

全体講評（生物）

本年度の「生物」では、2月2日および2月7日の両日程ともに、高等学校生物の教科書に基づく基本事項の理解を確認するとともに、図表や実験結果、数値データをもとに生命現象を考察する力を問うことを目的として出題した。生物学では、語句や事実を個別に覚えるだけでなく、それらがどのような仕組みや原理によって成り立っているのかを理解し、複数の知識を関連づけて説明することが重要である。本年度の問題では、生命現象の因果関係、実験条件と結果の関係、図表や数値データの読み取りなどを通して、生物学的概念を総合的に理解しているかを確認した。

出題内容としては、分子生物学や遺伝子工学、DNAの構造や転写などの遺伝情報に関する分野、代謝や発酵、脂質・アミノ酸代謝などの生化学的分野、腎臓の機能や神経の興奮伝導などの生理学的分野、さらに植物の花成や成長運動、発生に関する分野など、生命現象を多角的に扱った。いずれの分野においても、構造と機能の関係や、生理現象の流れ、実験結果の解釈などを通して、生物学の基本概念を正確に理解しているかを確認した。

本学「生物」では、すべての大問に記述式問題を含めている。限られた文字数の中で情報を整理し、問われている内容を的確に文章で表現する力は、生物学に限らず重要である。今後の学習では、基本用語の理解に加え、生命現象の仕組みを図表や実験結果と関連づけて説明できる力を養ってほしい。

2026年度入学試験問題

生 物

注 意 事 項

- I 試験開始の指示があるまで問題用紙を開いてはいけません。
- II 解答用紙はすべて黒鉛筆(HB)〈シャープペンシルは、HB 0.5 mm 以上の芯であれば使用可〉で記入することになっています。
(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
- III 解答用紙右端の出席票に印刷されている受験番号を確認してください。間違いがなければ氏名欄に署名し、切取線から切り離してください。
- IV 問題は 30 ページで大問 3 問です。
- V 試験時間および解答方法については、問題冊子裏面を確認してください。
- VI 解答用紙は両面になっています。

マーク記入上の注意

1. 解答欄にマークするときは、HBの黒鉛筆で次の正しい例のように、濃く正確にぬりつぶしてください。

2. マークのしかた

(ア) 正しい例

a 解答が1つの場合、例えばイと解答するときは

(1) ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ のように、マークしてください。

b 解答が2つの場合、例えばイとウと解答するときは

(1) ☐ ☒ ☒ ☐ ☐ または ☐ ☐ ☒ ☒ ☐ のように各1つずつマークしてください。

(イ) 悪い例

(1) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ○印でかこむ。

(2) ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ 全部をぬりつぶしていない。

(3) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ レ印をつける。

(4) ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ |印をつける。

(5) ☐ ☒ ☒ ☒ ☒ 1欄に2つ以上マークする。

このような記入をしてはいけません。

3. 一度記入したマークを訂正する場合は、消しゴムで完全に消してから記入しなおしてください。

(1) ☐ ☒ ☒ ☒ ☒ のように×印をしても消したことはありません。

4. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、また汚したりしないでください。

〔I〕 次の(A)および(B)に答えなさい。

(A) 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。

糖と塩基とリン酸が結合した化合物をスクレオチドと呼ぶ。スクレオチドの分子内で塩基が結合している糖の炭素原子の位置を1'とし、この炭素原子に結合する4つの連続する炭素原子に順にそれぞれ2', 3', 4', 5'の番号が、国際的な化合物の命名法に基づいて付けられている。DNAを構成するスクレオチドの塩基は、アデニン(A)、グアニン(G)、シトシン(C)、チミン(T)の4種類である。DNAは2本のスクレオチド鎖からなり、2本の鎖間は相補的な塩基どうしの水素結合によって結合して二重らせん構造を形成している。

微量なDNAをもとに、試験管内でDNAの特定の塩基配列を多量に増幅する方法をPCR(ポリメラーゼ連鎖反応)法と呼ぶ。PCR法には、増幅したい塩基配列を含む鋳型DNA、耐熱性のDNAポリメラーゼ、人工的に合成した2種類のプライマー、A、G、C、Tの塩基をもつ4種類のスクレオチドが必要である。これらを含む反応液を調製し、一般に3段階の温度変化を伴う反応を1サイクルとし、このサイクルを繰り返すことで目的のDNA断片を増幅することができる。PCR法は、遺伝子組換え実験やDNA型鑑定などに応用されている。

問1. 下線部①に関して、次の文の□に入れるのに最も適当なものを、下の(ア)～(キ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

DNAとRNAを構成する糖の構造を比較すると、RNAでは糖の(1)の位置の炭素原子に水酸基が結合しているが、DNAでは糖の(1)の位置の炭素原子に水酸基は結合していない。このことが、RNAがDNAよりも化学的に(2)であることの一つの要因となっている。

- (ア) 1' (イ) 2' (ウ) 3' (エ) 4' (オ) 5'
- (カ) 安定 (キ) 不安定

問2. 下線部②に関して、AとTの間とGとCの間に形成される水素結合の数はそれぞれいくつか。それぞれ解答欄に数字で記入しなさい。

問3. 下線部③に関して、図1に示した遺伝子Xの2本鎖DNA、図2に示した6種類の制限酵素、図3に示したプラスミドYを用いて、下の〔方法1〕～〔方法4〕の順に遺伝子組換え実験を行った。下の(i)～(iii)の間に答えなさい。

1 22 35
5'-ATGAGTTCGACCCCCCTCGAGAGTCGCTGCAGGTATA
(Sall) (XhoI) (PstI)
36 70
CGTCAATCGGCTAGTTAGTCGTGCTGCTGACGAAC
71 105
TCGTACGTCTCGAGCGCTGGCTGATCGCTACCCGC
(XhoI)
106 140
TACTTTACTAGTAGATCATATTTCGTGCCGCAGAGT
141 155 174
GACGATATCCGTCTCTAGTACIGTATCGATCCTAG-3'
(EcoRV) (ScaI) (ClaI)

図1 174塩基対からなる遺伝子Xの全塩基配列

図中の遺伝子Xの全塩基配列はセンス鎖のみを示し、下線部は制限酵素の認識配列を、灰色背景色部分は遺伝子Xの部分塩基配列を示す。

ClaI 5'--ATTCGAT--3' EcoRV 5'--GATATC--3' PstI 5'--CTGCAAG--3'
3'--TAGCTTA--5' 3'--CTATAG--5' 3'--GACGTC--5'

Sall 5'--GTCGAC--3' ScaI 5'--AGTACT--3' XhoI 5'--TCGAG--3'
3'--CAGCTG--5' 3'--TCATGA--5' 3'--GAGCTC--5'

図2 制限酵素の認識する塩基配列と切断様式

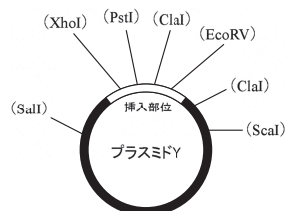


図3 プラスミド Y

図中の直線が指す部位は、()内の制限酵素が認識する配列のある部位を示す。

- [方法1]: 遺伝子 X の 2 本鎖 DNA (174 塩基対) を鋳型として、プライマー 1 とプライマー 2 を用いて PCR 法で遺伝子 X の全塩基配列を増幅した。
- [方法2]: [方法1] で増幅した遺伝子 X の全塩基配列を、2 種類の制限酵素を用いて切断し、灰色背景色で示した遺伝子 X の部分塩基配列 (134 塩基対) を含む塩基対数 135 以上の単一の DNA 断片を得た。
- [方法3]: プラスミド Y を 2 種類の制限酵素を用いて切断した。
- [方法4]: [方法3] で切断したプラスミド Y の挿入部位に、[方法2] で得た単一の DNA 断片をそのまま一段階で DNA リガーゼを用いて連結し、得られた組換えプラスミドを大腸菌に導入した。
- (i) [方法1] で用いるプライマー 1 とプライマー 2 の組み合わせとして、最も適当なものを次の (ア) ~ (ク) から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

	プライマー 1	プライマー 2
(ア)	5'-ATGAGTCGACCCCTCG-3'	5'-GTACTGTATCGATCCTAG-3'
(イ)	5'-ATGAGTCGACCCCTCG-3'	5'-CATGACATAGCTAGGATC-3'
(ウ)	5'-ATGAGTCGACCCCTCG-3'	5'-GATCCTAGCTATGTCATG-3'
(エ)	5'-ATGAGTCGACCCCTCG-3'	5'-CTAGGATCGATACAGTAC-3'
(オ)	5'-TACTCAGCTGGGGGAGC-3'	5'-GTACTGTATCGATCCTAG-3'
(カ)	5'-TACTCAGCTGGGGGAGC-3'	5'-CATGACATAGCTAGGATC-3'
(キ)	5'-TACTCAGCTGGGGGAGC-3'	5'-GATCCTAGCTATGTCATG-3'
(ク)	5'-TACTCAGCTGGGGGAGC-3'	5'-CTAGGATCGATACAGTAC-3'

- (ii) [方法1] において、遺伝子 X の 2 本鎖 DNA (174 塩基対) 2 ng (2×10^{-9} g) を鋳型として用い、1 μ g (1×10^{-6} g) 以上に PCR 法で増幅するには、2 本鎖 DNA の解離→プライマーのアニーリング→DNA の伸長の 3 段階の反応を 1 サイクルとする時、理論上少なくとも何回このサイクルを行う必要があるか。その回数を整数で解答欄に記入しなさい。ただし、この PCR 法におけるすべての反応の効率は 100% とし、鋳型として用いた DNA と増幅した DNA の塩基対数は等しいものとする。
- (iii) [方法2] および [方法3] において、遺伝子 X とプラスミド Y の切断に用いる 2 つの制限酵素の組み合わせとして最も適当なものを、図 2 に示した 6 種類の制限酵素からそれぞれ選び、解答欄に記入しなさい。

問 4. 下線部③に関して、次の (i) ~ (iii) の間に答えなさい。

- (i) 日本において、遺伝子組換え生物等を使用する際の規制措置を講じること、生物多様性への悪影響の未然防止等を図ることを目的とした法律の通称を解答欄に記入しなさい。

- (ii) プラスミドを大腸菌に導入する際に、塩化カルシウムを含む溶液に大腸菌を懸濁して用いる理由を 25 文字以内 (句読点を含む) で述べなさい。ただし、アルファベット 1 文字は 1 字とする。

- (iii) トランスジェニック生物に該当する記述として適当なものを、次の (ア) ~ (カ) からすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。ただし、いずれも元の生物はすべてトランスジェニック生物ではないものとする。

- (ア) アグロバクテリウム法により、パンジー由来の青色色素の遺伝子を導入した青い花卉のパラ
- (イ) CRISPR-Cas9 系を用いたゲノム編集により、オワンクラゲ由来の緑色蛍光タンパク質の遺伝子を導入したマウス
- (ウ) 放射線を種子に照射して突然変異を誘発してつくられた、寒さに強く、草丈が低いイネ
- (エ) 核を不活化した牛の卵にドナー牛の体細胞の核を移植して子宮に戻すことでつくられた、ドナー牛と同じ遺伝子をもつクローン牛
- (オ) 抗生物質に耐性をもたせる放線菌由来の遺伝子が組み込まれたプラスミドを導入した乳酸菌
- (カ) おいしいが病気に弱いトマトと、病気に強いがおいしくないトマトの交配を繰り返してつくられた、おいしくて病気に強いトマト

問 5. 下線部④に関して、生物のゲノム上には、マイクロサテライトと呼ばれる短い塩基配列が繰り返される反復領域が存在する。マイクロサテライトは個体ごとに反復の数が異なる場合があり、これが個体を識別する目印として利用できる。そこで、マイクロサテライトを利用し、親子関係が不明なマウスの個体を識別するため、以下のような実験を行った。

13 匹のマウス a ~ マウス m から DNA をそれぞれ抽出し、ある遺伝子座に存在するマウスの個体識別に有効なマイクロサテライトの領域を PCR 法で増幅した。その後、増幅された DNA 断片を電気泳動で分離し、DNA 染色液で染色した。図 4 は、マウス a ~ マウス m について、それぞれ検出された DNA 断片のバンドを模式的に  で示したものである。この時、メスのマウス a とオスのマウス b の交配によって生まれたと考えられるマウスは、マウス c ~ マウス m のいずれの個体か。該当するマウスの個体のアルファベットをすべて解答欄に記入しなさい。ただし、実験に用いたマウスの親子の間でマイクロサテライトの反復の数は変わらなかったものとする。なお、すべての実験は正しく行われたものとする。

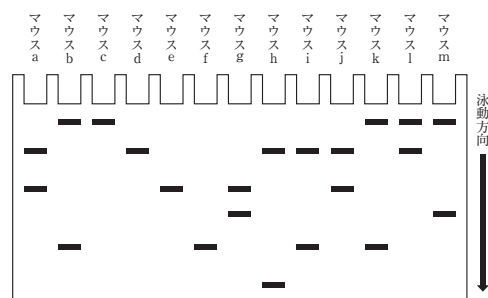


図 4

(B) 次の文章を読み、下の問1～7に答えなさい。

酵素やタンパク質は、他の物質が特定の部位に結合すると、立体構造が変化し、それらははたらきが変化することがある。これをアロステリック効果という。アロステリック効果によってはたらきが変化する酵素の一例には、大腸菌のアスパラギン酸カルバモイルトランスフェラーゼ(以下ATCアーゼと略す)がある。大腸菌のATCアーゼは、次の反応式①に示すN-カルバモイルリン酸とアスパラギン酸からN-カルバモイルアスパラギン酸とリン酸を生成する反応を触媒する。

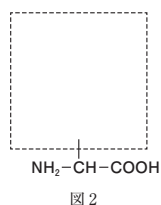
反応式①: N-カルバモイルリン酸 + アスパラギン酸 →

N-カルバモイルアスパラギン酸 + リン酸

この反応は、シトシンを塩基として含むヌクレオチドであるシチジン三リン酸(CTP)を大腸菌内で生合成する経路の第一段階の反応である。また大腸菌のATCアーゼは、この代謝経路の最終生産物であるCTPによるアロステリック効果で阻害される。一方大腸菌のATCアーゼは、大腸菌内のアデノシン三リン酸(ATP)の濃度がCTPの濃度よりはるかに高い場合、ATPによるアロステリック効果で活性化される。

また、アロステリック効果によってはたらきが変化するタンパク質の一例には、ヘモグロビンがある。ヘモグロビンは、赤血球中に存在し酸素を運ぶ役割を担っている。ヘモグロビンは、 α 鎖と β 鎖と呼ばれる2種類のポリペプチド鎖がそれぞれ二つずつ組み合わせられ、合計四つのポリペプチド鎖からなる。これら四つのポリペプチド鎖には、それぞれ1分子の酸素と結合するヘムと呼ばれる色素が1分子ずつ結合している。ヘモグロビン中の一つのヘムに酸素が結合すると、ヘモグロビン全体の構造がアロステリック効果によって変化し、他のポリペプチド鎖と結合している三つのヘムと酸素が結合しやすくなる。それとは逆に、ヘモグロビン中の四つのヘムのうち一つのヘムから酸素が離れると、他のポリペプチド鎖と結合している三つのヘムからも酸素が離れやすくなる。このようなヘモグロビンの性質は、肺から組織に酸素を運ぶ上で重要であり、四つのポリペプチド鎖が集まって四次構造をつくることで成り立っている。

問2. 下線部②に関して、次の図2は、アスパラギン酸の構造式を示したものである。点線で囲まれた部分の構造を、解答欄に記入しなさい。



問3. 下線部③に関して、一般に、複数の酵素が関係する一連の酵素反応系では、初期の酵素反応が最終生産物によって阻害されることがある。このような阻害を何と呼ぶか。最も適当な語句を、解答欄に記入しなさい。

問4. 下線部③のしくみに加えて下線部④のしくみがあることが、大腸菌のヌクレオチド代謝においてどのような生理的な意義があると考えられるか。「大腸菌細胞内の」という語句に続け、35字以内(句読点を含む)で述べなさい。

問5. 下線部⑤に関して、次の図3は、ヒトの血液中において、二酸化炭素濃度が40(相対値)または80(相対値)の時の酸素濃度と全ヘモグロビンに対する酸素と結合したヘモグロビンの割合の関係を示したものである。下の(i)および(ii)の問に答えなさい。

問1. 下線部①、下線部③、下線部④に関して、大腸菌のATCアーゼの触媒する酵素反応について調べるために、一定量の大腸菌のATCアーゼと一定量のN-カルバモイルリン酸を入れた反応液(これを反応液Aとする)を最適な条件で保ち、さまざまな濃度のアスパラギン酸を添加して反応の開始直後の反応速度(これを V_0 と表記する)を測定した【実験1】。次に、反応液Aにアロステリック効果を引き起こすのに十分な量のCTPを添加し、【実験1】と同様の実験【実験2】を行った。また、反応液Aにアロステリック効果を引き起こすのに十分な量のATPを添加し、【実験1】と同様の実験【実験3】を行った。これらの実験結果を下の図1のグラフに示した。【実験1】、【実験2】、【実験3】で観測される V_0 は、反応液中のアスパラギン酸の濃度によってそれぞれどのように変化するか。最も適当なグラフを下の図1の(ア)～(ウ)からそれぞれ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。なお、CTPまたはATPの添加の有無以外はすべて同じ条件で実験を行い、すべての反応液中にはN-カルバモイルリン酸は十分な濃度で存在しており、その濃度による V_0 に対する影響はないものとする。

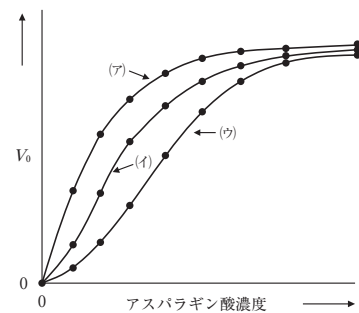


図1

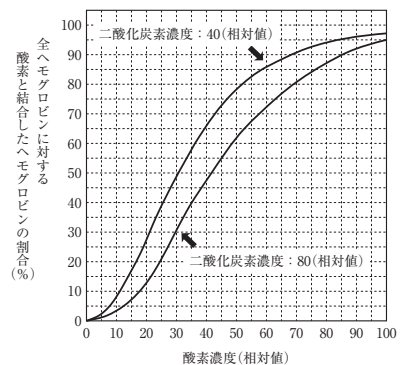


図3

(i) 図3に関して、二酸化炭素濃度が80(相対値)のグラフは二酸化炭素濃度が40(相対値)のグラフより右下方にずれる。このことからヘモグロビンの性質についてどのようなことがわかるか。「二酸化炭素濃度が高い」という語句に続け、25字以内(句読点を含む)で述べなさい。

(ii) 肺胞での酸素濃度が100(相対値)、二酸化炭素濃度が40(相対値)、組織での酸素濃度が35(相対値)、二酸化炭素濃度が80(相対値)の時、あるヒトの血液中のヘモグロビンの濃度は0.1 g/mL、心拍数は80回/分、心臓が1回収縮する時に左心室から送り出される血液の量は70 mLであった。この時、酸素と結合していないヘモグロビン1 g当たり体積に換算して1.4 mLの酸素と結合できるとすると、組織で1分間あたり放出される酸素の量はおよそ何 mL か。最も適当なものを次の(ア)～(イ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。ただし、ヘモグロビンの分子量は酸素の分子量に比べて著しく大きく、ヘモグロビンに結合した酸素の質量は無視できるものとする。

- (ア) 100 mL (イ) 150 mL (ウ) 200 mL (エ) 250 mL (オ) 300 mL
(カ) 350 mL (キ) 400 mL (ク) 450 mL (ケ) 500 mL (コ) 550 mL
(サ) 600 mL (シ) 650 mL (ス) 700 mL (セ) 750 mL (ソ) 800 mL

問6. 下線部⑥に関して、ヘムに含まれる金属イオンの名称として最も適当なものを次の(ア)～(カ)から選び、その記号を解答欄に書きなさい。

- (ア) カリウムイオン (イ) カルシウムイオン (ウ) ナトリウムイオン
(エ) 亜鉛イオン (オ) 鉄イオン (カ) 銅イオン

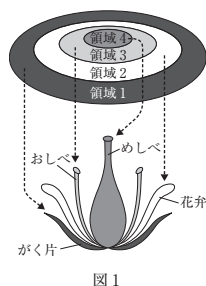
問7. 下線部⑦に関して、ヘムが1分子結合した単一のポリペプチド鎖からなる筋細胞中に存在するタンパク質の名称を一つ解答欄に書きなさい。

(問題は次ページに続きます)

〔Ⅱ〕 次の(A)および(B)に答えなさい。

(A) 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。

種子植物の芽生えは、光合成を行って有機物を合成することで、地上部では新たな葉や茎を、地下部では根を発達させ、成長していく。植物のこのような成長を栄養成長という。栄養成長している段階においては、茎頂分裂組織は葉と茎を作り出しているが、一定期間の後、多くの場合、茎頂分裂組織は役割を変え、葉の代わりに花器官を作るようになる。茎頂分裂組織の役割の変化、すなわち花芽の形成を誘導するのに重要な物質としてフロリゲンが知られている。花の構造は、外側から順にがく片、花弁、おしべ、めしべの4種類の花器官が図1に示すように、領域1、領域2、領域3、領域4の四つの同心円状の領域のそれぞれに配置されたものとみることができる。



シロイヌナズナにおいて、がく片がめしべになったり、花弁ががく片になったりするなど、野生型とは異なった花器官に転換した突然変異体が発見された。これらの変異体を用いた遺伝学的解析から、花の器官分化がA、B、Cの3種類のクラスの遺伝子の作用により制御されていると考えるABCモデルにしたがうことが明らかとなっている。

体の一部の器官が別の器官に転換するような突然変異体は、シロイヌナズナでABCモデルが提唱されるより以前に、昆虫などでも知られていた。ABCモデル

における各クラスの遺伝子は、ショウジョウバエにおけるHox^{キタス}遺伝子と同様に、遺伝子の発現を促進したり抑制したりするはたらきをもつ遺伝子である。

問1. 下線部①に関して、次の(i)および(ii)の間に答えなさい。

- (i) 秋まきコムギは、秋にまくと次の年の初夏に結実するが、これを春にまくと成長はするが年内には花をつけない。しかし、春に種子を発芽させた後で、低温処理をすれば、年内に開花結実ようになる。このように、植物を発芽させた後、人工的に低温を経験させることで花芽形成を促進する方法を何と呼ぶか。解答欄に漢字で記入しなさい。
- (ii) 花芽を形成するのに日長の変化が重要な役割を果たす植物がある。連続した暗期の長さが一定の時間以上になると花芽を形成する植物を何と呼ぶか。また、このように生物が日長に反応する性質を何と呼ぶか。それぞれ解答欄に記入しなさい。

問2. 下線部②に関して、次の(i)～(iii)の間に答えなさい。

- (i) シロイヌナズナにおいてフロリゲンとして機能するタンパク質の名称を解答欄に記入しなさい。
- (ii) フロリゲンが合成される部位として最も適当なものを、次の(ア)～(オ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。
- (ア) 茎頂分裂組織 (イ) 茎 (ウ) 葉 (エ) 根 (オ) 側芽
- (iii) フロリゲンについての説明として、最も適当なものを次の(ア)～(エ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。
- (ア) フロリゲンは導管を通して移動する。
(イ) フロリゲンは篩管を通して移動する。
(ウ) フロリゲンは細胞膜上の輸送タンパク質のはたらきにより極性移動する。
(エ) フロリゲン自体は移動せず、実際に移動するのは、そのmRNAである。

問3. 下線部③に関して、茎頂分裂組織が役割を変え、めしべを分化させた後、最終的に茎頂分裂組織はどうか。15字以内(句読点を含む)で述べなさい。

問4. 下線部④に関して、次の(i)および(ii)の間に答えなさい。

- (i) A, B, Cの3種類のクラスの遺伝子のうち、野生型のシロイヌナズナにおいて、図1の領域1～領域4のそれぞれではたらいっている遺伝子はどれか。解答欄のA, B, Cのアルファベットのうち該当するものをすべて○印で囲みなさい。
- (ii) シロイヌナズナにおいてAクラスの遺伝子が欠損した変異体とCクラスの遺伝子が欠損した変異体では、領域1～領域4には、それぞれどのような器官が形成されるか。次の(ア)～(カ)から最も適当なものをそれぞれ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。また、この時のAクラスの遺伝子とCクラスの遺伝子の関係について、15字以内(句読点を含む)で述べなさい。

	領域1	領域2	領域3	領域4
(ア)	がく片	花弁	おしべ	めしべ
(イ)	がく片	花弁	花弁	がく片
(ウ)	がく片	がく片	めしべ	めしべ
(エ)	めしべ	おしべ	おしべ	めしべ
(オ)	めしべ	めしべ	おしべ	おしべ
(カ)	めしべ	がく片	がく片	めしべ

問5. 下線部⑤のような、動植物にみられる突然変異体の総称を何と呼ぶか。解答欄に記入しなさい。

【実験3】遺伝子組換え操作により、培養細胞Cのタンパク質A合成能を欠損させた変異細胞株C(A⁻)では、タンパク質Eの発現量は変化しなかったが、タンパク質Bはリン酸化されなかった。

【実験4】遺伝子組換え操作により、培養細胞Cのタンパク質Aとタンパク質Eの合成能を共に欠損させた変異細胞株C(A⁻/E⁻)を作成した。この培養細胞C(A⁻/E⁻)にタンパク質A、タンパク質E1およびタンパク質E2をそれぞれ様々な組み合わせで発現させ、タンパク質Bをリン酸化する酵素活性を評価した。

【実験1】、【実験3】および【実験4】の結果を次の表1にまとめた。

表1

	【実験1】	【実験3】	【実験4】									
タンパク質A	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+
タンパク質E	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
タンパク質E1	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+
タンパク質E2	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
タンパク質Bのリン酸化	○	×	×	×	×	○	×	○	×	×	○	○

(-)は発現しなかったことを、(+)は発現したことを示す。また、(×)はタンパク質Bがリン酸化されなかったことを、(○)はタンパク質Bがリン酸化されたことを示す。

続いて、タンパク質Aとタンパク質Eの結合について調べるために、次の【実験5】と【実験6】を順に行った。

【実験5】遺伝子組換え操作により、培養細胞Cのタンパク質E合成能を欠損させ、代わりにタンパク質E1を発現させた変異細胞株C(E⁻/E1⁺)、あるいは代わりにタンパク質E2を発現させた変異細胞株C(E⁻/E2⁺)を作成した。培養細胞C(E⁻/E1⁺)あるいは培養細胞C(E⁻/E2⁺)内で、タ

(B) 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。

タンパク質は構成するアミノ酸配列に基づいて立体構造をつくり、その立体構造に応じて特有の機能を持つ。ポリペプチド鎖の一部が独立して機能を持つことがあり、ドメインと呼ばれる。多くのタンパク質は複数のドメインから成り立ち、それぞれが機能を有する。例えば、^①インスリン受容体は細胞膜を貫通するタンパク質であり、細胞膜の外側にはインスリンと結合するドメインがあり、一方、細胞膜の内側にはタンパク質をリン酸化する酵素としてはたらくドメインがある。インスリンがインスリン結合ドメインに結合すると、インスリン受容体全体の立体構造が変化し、細胞内で化学反応を引き起こす。このような、タンパク質のドメインが有する機能を調べるために以下の【実験1】～【実験4】を順に行った。

【実験1】ある培養細胞Cの細胞質には、タンパク質A、タンパク質Bおよびタンパク質Eがある。これら3つのタンパク質の機能を調べた結果、^②培養細胞Cの細胞質で、タンパク質Aはタンパク質Eと結合して複合体を形成し、この複合体がタンパク質Bをリン酸化することがわかった。

【実験2】タンパク質Eのアミノ酸配列や立体構造を調べたところ、タンパク質Eがリン酸化酵素であることが推定され、次の図1に示す通り、酵素活性に関わると考えられるE1ドメインとE2ドメイン、およびそれらをつなぐ短い配列からなる1本のポリペプチド鎖であることがわかった。そこで、E1ドメインあるいはE2ドメインのみからなるポリペプチド鎖を、それぞれタンパク質E1あるいはタンパク質E2とした。

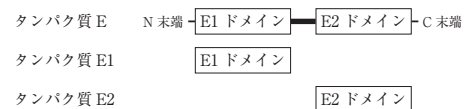


図1

ンパク質E1とタンパク質E2はそれぞれ単独でタンパク質EのE1ドメインあるいはE2ドメインと同一の立体構造を形成していた。培養細胞C(E⁻/E1⁺)内でタンパク質Aはタンパク質E1と結合していたが、培養細胞C(E⁻/E2⁺)内でタンパク質Aはタンパク質E2と結合していなかった。

【実験6】遺伝子組換え操作により培養細胞Cのタンパク質Aとタンパク質Eの合成能を共に欠損させ、さらにタンパク質E1とタンパク質E2をそれぞれ別々のポリペプチド鎖として発現させた変異細胞株C(A⁻/E⁻/E1⁺/E2⁺)を作成した。培養細胞C(A⁻/E⁻/E1⁺/E2⁺)の細胞質でタンパク質E1とタンパク質E2が結合して複合体を形成していることを確認した後に、タンパク質Aを培養細胞C(A⁻/E⁻/E1⁺/E2⁺)の細胞質に注入したところ、タンパク質Aはタンパク質E1と結合し、タンパク質E2はタンパク質E1とタンパク質E2の複合体から遊離した。

問1. 下線部①に関して、ヒトのインスリンの機能について説明した次の文を読み、下の(i)～(iii)の間に答えなさい。

インスリンは、細胞内へのグルコースの取り込みを ⁽¹⁾ し、かつその消費を ⁽²⁾ するとともに、筋肉や肝臓でグリコーゲンの合成を ⁽³⁾ する。対照的なのはたらきをするホルモンとして、すい臓のランゲルハンス島A細胞から分泌される ⁽⁴⁾ と、副腎髄質から分泌される ⁽⁵⁾ や副腎皮質から分泌される糖質コルチコイドがある。糖質コルチコイドは ⁽⁶⁾ で、⁽⁷⁾ にある受容体に結合する。糖質コルチコイドと結合した受容体は ⁽⁸⁾ 内に移行する。

- (i) 上の文の に入れるのに最も適当な語句の組み合わせを、次の (ア)～(ク)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

	(1)	(2)	(3)
(ア)	抑制	抑制	抑制
(イ)	抑制	抑制	促進
(ウ)	抑制	促進	抑制
(エ)	抑制	促進	促進
(オ)	促進	抑制	抑制
(カ)	促進	抑制	促進
(キ)	促進	促進	抑制
(ク)	促進	促進	促進

- (ii) 上の文の () に入れるのに最も適当な語句を、解答欄に記入しなさい。

- (iii) 上の文の { } に入れるのに最も適当な語句の組み合わせを、次の (ア)～(ク)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

	{ (6) }	{ (7) }	{ (8) }
(ア)	脂溶性	細胞膜	小胞体
(イ)	脂溶性	細胞膜	核
(ウ)	脂溶性	細胞質	小胞体
(エ)	脂溶性	細胞質	核
(オ)	水溶性	細胞膜	小胞体
(カ)	水溶性	細胞膜	核
(キ)	水溶性	細胞質	小胞体
(ク)	水溶性	細胞質	核

問 4. 下線部②に関連して、培養細胞 C の細胞質にタンパク質 A を大量に注入したところ、タンパク質 A とタンパク質 E が結合してできた複合体の分子数が増加した。この実験結果を考察し、タンパク質 A を注入する前の培養細胞 C の細胞質におけるタンパク質の分子数の記述として最も適当なものを、次の (ア)～(ウ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。ただし、1 分子のタンパク質 A と 1 分子のタンパク質 E が結合して複合体を形成し、タンパク質 A を培養細胞 C の細胞質に注入した後に、タンパク質 E は新たに合成されなかったものとする。

- (ア) タンパク質 A の分子数は、タンパク質 E の分子数より多かった。
 (イ) タンパク質 A の分子数は、タンパク質 E の分子数と同じだった。
 (ウ) タンパク質 A の分子数は、タンパク質 E の分子数より少なかった。

問 2. 【実験 1】～【実験 6】の結果を考察し、タンパク質 E がタンパク質 B をリン酸化するしくみについて述べた次の文の に入れるのに最も適当な語句を、下の (ア)～(オ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。ただし、同じ記号を複数回用いても良い。

培養細胞 C(A⁻)では、 (9) ドメインが、タンパク質 (10) のリン酸化を触媒する (11) ドメインに結合し、その酵素活性を抑制している。一方、培養細胞 C では、タンパク質 (12) が、 (13) ドメインに結合して、 (14) ドメインに対する抑制作用を解除した結果、タンパク質 B がリン酸化される。

- (ア) A (イ) B (ウ) E (エ) E1 (オ) E2

問 3. 【実験 6】に関連して、培養細胞 C(A⁻/E⁻/E1⁺/E2⁺)の培養液中にタンパク質 A を添加したが、培養細胞 C(A⁻/E⁻/E1⁺/E2⁺)の細胞質でタンパク質 E2 はタンパク質 E1 とタンパク質 E2 の複合体から遊離しなかった。この現象の解釈として最も適当なものを、次の (ア)～(エ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) タンパク質 A は培養液中で培養細胞 C(A⁻/E⁻/E1⁺/E2⁺)の細胞質から分泌されたタンパク質 E と結合したから。
 (イ) タンパク質 A は培養細胞 C(A⁻/E⁻/E1⁺/E2⁺)の細胞質で豊富に発現していたから。
 (ウ) タンパク質 A は輸送体を介して培養細胞 C(A⁻/E⁻/E1⁺/E2⁺)の細胞質に移行し、タンパク質 E1 と結合したから。
 (エ) タンパク質 A は培養細胞 C(A⁻/E⁻/E1⁺/E2⁺)の細胞膜を透過できなかったから。

(問題は次ページに続きます)

〔Ⅲ〕 次の (A) および (B) に答えなさい。

(A) 次の文章を読み、下の問 1～6 に答えなさい。

生物には、細胞内で無機物から有機物を合成してそれを利用する独立栄養生物と、環境中の有機物を取り入れて利用する従属栄養生物がいる。^①酸素が存在する環境で有機物としてグルコースを利用する場合、解糖系では 1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じる。この過程で、^② (1) 分子の ATP が使われるとともに、(2) 分子の ATP が新たに作られるため、差し引き (3) 分子の ATP が合成される。また、この時 (4) 分子の NADH が合成される。その後、クエン酸回路では 2 分子のピルビン酸から 2 分子の ATP と 8 分子の NADH、2 分子の FADH₂ が合成される。^③生じた NADH や FADH₂ は電子伝達系において ATP 合成に利用される。このような呼吸による有機物の分解では、利用する呼吸基質によって得られる ATP の分子数が異なる。一方、微生物の中には酸素が存在しない環境において有機物を分解し、その過程で ATP を合成するはたらきをもつものもある。このようなはたらきを発酵と呼ぶ。

近年では、遺伝子組換え技術を活用し、ある微生物に異なる微生物に由来する遺伝子を発現させることで、その微生物が本来作らない化合物を生産させることができるようになった。例えば、酸素が存在しない環境においてピルビン酸から乳酸のみを生産する微生物に、^④複数の遺伝子を導入することで、ピルビン酸から乳酸に加え 2,3-ブタンジオールも作らせることができる。さらに、こうして作成した遺伝子組換え微生物の^⑤乳酸を生産するための遺伝子を欠損させることで、乳酸の生産量を減らし 2,3-ブタンジオールの生産量を増やすことができる。

問 1. 下線部①に関して、緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌は光合成をするが、これらの細菌が利用する光合成色素の名称を解答欄に記入しなさい。

問 4. 下線部③に関して、大腸菌はキシロース (C₅H₁₀O₅) という炭素 5 個の化合物 (C₅) を図 1 の反応系でピルビン酸へと分解する。この時、下の (i) および (ii) の間に答えなさい。ただし、電子伝達系では、1 分子の NADH からは 3 分子の ATP、1 分子の FADH₂ からは 2 分子の ATP が合成されるものとする。

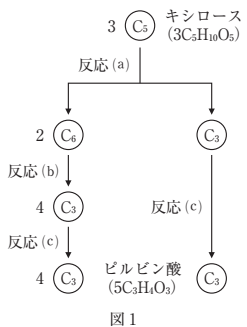


図 1

(i) 上の図 1 の反応 (a)～反応 (c) を説明した次の文章を読み、3 分子のキシロースが 5 分子のピルビン酸に分解された時に合成される、NADH の分子数と差し引きの ATP の分子数を計算して、その数値を解答欄に記入しなさい。

反応 (a) : キシロース 3 分子当たり、2 分子の炭素 6 個の化合物 (C₆) と 1 分子の炭素 3 個の化合物 (C₃) が生じる。この反応では、ATP や NADH の生成や消費はない。

反応 (b) : C₆ 1 分子当たり、1 分子の ATP が使われ、1 分子の ADP が生じる。この反応では、NADH の生成や消費はない。

反応 (c) : C₃ 1 分子当たり、2 分子の ADP から 2 分子の ATP が生じる。また、この時 1 分子の NAD⁺ から 1 分子の NADH が生じる。

(ii) キシロース 3 分子の分解によって生じたピルビン酸がクエン酸回路と電子伝達系で CO₂ と H₂O へと完全に分解された時、得られる差し引きの ATP の分子数を計算して、その数値を解答欄に記入しなさい。

問 2. 上の文章中の [] に入れるのに最も適当な数字の組み合わせを、次の (ア)～(オ) から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

	(1)	(2)	(3)	(4)
(ア)	1	2	1	1
(イ)	1	2	1	2
(ウ)	2	4	2	1
(エ)	2	4	2	2
(オ)	2	4	2	4

問 3. 下線部②に関して、次の (i) および (ii) の間に答えなさい。

(i) NAD⁺ は (5) アデニンヌクレオチドの略であるが、(5) に入る語句を、カタカナで解答欄に記入しなさい。

(ii) 次の文 (ア)～(オ) のうち不適当なものをすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) NAD⁺ は補酵素の一種である。
- (イ) NADH は、他の電子運搬体に電子を渡して酸化し、自身は還元されて NAD⁺ にもどる。
- (ウ) NADH や FADH₂ から放出された電子や水素イオンは、複数のタンパク質複合体の間を受け渡しされ、最終的に酸素へと渡され、H₂O を生じる。
- (エ) NADH や FADH₂ を利用して ATP を合成する反応を基質レベルのリン酸化と呼ぶ。
- (オ) 呼吸によって取り出されたエネルギーは ATP の合成に使われたり、熱として放出されたりする。

問 5. 下線部④に関して、次の (i) および (ii) の間に答えなさい。

(i) 作成した遺伝子組換え微生物においては、導入した複数の遺伝子からつくられるそれぞれの酵素のはたらきによって、ピルビン酸が段階的に 2,3-ブタンジオールへと変換される。この時、次の (ア)～(オ) の化学反応のうち、どの化学反応を触媒する酵素の遺伝子を発現させるとよいか。必要なものをすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。ただし、宿主とする微生物は次の (ア)～(オ) の化学反応を触媒する酵素の遺伝子、および 2,3-ブタンジオールを生成する酵素の遺伝子を一切持たないものとする。

- (ア) C₅H₈O₄ (アセト乳酸) → C₄H₈O₂ (アセトイン) + CO₂
- (イ) C₄H₈O₂ (アセトイン) + NAD⁺ → C₄H₈O₂ (ジアセチル) + NADH + H⁺
- (ウ) 2C₃H₄O₃ (ピルビン酸) → C₅H₈O₄ (アセト乳酸) + CO₂
- (エ) C₄H₈O₂ (アセトイン) + NADH + H⁺ → C₄H₈O₂ (2,3-ブタンジオール) + NAD⁺
- (オ) C₃H₄O₃ (ピルビン酸) → C₂H₄O (アセトアルデヒド) + CO₂

(ii) 作成した遺伝子組換え微生物をグルコースを含む培地に入れて培養したところ、ある時間において培地に加えたグルコース 100 分子当たり 90 分子のグルコースが使われるとともに、70 分子の CO₂ が生じた。この時生じた乳酸と 2,3-ブタンジオールの分子数を計算して、その数値を解答欄に記入しなさい。ただし、乳酸や 2,3-ブタンジオールの生産に関わるすべての酵素は正常に機能したものとし、消費されたグルコースのすべてが、乳酸または 2,3-ブタンジオールをつくるために使われたものとする。

問 6. 下線部⑤に関して、微生物の遺伝子を欠損させる手法の一つとして CRISPR-Cas9 系を用いたゲノム編集技術があるが、この手法を開発したノーベル化学賞受賞者 2 名のうち 1 名の名前(姓)をカタカナで解答欄に記入しなさい。

(B) 次の文章を読み、下の問1～6に答えなさい。

有性生殖を行う生物では、性の異なる二つの個体が、それぞれ減数分裂によって生殖のための特別な細胞である配偶子をつくる。一般に配偶子^①どうしが合体することを (1) と呼び、卵と精子の (1) を特に受精と呼ぶ。

多くの有性生殖を行う生物では、配偶子のもとになる母細胞の核相は複相(2*n*)であり、配偶子の核相は単相(*n*)である。減数分裂では、一つの母細胞から、第一分裂と第二分裂と呼ばれる連続する2回の分裂によって、単相の核相を持つ四つの娘細胞が生じる。まず、母細胞の核内の染色体は、細胞周期の間期に複製される。引き続き減数分裂が始まると、二価染色体^②が形成される。この時、二価染色体^③を構成する相同染色体の間で乗換えという現象が起こり、新しい遺伝子の連鎖が生じる場合がある。

一方、無性生殖^④を行う生物では、配偶子をつくらず親の体の一部から新しい個体が生じる。自然界には、有性生殖と無性生殖の両方を行う生物^⑤も存在する。例えばプラナリアは、通常環境において、無性生殖によって新たな個体を生じるが、環境が変化すると体内に卵と精子がつくれ、有性生殖によって新たな個体を生じるものもある。

問1. 下線部①に関して、マウスの精巣から取り出した生殖細胞を分離し、個々の細胞に含まれるDNA量を測定し、その相対量を横軸として細胞数の分布を模式的に表したものを、次の図1に示した。精細胞および二次精母細胞は、主に図1中のピーク1～ピーク3の細胞集団のどこに含まれているか。最も適当なピークの組み合わせを下の(ア)～(ケ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

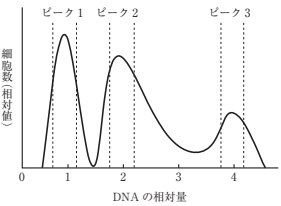


図1

	精細胞	二次精母細胞
(ア)	ピーク1	ピーク1
(イ)	ピーク1	ピーク2
(ウ)	ピーク1	ピーク3
(エ)	ピーク2	ピーク1
(オ)	ピーク2	ピーク2
(カ)	ピーク2	ピーク3
(キ)	ピーク3	ピーク1
(ク)	ピーク3	ピーク2
(ケ)	ピーク3	ピーク3

問2. 上の文章中の (1) に入れるのに最も適当な語句を、解答欄に記入しなさい。

問3. 下線部②に関して、次の文の () に入れるのに最も適当な語句を解答欄に記入しなさい。

第一分裂の前期に、複製された相同染色体どうしが平行に並び、接着する。これを (2) と呼び、この状態の染色体を二価染色体という。相同染色体の間には (3) と呼ばれる交差した部位ができ、この部位で乗換えが起こる。

問4. 下線部③に関して、ある植物の花の色と花粉の形について乗換えの影響を調べるために、次の【実験1】～【実験3】を順に行った。【実験1】～【実験3】に関して、下の問(i)および(ii)に答えなさい。

【実験1】この植物には、花色に関わる対立遺伝子*A*(紫色)と*a*(青色)があり、花粉の形に関わる対立遺伝子*B*(だ円形)と*b*(丸形)がある。紫花・だ円花粉の系統(遺伝子型*AABB*)と青花・丸花粉の系統(遺伝子型*aabb*)を交配したところ、雑種第一代(*F*₁)はすべて紫花・だ円花粉となった。

【実験2】*F*₁を自家受粉させると、雑種第二代(*F*₂)における紫花・だ円花粉、紫花・丸花粉、青花・だ円花粉、青花・丸花粉の個体数は、それぞれ1530、105、110、385となった。

【実験3】*F*₁に青花・丸花粉を検定交雑し、次代の表現型を調べたところ、紫花・だ円花粉、紫花・丸花粉、青花・だ円花粉、青花・丸花粉の個体数は、それぞれ1205、150、152、1198となった。

(i) 【実験3】の検定交雑の結果から、*F*₁配偶子の遺伝子型の比を求めたところ、*AB* : *Ab* : *aB* : *ab* = { (4) } : 1 : { (5) } : { (6) } という結果が得られた。{ } に入れるのに最も適当な値を、整数で解答欄に記入しなさい。また、*F*₁を自家受粉させた時の*F*₂の表現型の理論的な分離比を求め、その数値を解答欄に記入しなさい。

(ii) 【実験2】および【実験3】の結果から、配偶子形成において乗換えが起こり、花色と花粉の形に関する遺伝子座の間で組換えが起こったと考えられる。二つの遺伝子座の間で生じた組換え価が何%かを計算し、小数点以下第一位を四捨五入し整数で解答欄に記入しなさい。

問5. 下線部④に関して、ゾウリムシ、ヒドラおよびジャガイモの無性生殖の様式の組み合わせとして最も適当なものを次の(ア)～(カ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

	ゾウリムシ	ヒドラ	ジャガイモ
(ア)	栄養生殖	出芽	分裂
(イ)	栄養生殖	分裂	出芽
(ウ)	分裂	栄養生殖	出芽
(エ)	分裂	出芽	栄養生殖
(オ)	出芽	分裂	栄養生殖
(カ)	出芽	栄養生殖	分裂

問6. 下線部⑤のような生物は、通常は無性生殖により速やかに個体を増やす。一方環境が悪化した時に行う有性生殖の利点を、「遺伝的に」という語句に続けて、かつ「適応」という語句を用い、40字以内(句読点を含む)で述べなさい。
(以上)

2026年度入学試験問題

生 物

注 意 事 項

- I 試験開始の指示があるまで問題用紙を開いてはいけません。
- II 解答用紙はすべて黒鉛筆(HB)〈シャープペンシルは、HB 0.5mm以上の芯であれば使用可〉で記入することになっています。
(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
- III 解答用紙右端の出席票に印刷されている受験番号を確認してください。間違いがなければ氏名欄に署名し、切取線から切り離してください。
- IV 問題は25ページで大問3問です。
- V 試験時間および解答方法については、問題冊子裏面を確認してください。
- VI 解答用紙は両面になっています。

マーク記入上の注意

1. 解答欄にマークするときは、HBの黒鉛筆で次の正しい例のように、濃く正確にぬりつぶしてください。

2. マークのしかた

(ア) 正しい例

a 解答が1つの場合、例えばイと解答するときは
(1)

○	●	○	○	○
---	---	---	---	---

のように、マークしてください。

b 解答が2つの場合、例えばイとウと解答するときは
(1)

○	●	○	○	○
○	○	●	○	○

または (1)

○	○	○	○	○
○	○	○	○	○

のように各1つずつマークしてください。

(イ) 悪い例

(1)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 ○印でかこむ。
(2)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 全部をぬりつぶしていない。
(3)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 レ印をつける。
(4)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 1印をつける。
(5)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

 1欄に2つ以上マークする。

このような記入をしてはいけません。

3. 一度記入したマークを訂正する場合は、消しゴムで完全に消してから記入しなおしてください。
(1)

○	○	○	○	○
---	---	---	---	---

のように×印をしても消したことはありません。

4. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、また汚したりしないでください。

〔I〕 次の(A)および(B)に答えなさい。

(A) 次の文章を読み、下の問1～6に答えなさい。

脊椎動物の体液は、血液・組織液・リンパ液に分けられる。血液は、液体成分である血しょうと有形成分である赤血球・白血球・血小板とからなる。血しょうの主成分は水であり、その他にタンパク質や無機塩類、グルコースなどが含まれている。ヒトの場合、血液の有形成分は (1) という組織中の造血幹細胞が分裂し、分化してできる。ヒトの血液は血管内を流れて体内を循環し、循環した血液は大静脈を経て (2) に入り、その後 (3) を経て肺へ送り出される。肺に送られた血液は、(4) に入り、その後 (5) から全身へと送られる。血液は物質や熱などを運搬するとともに、細胞で生じた老廃物を腎臓へ運ぶ役割を果たし、体内環境を一定に保っている。

腎臓は体内の水分量の調整や、血液中の老廃物を尿として排出する役割をもつ。例えば、水を飲み、体液の塩類濃度が { (6) } になると、バソプレシンの分泌が { (7) } され、水の再吸収が { (8) } し、尿量が増加する。ヒトの腎臓は腰ついの両側に1対あり、腎臓1個は、約100万個のネフロンと呼ばれる基本構造から構成される。ネフロンは、腎小体とこれに続く細尿管からなり、腎小体は糸球体とボーマンのうから構成される。糸球体からボーマンのうにこし出された原尿は細尿管に入り、原尿中の有用な成分は細尿管を取り巻く毛細血管中に再吸収され、原尿中に含まれていた水分の多くが集合管で再吸収される。再吸収後の残りが尿となり、腎う、輸尿管、ぼうこうを経て体外に排出される。

腎臓のはたらきを調べるために、健康なヒトの血液中にイヌリンを投与し、血しょう、原尿および尿に含まれるいくつかの成分とイヌリンの濃度を測定すると、表1の結果が得られた。イヌリンは多糖類の一種で、動物の体内には存在しない物質である。また、投与されたイヌリンは血液中から原尿中にろ過され、ほとんど再吸収されることなく尿中に排出される。ある物質について、血しょう中の濃度に対する尿中の濃度を濃縮率とする時、イヌリンの濃縮率は表1から120倍と算出された。

表1

成分	血しょう(%)	原尿(%)	尿(%)
タンパク質	7.0	0.0	0.0
グルコース	0.10	0.10	0.0
Na ⁺	0.32	0.32	0.35
K ⁺	0.020	0.020	0.15
クレアチニン	0.0010	0.0010	0.075
イヌリン	0.010	0.010	1.20

表中の数値は質量%濃度を示す。

問1. 上の文章中の (1) に入れるのに最も適当な語句を、解答欄に記入しなさい。

問2. 上の文章中の () に入れるのに最も適当な語句を、次の(ア)～(エ)からそれぞれ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

(ア) 左心房 (イ) 左心室 (ウ) 右心房 (エ) 右心室

問3. 上の文章中の { } に入れるのに最も適当な語句の組み合わせを、次の(ア)～(ク)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

	{ (6) }	{ (7) }	{ (8) }
(ア)	上昇	促進	促進
(イ)	上昇	促進	抑制
(ウ)	上昇	抑制	促進
(エ)	上昇	抑制	抑制
(オ)	低下	促進	促進
(カ)	低下	促進	抑制
(キ)	低下	抑制	促進
(ク)	低下	抑制	抑制

問4. 下線部①に関して、血液と血管に関する次の(i)および(ii)の間に答えなさい。

- (i) ヒトの肺動脈、肺静脈とそれらの中を流れる血液の最も適当な組み合わせを、次の(ア)～(エ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

	肺動脈	肺静脈
(ア)	動脈血	静脈血
(イ)	動脈血	動脈血
(ウ)	静脈血	動脈血
(エ)	静脈血	静脈血

- (ii) 血管が傷を受けて出血した際の止血の仕組みについて説明した次の文を読み、文の〔 (9) 〕に入れるのに最も適当なイオンを、下の(ア)～(キ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。また、文の〈 (10) 〉に入れるのに最も適当な語句を解答欄に記入しなさい。

血管が傷つくと、その部分に血小板が集まって、ある程度傷口をふさぐ。さらに血小板から放出される血液凝固因子と、〔 (9) 〕のはたらきにより、〈 (10) 〉というタンパク質分解酵素が生成する。〈 (10) 〉がフィブリノーゲンというタンパク質に作用し、その一部を取り去ってフィブリノーゲンをフィブリンに変える。フィブリンが集まって血球をからめとり〈 (11) 〉という塊をつくり、これが傷口をふさぐ。採取した新鮮な血液をしばらく静置すると、〈 (11) 〉が沈殿し、血液は血清と〈 (11) 〉に分離する。

- (ア) Na^+ (イ) Fe^{2+} (ウ) K^+ (エ) Cu^{2+}
(オ) Ca^{2+} (カ) Zn^{2+} (キ) Cl^-

	【 (12) 】	【 (13) 】	【 (14) 】
(ア)	したがって	したがって	したがって
(イ)	したがって	したがって	逆らって
(ウ)	したがって	逆らって	したがって
(エ)	したがって	逆らって	逆らって
(オ)	逆らって	したがって	したがって
(カ)	逆らって	したがって	逆らって
(キ)	逆らって	逆らって	したがって
(ク)	逆らって	逆らって	逆らって

問6. 表1に関して、次の(i)および(ii)の間に答えなさい。

- (i) ある1日に生成する尿量が1.5Lのとき、その1日間に腎臓で再吸収されたクレアチニンは、血しょうから原尿中にこしだされたクレアチニンのおよそ何%か。最も適当なものを次の(ア)～(サ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。ただし、この1日間に血しょう、原尿、尿に含まれるクレアチニン濃度は表1の数値で一定であったものとし、血しょう、原尿および尿の1mLあたりの質量は1gとする。

- (ア) 0% (イ) 10% (ウ) 20% (エ) 30% (オ) 40%
(カ) 50% (キ) 60% (ク) 70% (ケ) 80% (コ) 90%
(サ) 100%

問5. 下線部②に関して、ヒト細尿管でのグルコース再吸収は、小腸上皮細胞でのグルコース吸収と同様の仕組みで行われる。図1は細尿管の管腔を構成する細胞と細胞に発現するタンパク質を模式的に示したものである。図1中のタンパク質A～タンパク質Cはいずれも細胞膜に存在し、物質移動に関与する。細尿管で原尿中のグルコースを吸収する過程において、タンパク質A～タンパク質Cが果たす役割を説明した下の文を読み、【 (12) 】に入れるのに最も適当な語句の組み合わせを、下の(ア)～(ク)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

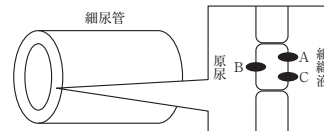


図1

細尿管を形成する細胞の組織液側細胞膜に存在するタンパク質Aがはたらき、濃度勾配に【 (12) 】、細胞内の Na^+ を組織液側に輸送する。細尿管を形成する細胞の原尿側細胞膜に存在するタンパク質Bは、原尿中の Na^+ を細胞内に取り込むとともに、濃度勾配に【 (13) 】、原尿中のグルコースを細胞内に輸送する。原尿中から細胞内に取り込まれたグルコースは、組織液側の細胞膜に存在するタンパク質Cを介して、濃度勾配に【 (14) 】、組織液側に輸送される。

- (ii) インスリンのクリアランス(清掃率)C(mL/分)とは、インスリンが1分間にどれだけの量の血しょうから取り出されたかを示す値で、1分間の尿排出量をV(mL/分)とし、尿中濃度をU(mg/mL)、血しょう中濃度をP(mg/mL)とすると $C = V \times U \div P$ で求めることができる。表1の結果を得た検査において、腎うに集まってくる尿を全て採取したところ、5分間で採取された尿量は5.2mLであった。この場合のインスリンのクリアランスを求め、小数点以下第一位を四捨五入して整数値で解答欄に記入しなさい。ただし、尿を採取した5分間において、血しょう、原尿および尿に含まれるインスリンの濃度は一定であったものとする。

(B) 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。

単細胞藻類、コケ、シダなどの雄性配偶子は、^①鞭毛により自由に運動をする。鞭毛の内部には、(1) というタンパク質からなる微小管の束が伸びていて、その間に存在するモータータンパク質のはたらきで鞭毛運動が起る。^②

植物が、外界からの環境情報に応じて成長の方向を変える性質を屈性と呼ぶ。屈性は、成長運動により引き起こされる。成長運動は、植物細胞の成長が、一つの組織の中で不均等に生じることにより起こる。茎の光屈性では茎頂部が光刺激を感受し、^③根の重力屈性では根冠部が重力刺激を感受している。

植物体の運動が外界からの刺激の方向性とは無関係に起こる性質を、(2) という。(2) を引き起こす機構には、成長運動に加えて膨圧運動がある。オジギソウの葉の開閉や、ハエジゴクの捕虫葉の運動は、接触刺激が伝えられた細胞で膨圧^④の変化が生じることにより引き起こされる。

植物細胞には、細胞内の物質拡散を助けるために、細胞質流動(原形質流動)と呼ばれる仕組みが備わっている。細胞質流動は、モータータンパク質である(3) が、細胞小器官に結合し、細胞骨格である(4) に沿って細胞小器官を移動させることによって起こる。

問1. 上の文章中の に入れるのに最も適当な語句を、解答欄に記入しなさい。

問2. 下線部①について、ミドリムシが明るい場所へと遊泳するように、生物が光の発生源の方向に向かって移動する性質を何と呼ぶか。最も適当な語句を解答欄に記入しなさい。

問3. 下線部②に関して、微小管には極性があり、伸長と短縮が活発なプラス端と比較的安定しているマイナス端がある。次の(i)および(ii)の間に答えなさい。

- (i) 鞭毛運動に関わるモータータンパク質は微小管上をマイナス端方向に移動するタンパク質である。このタンパク質の名称を解答欄に記入しなさい。
- (ii) (i)のタンパク質とは逆に、微小管上をプラス端方向に移動するモータータンパク質の名称を解答欄に記入しなさい。

問4. 下線部③に関して、根の重力屈性のしくみについて説明した次の文の に入れるのに最も適当な語句を、下の(ア)～(ケ)からそれぞれ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

根を水平に置くと、根冠の (5) 細胞に含まれる (6) が重力方向に沈降する。その結果、(5) 細胞内で (7) となった細胞膜に (8) タンパク質が再配置され、オーキシンが下側へより多く輸送される。これにより、根の下側の細胞の成長が (9) されて、(10) の重力屈性が起こる。

- (ア) 分裂 (イ) 表皮 (ウ) コルメラ (エ) シュワン (オ) 垂直
(カ) 上側 (キ) 下側 (ク) ゴルジ体 (ケ) 小胞体 (コ) 核
(サ) アミロプラスト (シ) AUX (ス) IAA (セ) BMP
(ツ) PIN (タ) 促進 (チ) 抑制 (ツ) 正 (テ) 負

問5. 下線部④に関して、次の(i)および(ii)の間に答えなさい。

- (i) 主に葉の裏側の表皮細胞が分化して生じた、膨圧運動により形を変化させる細胞の名称を解答欄に記入しなさい。
- (ii) 植物細胞を低張液に浸した時に膨圧が発生するしくみについて、50字以内(句読点を含む)で述べなさい。ただし、「水」、「体積」、「プロトプラスト」、「細胞壁」の語句をすべて用いなさい。なお、プロトプラストとは、植物細胞の細胞壁以外の部分、すなわち細胞壁より内側の細胞膜とそれに包まれた部分を示す用語である。

〔Ⅱ〕 次の(A)および(B)に答えなさい。

(A) 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。

生物はグルコースのような炭水化物以外にも、脂肪やタンパク質といった様々な有機物を分解してエネルギーを得ることができる。脂肪が呼吸基質となる場合、1分子の脂肪が加水分解されることで、1分子のグリセリンと3分子の脂肪酸になる。グリセリンは炭素が3個の化合物である。また、加水分解されて生じた脂肪酸の中でも偶数個の炭素を持つ脂肪酸は、一連の代謝により炭素2個を含む部分が切り取られ、これがコエンザイムAと結合してアセチルCoAとなる。これがくり返されて、脂肪酸中のすべての炭素はアセチルCoAの生成に使われる。この過程は、(1) と呼ばれる代謝経路で行われる。アセチルCoAは、^①クエン酸回路に入り、(2) (C₄)と結合してクエン酸(C₆)になる。クエン酸は何段階もの反応を経て(2)へ戻る。この過程で放出されたエネルギーは、^②NADH、FADH₂、およびATPの合成に利用される。その後、^③電子伝達系において、NADHやFADH₂が酸化される過程でさらにATPが合成される。

一方、タンパク質が分解してできたアミノ酸を呼吸基質として利用する場合、アミノ酸は、NH₂の形でアミノ基が遊離して有機酸となる。有機酸はクエン酸^③回路に入り、分解される。

以上のような呼吸によって、呼吸基質はCO₂とH₂Oに分解される。この過程で発生するCO₂と消費したO₂の体積比(CO₂/O₂)のことを呼吸商^④と呼ぶ。

問1. 上の文章中の に入れるのに最も適当な語句を、解答欄に記入しなさい。

- (ア) 外膜 (イ) 内膜 (ウ) クリステ (エ) マトリックス
(オ) 膜間腔

問3. 下線部②に関して、脂肪の一種であるトリステアリン(C₅₇H₁₁₀O₆)を呼吸基質とした分解反応について、次の(i)～(iii)の間に答えなさい。ただし、電子伝達系において1分子のNADHとFADH₂からは、それぞれ3分子と2分子のATPが合成できるものとする。

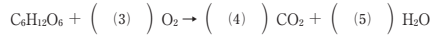
- (i) トリステアリンの加水分解により3分子のステアリン酸(脂肪酸の一種)が生じる。その後、ステアリン酸はアセチルCoAへと完全に分解される。この時、ステアリン酸1分子より得られるアセチルCoAの分子数を計算して、その数値を解答欄に記入しなさい。
- (ii) アセチルCoA1分子がクエン酸回路と電子伝達系でCO₂とH₂Oへと完全に分解された時に得られるATPの分子数を計算して、その数値を解答欄に記入しなさい。ただし、クエン酸回路で生じたNADHおよびFADH₂はすべてATPの合成に利用されたものとする。
- (iii) ステアリン酸1分子がCO₂とH₂Oへと完全に分解された時に得られるATPの分子数を計算して、その数値を解答欄に記入しなさい。

問4. 下線部③に関して、NH₃は毒性が高く、ほ乳類の場合はある臓器において、ある毒性の低い化合物に変換されて尿中に排泄される。これらの臓器および化合物の名称を解答欄に記入しなさい。

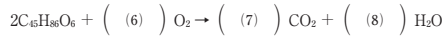
問 5. 下線部④に関して、次の (i) ～ (iv) の間に答えなさい。

- (i) グルコース ($C_6H_{12}O_6$) と脂肪の一種であるトリミリスチン ($C_{45}H_{86}O_6$) が呼吸によって CO_2 と H_2O に、アミノ酸の一種であるリシン ($C_6H_{14}O_2N_2$) が呼吸によって CO_2 、 H_2O 、および NH_3 に完全に分解された時の次の化学反応式について、 $\left(\quad \right)$ に入れるのに最も適当な係数を解答欄に記入しなさい。

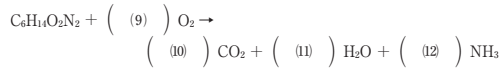
グルコースの分解：



トリミリスチンの分解：



リシンの分解：



- (ii) グルコース、トリミリスチン、およびリシンが (i) の反応式に従って完全に分解された時の呼吸商を計算しなさい。ただし、グルコースが分解された時の呼吸商については整数値で、トリミリスチンおよびリシンが分解された時の呼吸商については小数点以下第三位を四捨五入し、その数値を解答欄に記入しなさい。

- (iii) グルコースとトリミリスチンだけを呼吸基質として微生物に与え、これらが呼吸によって完全に分解された時の呼吸商が 0.75 であった。グルコースの分解に使われた O_2 の体積を 100 (相対値) とした時、トリミリスチンの分解に使われた O_2 の体積 (相対値) として最も近い値を次の (ア) ～ (カ) から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

(ア) 100 (イ) 200 (ウ) 300 (エ) 400 (オ) 500
(カ) 600 (キ) 700 (ク) 800 (ケ) 900 (コ) 1000

(B) 次の文章を読み、下の問 1 ～ 5 に答えなさい。

ショウジョウバエの初期発生では、未受精卵に蓄えられた mRNA やそれによって来するタンパク質のうち、母性効果遺伝子からつくられるものを母性因子と呼ぶ。^①ショウジョウバエの母性因子の一種であるピコイド mRNA は、^②未受精卵の前端に偏って存在する。受精後、ピコイド mRNA が翻訳されてピコイドタンパク質が合成されると、合成されたピコイドタンパク質は胚の前端から後端に向かって拡散するため、前端での濃度が最も高く後端に向かって濃度が徐々に減少し、後端での濃度が最小となるような濃度勾配を形成する。一方、ショウジョウバエの母性因子の一種であるナノス mRNA は、未受精卵の後端に偏って存在する。受精後、ナノス mRNA が翻訳されてナノスタンパク質が合成されると、合成されたナノスタンパク質は胚の後端から前端に向かって拡散するため、後端での濃度が最も高く前端に向かって濃度が徐々に減少し、前端での濃度が最小となるような濃度勾配を形成する。このようなピコイドタンパク質とナノスタンパク質の濃度勾配が、ショウジョウバエの前後軸の形成に重要な役割を果たす。

さらに、ショウジョウバエの未受精卵内には、ハンチバック mRNA とコードル mRNA と呼ばれる母性因子が存在する。ハンチバック mRNA とコードル mRNA は未受精卵内にほぼ均一に存在する。しかし受精後、これらの mRNA ^③が翻訳されて合成されたタンパク質のうち、ハンチバックタンパク質は胚の前端に偏って存在し、コードルタンパク質は後端に偏って存在する。以上のような、ピコイドタンパク質、ナノスタンパク質、ハンチバックタンパク質、コードルタンパク質がそれぞれ形成する胚の前後軸に沿った濃度勾配にしたがって、^④分節遺伝子のはたらきが調節され、胚が区画化され体節が形成される。

- (iv) グルコースとリシンだけを呼吸基質として微生物に与え、これらが呼吸によって完全に分解された。微生物に与えたグルコースの分子数を 100 (相対値) とした時、リシンから発生した NH_3 の分子数は 80 (相対値) であった。この時、グルコースとリシンが完全に分解された時の合計の呼吸商として最も近い値を次の (ア) ～ (コ) から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

(ア) 0.55 (イ) 0.60 (ウ) 0.65 (エ) 0.70 (オ) 0.75
(カ) 0.80 (キ) 0.85 (ク) 0.90 (ケ) 0.95 (コ) 1.00

問 1. 下線部①に関して、ショウジョウバエの卵割様式の特徴を「核」と「細胞膜」という語句を用いて、40 字以内 (句読点を含む) で述べなさい。

問 2. 下線部②に関して、母性因子はどこでつくられるか。「未受精卵」という語句を用いて、25 字以内 (句読点を含む) で述べなさい。

問 3. 下線部③に関して、ピコイドタンパク質とナノスタンパク質は翻訳調節タンパク質としてはたらくことが知られている。これらのタンパク質はハンチバック mRNA とコードル mRNA の翻訳にどのようににはたらくと考えられるか。次の (ア) ～ (カ) から、適当なものをすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) ピコイドタンパク質はコードル mRNA の翻訳を促進する。
(イ) ナノスタンパク質はハンチバック mRNA の翻訳を促進する。
(ウ) ピコイドタンパク質はコードル mRNA の翻訳を阻害する。
(エ) ナノスタンパク質はコードル mRNA の翻訳を阻害する。
(オ) ピコイドタンパク質はハンチバック mRNA の翻訳を阻害する。
(カ) ナノスタンパク質はハンチバック mRNA の翻訳を阻害する。

問 4. 下線部④に関して、(i) ベアルール遺伝子群、(ii) セグメントポラリティ遺伝子群、(iii) ギャップ遺伝子群のはたらきの説明として最も適当なものを、次の (ア) ～ (エ) からそれぞれ選び、解答欄に記入しなさい。

- (ア) 胚のおおまかな領域を区画化する
(イ) 胚に 7 本の帯状パターンを形成する
(ウ) 胚に 14 本の帯状パターンを形成する
(エ) 胚の体節を特有の形態へと変化させる位置情報をもたらし

問 5. ショウジョウバエの発生過程において、母性因子がどのような役割を果たすかを調べるため、ピコイド遺伝子が突然変異によって欠損し、ピコイド mRNA やピコイドタンパク質が合成されないショウジョウバエ(変異型)を用いて、次の【実験 1】～【実験 4】を順に行った。【実験 1】～【実験 4】に関して、下の問に答えなさい。

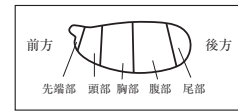


図 1. 正常な野生型ショウジョウバエ胚の構造

【実験 1】ピコイドタンパク質がはたらかないショウジョウバエ(変異型)の胚では、先端部、頭部、胸部が無く、両端に尾部が形成された。

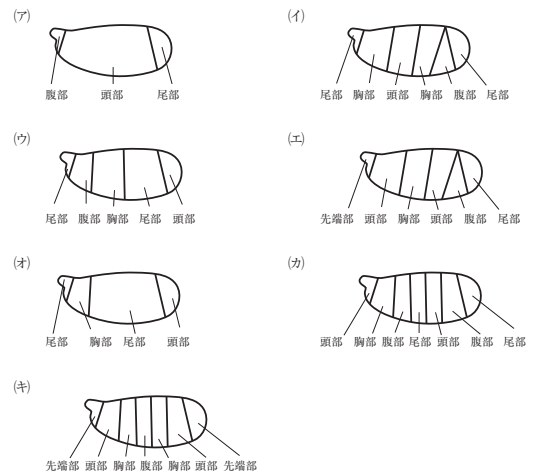
【実験 2】正常なショウジョウバエ(野生型)の受精直後の受精卵前部の細胞質を抜き取り、受精直後のショウジョウバエ(変異型)の受精卵前部に移植したところ、図 1 のように先端部、頭部とそれに隣接する胸部の構造が形成された。

【実験 3】正常なショウジョウバエ(野生型)の受精直後の受精卵前部の細胞質を抜き取り、受精直後のショウジョウバエ(変異型)の受精卵前後軸の中央に移植した。

【実験 4】正常なショウジョウバエ(野生型)の受精直後の受精卵前部の細胞質を抜き取り、受精直後のショウジョウバエ(野生型)の受精卵前後軸の後端に移植した。

問

【実験 3】および【実験 4】で得られた胚として最も適当なものを、胚の構造を表した下の模式図(ア)～(キ)からそれぞれ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。なお、次の図 1 に、正常なショウジョウバエ胚(野生型)の構造の模式図を示す。ただし、胚の末端部は先端部が尾部のいずれかになり、先端部や尾部は胚の末端部以外には形成されない。また、高濃度のピコイドタンパク質が存在する末端部は先端部となり、それ以外の末端部は尾部となるものとする。移植に用いた細胞質には正常な前後軸の構造(先端部、頭部、胸部、腹部、尾部)が形成されるのに十分な量の母性因子が含まれているものとするが、必ずしもこの順に形成されるとは限らない。



〔Ⅲ〕 次の(A)および(B)に答えなさい。

(A) 次の文章を読み、下の問 1～6 に答えなさい。

DNA の遺伝情報からタンパク質が合成されることを遺伝子の発現という。遺伝子の発現の過程で、DNA の塩基配列が RNA に写し取られることを転写といい、RNA の塩基配列がアミノ酸配列に置き換えられてタンパク質が合成されることを翻訳と呼ぶ。タンパク質の合成に関わる RNA には、mRNA、rRNA と tRNA がある。

真核生物では、まず DNA の塩基配列が mRNA 前駆体に転写される。次に、mRNA 前駆体の 5' 末端には、メチル基が結合したグアニンのスクレオチドが付加される。このような 5' 末端の修飾構造を (1) 構造と呼ぶ。一方、mRNA 前駆体の 3' 末端には、複数のアデノシン酸が付加される。このような 3' 末端の修飾構造を (2) と呼ぶ。引き続きスプライシングによって mRNA 前駆体からイントロンが取り除かれるとともにエキソンがつなぎ合わされ、mRNA がつくられる。

一方、原核生物では、核がないため DNA は細胞質基質中に存在しており、転写された mRNA にすぐにリボソームが結合してタンパク質が合成される。また、原核生物では、関連する機能をもつ複数の遺伝子が隣接して存在し、これらがまとめて転写される場合がある。このような遺伝子群(オペロン)の転写は、調節タンパク質によって調節されており、調節タンパク質が結合するオペロンの転写調節領域は特にオペレーターと呼ばれる。

問 1. 上の文章中の [] に入れるのに最も適当な語句を、解答欄に記入しなさい。

問 2. 下線部①に関して、次の(i)～(iii)の問に答えなさい。

(i) 遺伝子の発現に関する記述として正しいものを、次の(ア)～(オ)からすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) 転写は DNA のプロモーターと呼ばれる領域に DNA ポリメラーゼが結合することによって開始する。
- (イ) DNA を構成する 4 種類の塩基は mRNA とすべて同じ塩基で構成されている。
- (ウ) DNA の 2 本のデオキシリボスクレオチド鎖のうち、mRNA や mRNA 前駆体への転写に鋳型として用いられる側の鎖をアンチセンス鎖という。
- (エ) mRNA や mRNA 前駆体を合成する際に、RNA ポリメラーゼはプライマーを必要としない。
- (オ) mRNA のコドンである UAG は、タンパク質合成の開始点を指定する開始コドンとしてはたらくこともある。

(ii) 細胞の生存に必要であり、すべての細胞で常に発現している遺伝子の総称を解答欄に記入しなさい。

(iii) DNA の特定のシトシンのメチル化や、ヒストンのメチル化やアセチル化によって、DNA の塩基配列は変化せずに遺伝子の発現が調節されることが知られている。その現象や研究分野を何と呼ぶか。その総称を解答欄に記入しなさい。

問3. 下線部②に関して、次の図1は、原核生物の転写と翻訳の様子を模式的に示したものである。図1に関して、下の(i)～(iii)の間に答えなさい。

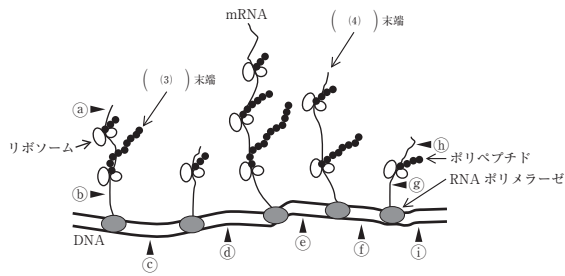


図1

(i) 図1中には二つのプロモーターが存在しており、そのうちの1カ所は①の位置に存在するが、もう1カ所存在すると考えられる位置はa～hのうちどこか。最も適当なものを選び、その記号を解答欄に記入しなさい。ただし、プロモーター以外からはmRNAの転写は起こらないものとする。

(ii) 図1中の()に入れるのに最も適当なものを、次の(ア)～(エ)からそれぞれ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

(ア) 3' (イ) 5' (ウ) C (エ) N

(iii) 翻訳の終了に関する次の文の { (5) } に入れるのに最も適当な語句を、解答欄に記入しなさい。

翻訳は { (5) } というタンパク質が終止コドンに結合して終了する。

(B) 次の文章を読み、下の問1～6に答えなさい。

刺激を受けていない静止状態のニューロン(神経細胞)では、細胞外にはNa⁺が多く、細胞内にはK⁺が多い。このK⁺の濃度勾配にしたがって、K⁺は常に開いている電位非依存性カリウムチャネルを通して細胞外に流出する。細胞内外の電気的な差は、K⁺の流出を妨げ、あるところでK⁺の流出が止まったように見える状態となる。この時の細胞内外のイオンの濃度差によって生じる膜電位を静止電位と呼ぶ。ニューロンに電極を挿入し細胞膜内外の電位差を測定すると、静止電位は細胞の外側の電位を0mVとして-70mV～-60mVとなる。

ニューロンの軸索に閾値以上の刺激を与えると、電位依存性ナトリウムチャネルが開いて細胞外から細胞内にNa⁺が流入し、膜電位は+30mV～+60mV程度にまで変化する。続いて、電位依存性カリウムチャネルが開いて細胞内から細胞外にK⁺が流出し、膜電位はすみやかに負(マイナス)に戻る。このような膜電位の変化を活動電位といい、活動電位が生じることを興奮という。

ニューロンの軸索の末端は、他のニューロンとすきまを隔てて接続している。この接続部位をシナプスと呼び、すきまをシナプス間隙という。また、興奮を伝える側のニューロンをシナプス前細胞といい、興奮を受け取る側のニューロンをシナプス後細胞という。シナプス前細胞の軸索の末端まで電気信号で興奮が伝わることを伝導と呼び、シナプスで神経伝達物質を介してシナプス後細胞へ興奮が伝わることを伝達と呼ぶ。シナプスは、シナプス小胞に含まれる神経伝達物質の違いにより、興奮性シナプスと抑制性シナプスに分けられる。脳では複数のニューロンがこれらのシナプスによって組み合わせられ、神経回路を構成している。シナプスでの伝達が頻繁に起こると、シナプスの伝達効率が変化することがある。この現象をシナプス可塑性という。例えば、同じ興奮の伝達が何度も繰り返されると、シナプスでの結びつきが強くなってシナプス後細胞の反応性が増強されることがある。

問4. 下線部③に関して、大腸菌では培地中に炭素栄養源として存在する糖によってラクトースオペロンの転写が調節を受ける。次の(ア)～(エ)の場合、ラクトースオペロンが転写されないものはどれか。該当するものをすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。ただし、培地中の糖はラクトースオペロンの転写の調節に十分な量があるものとする。

- (ア) グルコースとラクトースが両方存在する場合
- (イ) グルコースのみが存在する場合
- (ウ) ラクトースのみが存在する場合
- (エ) グルコースとラクトースが両方存在しない場合

問5. 下線部④に関して、オペレーターに結合して遺伝子の転写を抑制する調節タンパク質の名称を解答欄に記入しなさい。

問6. あるDNAの分子量は 5.94×10^8 で、このDNAから1000種類のタンパク質が合成される。この時、次の(i)および(ii)の間に答えなさい。ただし、DNA中の1対のデオキシリボスクレオチドの平均分子量は660、タンパク質中のアミノ酸の平均分子量は110とする。また、DNAの一方の鎖の塩基配列のみがすべてアミノ酸に翻訳されるものとし、DNA中には、同じアミノ酸配列のタンパク質をつくるDNAは存在しないものとする。

- (i) このDNAからつくられるmRNAは、平均何個のヌクレオチドからできているか。計算し、その数値を解答欄に記入しなさい。
- (ii) このDNAから合成されたタンパク質の平均分子量はいくらか。計算し、その数値を解答欄に記入しなさい。

問1. 下線部①に関して、細胞内外のイオンの組成と膜電位の相関を調べるために、次の【実験1】および【実験2】を順に行った。

【実験1】イカの軸索を切り取り、軸索の内側および外側に組成の異なる一定の溶液を流し続けることができる標本を作成した。この標本の細胞外と細胞内に、それぞれ生体内と同じイオン組成の溶液を流した。標本に刺激を与えず静止電位を記録した後に、標本に閾値を超える刺激を与えると活動電位が生じた。

【実験2】【実験1】で用いた細胞外の溶液について、その組成のうちNa⁺のみをK⁺に置き換えた。【実験1】と同様に、標本に刺激を与えず静止電位を記録した後に、標本に閾値を超える刺激を与えて膜電位を測定した。

【実験2】の結果として、静止電位と活動電位は、それぞれどのようなと考えられるか。「静止電位は」あるいは「活動電位は」に続け、それぞれ10字以内(句読点を含む)で述べなさい。

問2. 下線部②に関して、電位依存性カリウムチャネルに特異的に結合し、そのはたらきを阻害する化合物を投与すると、ニューロンにどのような変化が生じると考えられるか。最も適当なものを、次の(ア)～(エ)から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) 静止電位は一定にならず変動する。
- (イ) 閾値を超える刺激を与えても、膜電位は負から正に逆転しなくなる。
- (ウ) 閾値を超える刺激を与えた後に、膜電位が負から正に逆転するまでの時間が長くなる。
- (エ) 閾値を超える刺激を与えて膜電位が負から正に逆転した後に、静止電位に戻るまでの時間が長くなる。

問3. 下線部③に関する記述として適当なものを、次の(ア)～(オ)からすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) ニューロンに閾値を超えない刺激を与えた場合、その刺激の大小に関わらず、刺激を受けたニューロンは全く興奮を起こさない。
- (イ) ニューロンに閾値以上の刺激を与えた場合、刺激が強くなるほど活動電位の大きさも大きくなる。
- (ウ) ニューロンに閾値以上の刺激を与えた場合、より強い刺激では一定時間内における活動電位の発生頻度が高くなる。
- (エ) 多くのニューロンで構成される神経では、刺激の強弱によらず、興奮するニューロンの数は一定である。
- (オ) ニューロンの膜電位が静止電位から正の方向に変化することを脱分極という。

問4. 次の図1に示す通り、シナプス前細胞であるA、BおよびCは、シナプス後細胞であるXとシナプスを形成している。A、BあるいはCをそれぞれ単独で刺激すると、Xの膜電位は下の図2に示す通り変化し、静止電位に戻った。また、いずれの場合もXは興奮しなかった。一方、A、BおよびCをある条件で刺激するとXは興奮した。Xが興奮した条件として適当なものを、次の(ア)～(オ)からすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

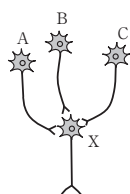


図1

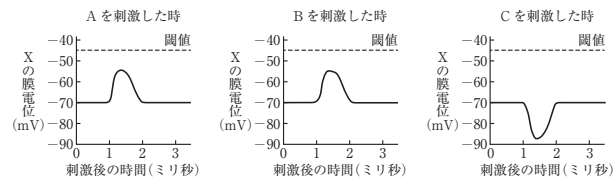


図2

- (ア) 1秒ずつ間隔をあけてA、B、Cの順番で刺激した。
- (イ) 1秒ずつ間隔をあけてB、C、Aの順番で刺激した。
- (ウ) 1秒ずつ間隔をあけてC、A、Bの順番で刺激した。
- (エ) AとBを同時に刺激した。
- (オ) AとCを同時に刺激した。
- (カ) BとCを同時に刺激した。
- (キ) AとBを同時に刺激し、続いて1秒後にCを刺激した。
- (ク) AとCを同時に刺激し、続いて1秒後にBを刺激した。
- (ケ) BとCを同時に刺激し、続いて1秒後にAを刺激した。
- (コ) AとBとCを同時に刺激した。

問5. 下線部④に関して述べた次の(ア)～(オ)から、適当なものをすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) 神経伝達物質はシナプス小胞に蓄えられており、神経終末に興奮が伝わってくると、エンドサイトーシスが誘発されシナプス間隙に放出される。
- (イ) シナプス間隙に放出された神経伝達物質は、作用を及ぼした後、すみやかに分解されたりシナプス前細胞に回収されたりするため、次の興奮の伝達が可能になる。
- (ウ) γ -アミノ酪酸(GABA)は興奮性の神経伝達物質で、シナプス後細胞に Cl^- を流入させ、過分極性の電位変化を生じさせる。
- (エ) シナプスは、ニューロン間だけでなくニューロンと筋細胞の間でも形成される。

問6. 下線部⑤に関して、この時の変化として適当なものを、次の(ア)～(カ)からすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) シナプス前細胞の軸索の断面積が小さくなり、伝導の速度が増加する。
- (イ) シナプス前細胞の軸索の末端から流出する Ca^{2+} が増加し、神経伝達物質の放出量が増加する。
- (ウ) 興奮の伝達方向がシナプス後細胞からシナプス前細胞へと変わる。
- (エ) シナプス後細胞の細胞膜に Na^+ を透過させる型のグルタミン酸受容体の数が増加する。
- (オ) シナプス後細胞において、過分極が起こりやすくなる。
- (カ) シナプス後細胞の細胞膜に存在する Ca^{2+} を透過させる型のグルタミン酸受容体が開き、シナプス後細胞に Ca^{2+} が流入する。

(以上)