンにおける野生型と変異体T0の構造比較

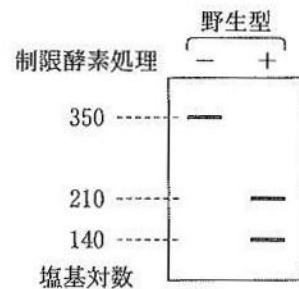


図4 野生型の寒天ゲル電気泳動の結果

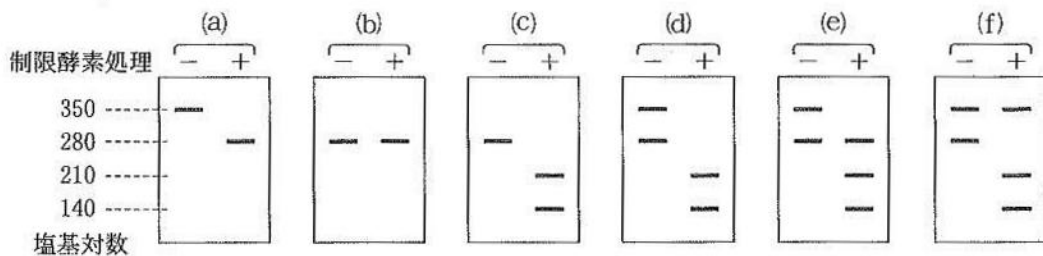
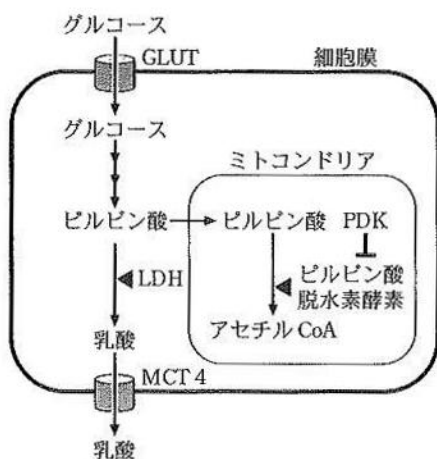


図5

〔3〕 代謝に関する以下の設問に答えなさい。

図1は、グルコースが細胞内に取り込まれたのちの代謝経路を示す。通常酸素環境にある細胞は、1分子のグルコースから最大〔ア〕分子のATPを産生する(好氣的代謝)。一方、低酸素環境ではグルコースから乳酸を生成する過程で〔イ〕分子のATPを産生する(嫌氣的代謝)。細胞が低酸素になると転写因子 HIF-1 α が活性化し、さまざまなタンパク質を発現する。これらのタンパク質は、乳酸を大量に生成して嫌氣的代謝を促進するだけでなく、過剰に生成された乳酸を細胞外に排出する。

- 〔ア〕と〔イ〕に当てはまる数字を答えなさい。
- 下線部①は何と云うか、答えなさい。
- 図2はミトコンドリアにあるATP合成酵素の模式図である。図の〔ウ〕と〔エ〕に当てはまる語句を答えなさい。また、ATP, ADP, Pを使ってATPの合成経路を解答欄の図に書き加えなさい。
- 図1に示す4つのタンパク質 GLUT, LDH, PDK, MCT4は転写因子 HIF-1 α によって発現が増加する。4つのタンパク質のうち必要なものを使って下線部②が起こる理由を説明しなさい。また、下線部③は細胞にどのような効果をもたらすか答えなさい。ただし、タンパク質の略語の説明は図1に記載している。



◀ 促進
 ↓ 阻害
 略語の説明
 GLUT：グルコース輸送体
 LDH：乳酸脱水素酵素
 PDK：ピルビン酸脱水素酵素キナーゼ
 MCT4：モノカルボン酸トランスポーター4

図1

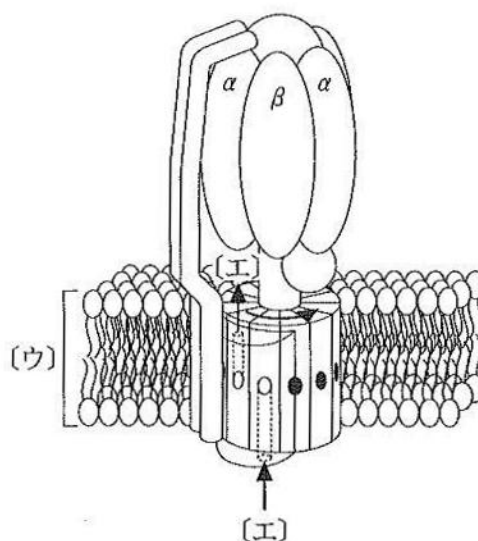


図2

好氣的代謝では、酸化リン酸化によるエネルギー代謝の副生成物として活性酸素が生成されるが、過剰な生成は細胞を傷害することが知られている。図3は、がん細胞を通常酸素①の環境(好氣的代謝)から低酸素環境(嫌氣的代謝)に移し、その後再び通常酸素②の環境(好氣的代謝)に戻した時のグルコースの取り込みと活性酸素の生成を経時的に測定した結果である。

5. 活性酸素の生成が低酸素環境で激減し、通常酸素②が始まると通常酸素①に比べ、急増した理由を答えなさい。

6. がん細胞内では低酸素環境のみならず通常酸素環境でも、嫌氣的代謝にかたよったエネルギー産生を行っていることが知られている。嫌氣的代謝ががん細胞にとって有利な点を1つ答えなさい。

7. がんの検査法に陽電子放射断層撮影(PET)がある。この検査法では、グルコースに似た物質Aを放射性同位元素で標識したものを使う。以下に検査の手順を示す。

手順1：物質Aを体内に注射し、安静にして全身に行き渡らせる。

手順2：放射線撮影装置で全身を撮影し、物質Aの分布を調べる。

(1) 撮影の前に安静にする理由を答えなさい。

(2) 正常部位にも物質Aが集中する部位がある。最も集中しやすい正常組織または臓器を次の(a)~(e)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

(a) 筋肉 (b) 心臓 (c) 肝臓 (d) 腎臓 (e) 脳

8. 生体内において正常細胞の代謝活動には日内変動が見られるが、多くのがん細胞は日内変動が見られない。

(1) がん患者ではしばしば体重減少がみられる。その理由を説明しなさい。

(2) がんの治療薬には代謝を抑制する薬剤がある。薬剤の効果と副作用の観点からいつ投与すると良いか、投与する時期とその理由を説明しなさい。

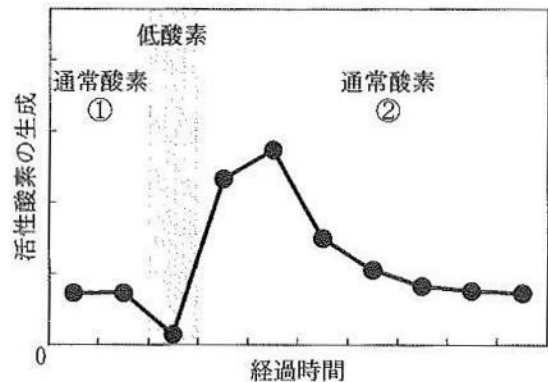
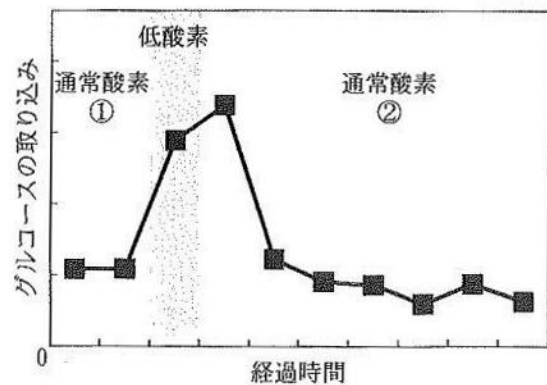


図3