

〔Ⅰ〕 細胞とその構成分子に関する次の文章を読み、問 1 ～問 8 に答えよ。

細胞は生物のからだをつくる基本単位である。すべての細胞は、細胞膜に包まれて周囲から独立したまとまりとなっている。真核細胞の内部は、核と細胞質に分けられる。核の内部には、遺伝物質である DNA を含む染色体が存在する。真核細胞の細胞質にはさまざまな細胞小器官が存在し、それぞれ特定のはたらきをもつ。^(a)小胞体は一重の 生体膜^(b)で囲まれた袋状の細胞小器官で、その表面にリボソームが付着した(イ)とリボソームが付着していない(ロ)の 2 つの領域に分けられ、それぞれ分泌タンパク質の合成と脂質などの合成を担っている。合成された分泌タンパク質は小胞体の内部に取り込まれ、(ハ)へ運ばれて糖鎖の付加などの修飾を受けた後に、小胞に包まれて細胞膜へと送られて細胞外へ分泌される。^(c)

細胞を構成する物質には、タンパク質、炭水化物、脂質、核酸などの有機物のほかに無機物も含まれる。^(d)タンパク質は細胞を構成する物質の中で最も種類が多く、細胞のあらゆる構造と機能に関わり、生命活動の中心的な担い手である。^(e)

タンパク質のはたらきを調べるため、ブタの肝臓に含まれる酵素に関する以下の【実験 1】および【実験 2】を行った。

【実験 1】

- ① ブタの肝臓 10 g に蒸留水 5 mL を加え、乳鉢ですりつぶして上澄み液(以後、酵素液)を得た。
- ② 空の試験管 A, B, C を準備し、試験管 A に蒸留水 1 mL, 試験管 B に酵素液 1 mL, 試験管 C に酸化マンガン(Ⅳ)を数粒入れた。
- ③ すべての試験管に 3 % 過酸化水素水 3 mL を加えると、試験管 A の液体には変化はなかったが、試験管 B と試験管 C の液体では気泡が発生した。

【実験 2】

- ① 空のビーカー A と B を準備し、ビーカー A には【実験 1】と同様の方法で得た酵素液 3 mL を、ビーカー B には蒸留水 3 mL と共に酸化マンガン(IV)を数粒入れ、それぞれ煮沸した後に静置して室温まで冷却した。
- ② 空の試験管 D と E を準備し、試験管 D にはビーカー A から酵素液 1 mL を、試験管 E にはビーカー B から取り出した酸化マンガン(IV)を数粒入れた。
- ③ 試験管 D と E のそれぞれに 3 % 過酸化水素水 3 mL を加えると、試験管 D の液体には変化はなく、試験管 E の液体では気泡が発生した。

問 1 文中の(イ)～(ハ)に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線部(a)に関連して、細胞内共生によって植物細胞のみが獲得した細胞小器官の由来となった生物に最も近縁の現生生物は何か。

問 3 下線部(b)に関する記述として、誤っているものを、次の(1)～(4)から 1 つ選び、番号で答えよ。

- (1) リン脂質二重層ではリン脂質分子の親水性部分が外側を向いている。
- (2) 主成分のリン脂質分子ではリン酸に炭化水素鎖が直接結合している。
- (3) 生体膜に埋め込まれたタンパク質は膜の中を移動する。
- (4) 酸素や二酸化炭素は生体膜を自由に透過する。

問 4 下線部(c)に関連して、小胞の膜が細胞膜と融合することで小胞内の物質が細胞外へ分泌される現象を、何と呼ぶか。

問 5 下線部(d)に関連して、タンパク質分子は、その一次構造に基づいた固有の立体構造をもつ。この立体構造を形成する過程を何と呼ぶか、**解答欄Ⅰ**に記入せよ。また、この過程を補助する機能をもったタンパク質を総称して何と呼ぶか、**解答欄Ⅱ**に記入せよ。

問 6 下線部(e)に関連して、真核生物の細胞内にはタンパク質で構成される細胞骨格が存在する。この細胞骨格に関する記述として誤っているものを、次の(1)～(5)からすべて選び、番号で答えよ。

- (1) 微小管は球状タンパク質の α -チューブリンによって構成される中空の管である。
- (2) 微小管は鞭毛や繊毛の運動に関わっている。
- (3) 中間径フィラメントは網目状に分布する繊維状構造で、細胞や核の形の保持に関わっている。
- (4) 繊維の直径が最も太い細胞骨格はアクチンフィラメントである。
- (5) アクチンフィラメントはアクチンからなる繊維状構造で、細胞の運動に関わっている。

問 7 【実験1】の③で、気泡が発生している試験管 B と C のそれぞれに火のついた線香を入れると激しく燃えた。試験管 B と C で発生した気体は何か。また、試験管 B でその気体を発生させた酵素は何か。気体の名称を解答欄 I に、酵素の名称を解答欄 II に、それぞれ記入せよ。

問 8 【実験2】の③で、試験管 D と E のそれぞれに火のついた線香を入れると、試験管 D では変化がなく、試験管 E では激しく燃えた。試験管 D の酵素液に含まれるタンパク質に、どのような変化が起こったと考えられるか。起こった変化の名称を解答欄 I に、そのような変化によって酵素のはたらきが無くなる現象の名称を解答欄 II に、それぞれ記入せよ。

〔Ⅱ〕 遺伝情報の発現に関する次の文章を読み、問 1 ～問 10 に答えよ。

大腸菌は、生育にグルコースを必要とする。しかし、グルコースがない状態でもラクトースが存在すれば、^(a) β -ガラクトシダーゼなどの 3 種類の酵素を合成してラクトースを分解し、その分解物を利用して生育できる。これら 3 種類の酵素の遺伝子は DNA 上で隣接して存在し、まとめて 1 つの ^(b)mRNA として転写される。この転写は、DNA の別の場所に存在する ^(c)調節遺伝子からつくられる ^(d)調節タンパク質によって制御される。調節タンパク質は、^(d)RNA ポリメラーゼが結合するプロモーターのすぐそばにあるオペレーターに結合する。調節タンパク質のオペレーターへの結合は、ラクトースに由来する物質によって制御される。人為的に ^(e) β -ガラクトシダーゼの転写を誘導できる物質として、ラクトース類似化合物である IPTG が知られている。

このように原核生物では、^(f)1 つのオペレーターによって遺伝子群の発現が制御されることがある。そこで、オペレーターのはたらきを調べるために、以下の【実験】を行った。

【実験】

グルコースとラクトースを共に含まない培地に大腸菌を懸濁した後、ラクトースを培地に添加した。しばらく培養した後、ラクトースを培地から取り除き、さらに培養を続けた。図 1 は、ラクトース添加直後から経時的に β -ガラクトシダーゼ量を測定した結果に基づいて作成したグラフである。なお、 β -ガラクトシダーゼ量は、同じ数の大腸菌あたりの量として示されている。

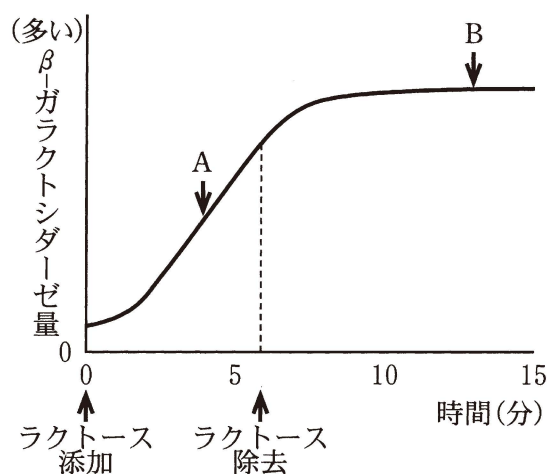


図 1

問 1 下線部(a)の β -ガラクトシダーゼによってラクトースが分解されて生じるグルコース以外の単糖の名称を答えよ。

問 2 下線部(b)に関連して、大腸菌の遺伝子 X から転写された mRNA の塩基の組成がアデニン 10 %，グアニン 15 %，ウラシル 40 %，シトシン 35 %であった。遺伝子 X が存在する DNA の領域の塩基におけるアデニンの割合を % で答えよ。

問 3 下線部(b)に関連して、真核生物の mRNA では鋳型となった DNA の塩基配列には存在しないリボヌクレオチドが多数付加される。この付加された部分を特に何と呼ぶか。

問 4 下線部(c)の調節タンパク質は発現を抑制する。このような調節タンパク質を特に何と呼ぶか。

問 5 下線部(d)に関連して、真核生物の RNA ポリメラーゼの性質として誤っているものを、次の(1)～(4)から 1 つ選び、番号で答えよ。

- (1) 核内ではたらく。
- (2) 転写反応の開始にプライマーを必要とする。
- (3) mRNA の塩基配列に存在しないゲノム DNA の部分も鋳型にする。
- (4) 部分的にほどけた 2 本鎖 DNA のうち、一方を鋳型にする。

問 6 下線部(d)に関連して、真核生物において RNA ポリメラーゼと共にプロモーターへ結合し、転写に必須のタンパク質群を何と呼ぶか。

問 7 下線部(e)に関連して、IPTG のはたらきとして正しいものを、次の(1)～(4)から 1 つ選び、番号で答えよ。

- (1) 調節タンパク質を分解する。
- (2) 調節タンパク質と結合して活性化する。
- (3) 調節タンパク質と結合してオペレーターとは結合できなくする。
- (4) β -ガラクトシダーゼに結合して、ラクトースの分解を阻害する。

問 8 下線部(f)のような遺伝子群を何と呼ぶか。

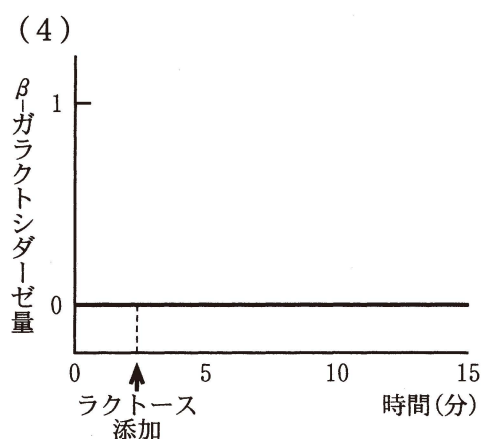
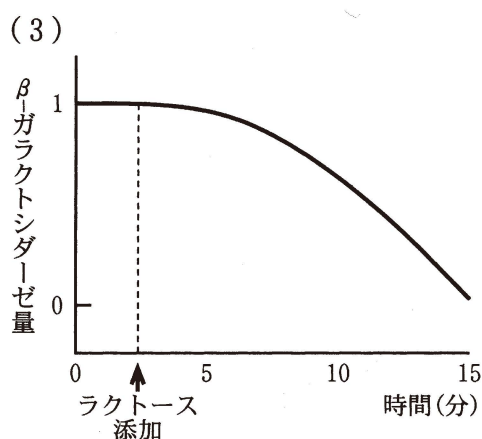
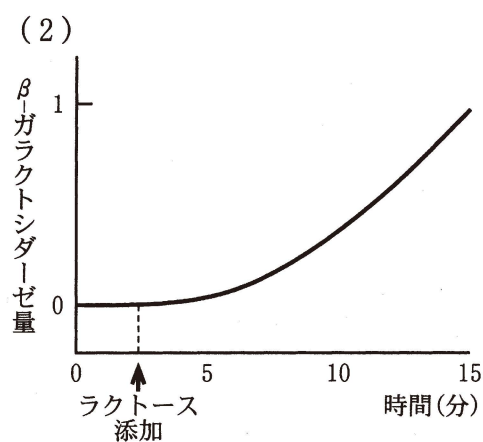
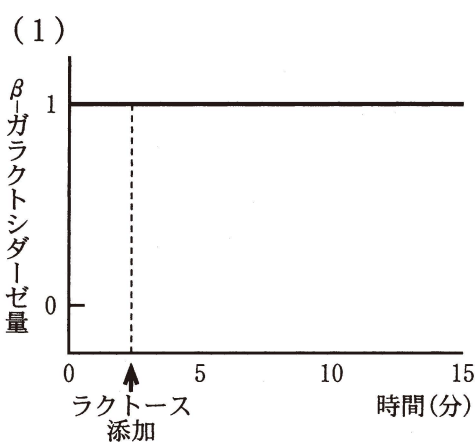
問 9 図 1 の A および B の時点における調節タンパク質と β -ガラクトシダーゼの遺伝子の転写に関する記述として最も適切なものを、次の(1)～(7)から選び、A については解答欄 I に、B については解答欄 II に、それぞれ番号で答えよ。

- (1) 調節タンパク質は合成されず、転写は誘導されている。
- (2) 調節タンパク質は合成されず、転写は抑制されている。
- (3) 調節タンパク質がオペレーターに結合し、転写は誘導されている。
- (4) 調節タンパク質がオペレーターに結合し、転写は抑制されている。
- (5) 調節タンパク質はオペレーターに結合しているが、転写は誘導も抑制もされていない。
- (6) 調節タンパク質がオペレーターから解離し、転写は誘導されている。
- (7) 調節タンパク質がオペレーターから解離し、転写は抑制されている。

問10 表1に示した大腸菌の突然変異株Yと突然変異株Zを、グルコースを含まない培地に懸濁した後に、ラクトースを培地に添加した。大腸菌がもつ β -ガラクトシダーゼ量の変化を表すグラフとして最も適切なものを、以下の(1)～(4)から選び、突然変異株Yについては解答欄Ⅰに、突然変異株Zについては解答欄Ⅱに、それぞれ番号で答えよ。なお、 β -ガラクトシダーゼ量は、グルコースを含まずラクトースを含む培地で培養した野生型大腸菌との比で示している。

表1

突然変異株	形質
Y	調節タンパク質を合成しない
Z	調節タンパク質にラクトース由来物質が結合しない



〔Ⅲ〕 哺乳類の染色体に関する次の文章を読み、問 1 ～問 5 に答えよ。

哺乳類の体細胞の 染色体は、父親由来と母親由来のものが 2 本で対をなし、
(a) さらに複数の対が集まったセットになっている。哺乳類ではほとんどの種で、染色体の対には、大きさと形が同じ対と、形が異なる染色体の対が存在する。後者の対を構成する染色体には X 染色体と Y 染色体の 2 種類があり、遺伝的な性の決定に関与することから、性染色体と呼ばれる。体細胞では、オスは X 染色体と Y 染色体を、メスは 2 本の X 染色体をもっている。メスでは発生の初期段階で、2 本の X 染色体のうちの 1 本が、細胞ごとに無作為に 不活性化されてはた
(b) らなくなる。この不活性化は体細胞分裂を経ても維持される。そのため、発生が進行すると、不活性化された X 染色体の由来が異なる 2 種類の細胞が、1 つの個体の中でブロック状に分布するようになる。このような細胞の分布を容易に観察できる例として、イエネコの毛色が知られている。

イエネコの体毛の一本一本は毛色をもつことがある。それは毛根にある色素細胞が色素を合成し、その色素を毛に分泌しているためである。毛根の形成過程で、色素細胞が毛根まで移動して増殖するとその毛根が作る毛は有色となり、色素細胞が移動してこないと色素のない白い毛になる。イエネコでは、X 染色体に色素の色に関係する対立遺伝子として、茶色遺伝子 O と黒色遺伝子 o が存在する。性染色体以外の染色体には、色素細胞の移動に関係する対立遺伝子である白
(c) 斑遺伝子 S と斑なし遺伝子 s が存在する。S は色素細胞の移動を制限するが、s は制限しない。S は s に対して顕性(優性)なため、S をもつ個体では色素細胞の移動が制限され、主に腹側の体毛の毛根に色素細胞が存在せず白い毛が集まった領域(白斑)を生じる。これらの遺伝子のはたらきによって、イエネコの体表には毛色によるさまざまな模様が形成される。

問 1 下線部(a)の対になっている染色体を何と呼ぶか。

問 2 下線部(a)に関連して、精子あるいは卵がもつ染色体に含まれるすべての遺伝情報を何と呼ぶか。

問 3 下線部(b)の現象には、DNA 結合タンパク質であるヒストンが関与している。このヒストンに DNA が巻き付いた構造を何と呼ぶか。

問 4 下線部(c)に関連して、次の(イ)～(ニ)に答えよ。

(イ) 体毛に茶色、黒色と白斑のすべてをもつメスについて、毛色に関わる対立遺伝子の組み合わせとして正しいものを、次の(1)～(6)からすべて選び、番号で答えよ。なお、[OO]、[Oo]、[oo]は性染色体における遺伝子の組み合わせを示す。

- | | | |
|------------|------------|------------|
| (1) [OO]Ss | (2) [OO]ss | (3) [Oo]SS |
| (4) [Oo]Ss | (5) [oo]Ss | (6) [oo]ss |

(ロ) 体毛に黒色と白斑の両方をもつオスについて、毛色に関わる対立遺伝子の組み合わせとして正しいものを、次の(1)～(6)からすべて選び、番号で答えよ。なお、Y は Y 染色体を、[OY]と[oY]は性染色体における遺伝子の組み合わせを示す。

- | | | |
|------------|------------|------------|
| (1) [OY]SS | (2) [OY]Ss | (3) [OY]ss |
| (4) [oY]SS | (5) [oY]Ss | (6) [oY]ss |

(ハ) 全身が黒色のオスと全身が茶色のメスを両親とする子のオスとメスは、それぞれどのような色の体毛をもつと期待できるか。次の(1)～(4)から正しいものを1つ選び、オスの子は解答欄Ⅰに、メスの子は解答欄Ⅱに、それぞれ番号で答えよ。

- (1) 茶色毛だけをもつ。
- (2) 黒色毛だけをもつ。
- (3) 茶色毛と黒色毛の両方をもつ。
- (4) 茶色毛、黒色毛と白斑のすべてをもつ。

(二) 体毛に茶色と白斑をもつオスと全身が黒色のメスを両親とする子のオスとメスは、それぞれどのような色の体毛をもつと期待できるか。次の(1)～(6)から正しいものをすべて選び、オスの子については**解答欄Ⅰ**に、メスの子については**解答欄Ⅱ**にそれぞれ番号で答えよ。

- (1) 茶色毛だけをもつ。
- (2) 黒色毛だけをもつ。
- (3) 黒色毛と茶色毛の両方をもつ。
- (4) 茶色毛と白斑の両方をもつ。
- (5) 黒色毛と白斑の両方をもつ。
- (6) 茶色毛，黒色毛と白斑のすべてをもつ。

問 5 下線部(d)の染色体を何と呼ぶか。

〔Ⅳ〕 植物の光合成に関する次の文章を読み、問 1 ～問 9 に答えよ。

植物は 光エネルギー を利用して、水と二酸化炭素から有機物を合成 する。この反応を光合成と呼ぶ。植物が光合成のために吸収する二酸化炭素の量は光合成量と呼ばれ、光が強くなると、ある光の強さにいたるまでは光合成量が増加する。単位時間あたりの光合成量を光合成速度と呼ぶ。また、植物は、呼吸によって発生した二酸化炭素も放出する。そのため、ある光の強さで、二酸化炭素の出入りは見かけ上なくなる。この光の強さは、植物の種や成長状態によって異なることが知られている。植生を構成する植物種の組成が安定した森林 では、林冠から林床にかけて光の強さが減少し、林冠と林床では構成する植物種が異なっている。

図 1 は、植物 X と植物 Y の葉が受ける光の強さと二酸化炭素吸収速度との関係をグラフにしたものである。

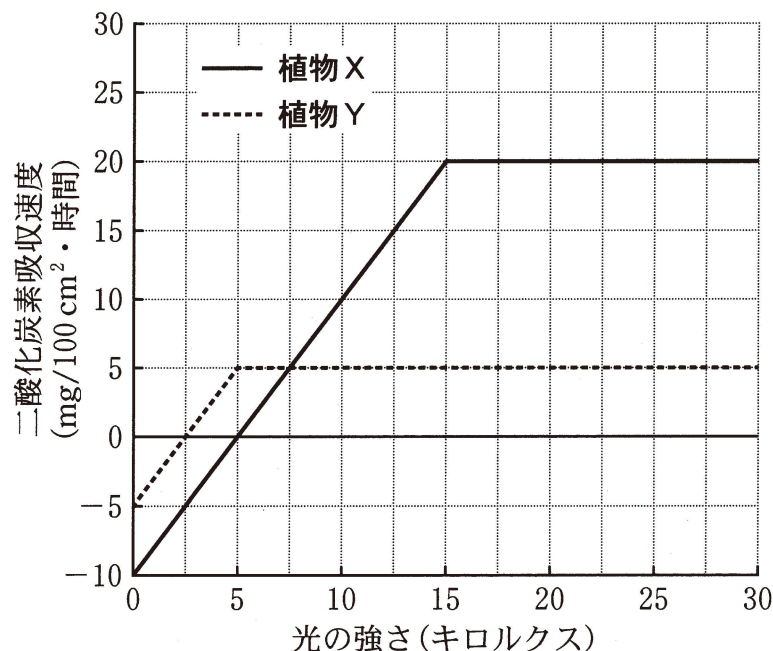


図 1

問 1 下線部(a)に関連して、光化学系の中の光化学反応が起こる部分を特に何と呼ぶか。

問 2 下線部(b)に関連して、それぞれ1分子の C_5 化合物と二酸化炭素から2分子の C_3 化合物を合成する酵素は何か。

問 3 下線部(c)に関連して、光合成速度が増加しなくなる時の光の強さを何と呼ぶか。

問 4 下線部(d)の光の強さを何と呼ぶか。

問 5 遷移が下線部(e)の状態となった森林のことを特に何と呼ぶか。

問 6 下線部(e)の状態となった森林において、木々が枯れたり、台風で倒れたりして、局所的に太陽光が差し込む空所ができることがある。この空所を何と呼ぶか。

問 7 下線部(f)に関連して、本州中部の太平洋側に分布する照葉樹林において、成木が林冠にみられる樹種として正しいものを、次の(1)～(4)から1つ選び、番号で答えよ。

(1) イヌビワ (2) スダジイ (3) ヤブツバキ (4) アオキ

問 8 図1の植物Xと植物Yに関して、光の強さが7.5 キロルクスにおける光合成速度を、植物Xについては解答欄Ⅰに、植物Yについては解答欄Ⅱに、それぞれ整数で答えよ。なお、単位は $mg/100\text{ cm}^2 \cdot \text{時間}$ とする。

問 9 図1の植物Xと植物Yに関して、1日あたり16時間の光照射で生存可能な光の強さ(キロルクス)について、最低限必要な光の強さに最も近いものを、次の(A)～(F)から選び、植物Xについては解答欄Ⅰに、植物Yについては解答欄Ⅱに、それぞれ記号で答えよ。

(A) 2 (B) 5 (C) 8 (D) 12 (E) 15 (F) 20