

解答はすべて別紙の解答用紙に記入しなさい

(字数制限のある解答については、句読点、アルファベット、数字、小数点、
指数はすべて1字としなさい。 例

D	N	A
---	---	---

0	.	1	m	m
---	---	---	---	---

2	⁵
---	--------------

)

〔 I 〕 次の文章を読んで以下の問に答えなさい。

真核生物の細胞には、原核生物とは異なり核がある。細胞内の核以外の部分は

ア

 と呼ばれ、その中にはさまざまな細胞小器官や、¹⁾ 繊維状の構造体である細胞骨格が存在する。

ア

 の最外層には細胞膜があり、細胞の内部と外部を仕切っている。細胞膜は主に

イ

 とタンパク質から構成されており、物質の出入りを調節したり、細胞外からの刺激を受容して細胞内へ情報を伝達したりしている。細胞小器官として小胞体、²⁾ ミトコンドリア、リソソームなどが存在する。小胞体はタンパク質を翻訳する

ウ

 が付着した粗面小胞体と

ウ

 が付着していない滑面小胞体がある。リソソームには高濃度の分解酵素が含まれており、³⁾ 不要になったタンパク質や細胞小器官などの分解に関与する。細胞小器官の成分やはたらきを研究するためには、細胞小器官を分離する必要がある。⁴⁾ そのための方法の1つとして、細胞分画法がある。

細胞膜は選択的透過性という性質をもち、⁵⁾ 細胞膜を介した物質の輸送にはチャネルやポンプなどの膜タンパク質が関与する。チャネルやポンプを通らない大きな分子が細胞内外を移動する時、細胞膜の一部が陥入して、外液ごと物質を取り込むはたらきを

エ

 と呼ぶ。逆に、細胞内の小胞が細胞膜と融合して細胞外に物質を放出することを

オ

 と呼ぶ。

問1. 文中の

ア

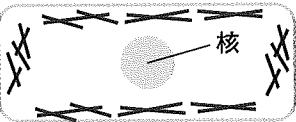
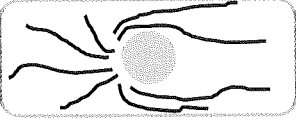
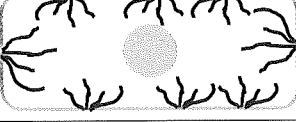
 ～

オ

 に入る最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問2. 下線部1) について、表1は動物細胞の主な細胞骨格の特徴や機能を示したものである。表1の(a)～(c)に入る適切な語句を解答欄に記入しなさい。

表1

細胞骨格の名称	大きさ(直径)	細胞内分布の例	主な機能
(a)	約5～9 nm		筋収縮, 原形質流動
(b)	約25 nm		細胞小器官や物質の輸送 紡錘糸による染色体の分配
(c)	約10 nm		細胞や核の形の保持

問3. 下線部2) について、ミトコンドリアの主なはたらきとして、以下の文章で正しいものをすべて選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (a) 光エネルギーを利用して ATP を合成する。
- (b) 酸素を用いて有機物を分解する時に生じるエネルギーから ATP を合成する。
- (c) 物質の輸送や分泌に関わり、タンパク質に糖鎖を付加する場となる。

問4. 下線部3) について、細胞が長期にわたり栄養分不足の状態になると急増する反応の名称を答えなさい。

問5. 下線部4) について、以下の実験に関する問に答えなさい。

【実験】

さまざまな細胞小器官に含まれるタンパク質のはたらきを調べるために、細胞分画法により細胞小器官を分離した。表2に示した異なる濃度のスクロース（ショ糖）水溶液を図のように重層した遠心管の上に、等張の緩衝液中で調製した細胞破碎液を加え、遠心分離した。

表2

質量パーセント (%) ^{注1}	20	30	40	50	60
体積濃度 (g/L) ^{注2}	212	336	472	615	774

注1：例えば、20%スクロース水溶液は溶液100 g 中にスクロース20 g を含む。

注2：例えば、20%スクロース水溶液は溶液1 L（リットル）中にスクロース212 g を含む。

表3

細胞小器官	A	B	C
密度 (g/cm ³)	1.10	1.20	1.32

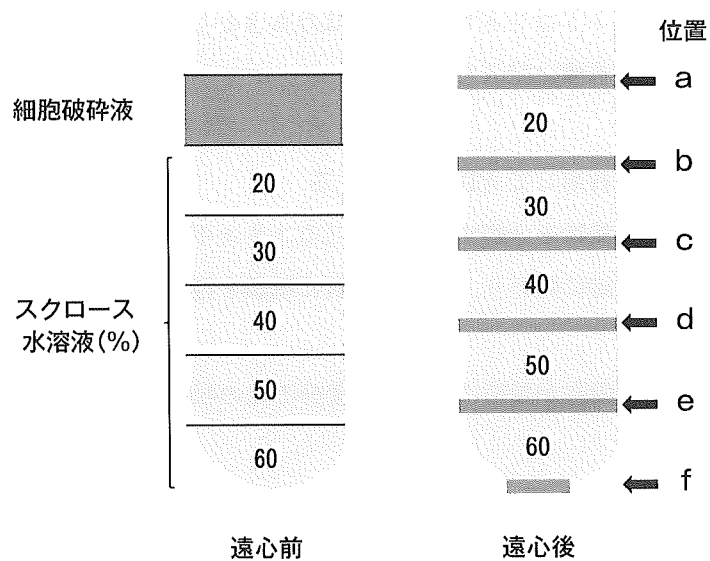


図 細胞分画法による細胞小器官の遠心分離

- (1) 細胞小器官に含まれるタンパク質のはたらきを調べるためには、細胞と浸透圧が等しい等張の緩衝液を用いて、低温で細胞を破碎する必要がある。その理由を答えなさい。
- (2) 表3に示した細胞小器官A, B, Cは遠心分離後、それぞれ図中a～fのどの位置に濃縮されるか、記号で答えなさい。なお、実験中に遠心管内のスクロース水溶液は濃度変化しなかったものとする。

問6. 下線部5)について、チャネルとポンプの物質輸送のしかたの違いを答えなさい。

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで以下の問に答えなさい。

DNA の塩基配列に存在する遺伝情報を調べるには、解析したい DNA を大量に増やす技術、DNA を大きさによって分離する技術、そして DNA の塩基配列を解読する技術が利用される。

目的の塩基配列をもつ DNA を大量に増幅させる技術として、1) DNA ポリメラーゼを用いて、試験管内で目的の DNA 断片を増幅する PCR 法と呼ばれる方法がある。PCR 法により、ごく微量の DNA から短時間で大量の DNA 断片を増幅することができる。PCR 法によるヌクレオチド鎖の伸長には、鋳型となる DNA、DNA ポリメラーゼ、人工的に合成した 2 種類の DNA プライマー、および 4 種類のヌクレオチドが必要である。PCR 法では、2) もととなる DNA の 2 本鎖の両方に対して、増幅させたい DNA 領域の先頭に DNA プライマーを結合させ反応を始める。この反応では、DNA プライマーを起点として新しいヌクレオチド鎖の合成が起こるため、目的の塩基配列を選択的に、急速に増幅することが可能である。PCR 法は、感染症の検査のような私たちの日常生活に深く関わるところでも利用されている。近年世界的に流行した 3) 新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) に対して、世界中で PCR 検査が行われたことは記憶に新しい。

PCR 法などで増幅した DNA の大きさ (分子量) や量は、電気泳動法という方法で調べることができる。寒天の成分のアガロースなどで作製したゲルの中で、DNA などの物質を電氣的に分離する方法が電気泳動法である。具体的には、緩衝液で満たした 4) 装置の陽極と陰極の間にゲルを置き、ゲルの端にあけた小さな溝 (ウェル) に DNA の試料を入れて電流を流す。ゲルは細かな網目状の構造をしており、小さな分子ほど移動しやすく、大きな分子ほど移動しづらくなる。分子量によって移動距離が変化するため、DNA をゲルの中で長さごとに分離することができる。

DNA の塩基配列を解読する代表的な方法として、電気泳動法を応用したサンガー法と呼ばれる技術がある。サンガー法では、塩基配列を決定したい 2 本鎖 DNA の一方を鋳型として、それに DNA プライマーを結合させ、DNA ポリメラーゼを用いて DNA 鎖を合成させる。その際、材料となるヌクレオチドに加え、蛍光色素で標識した特殊なヌクレオチドを少量混ぜておく。5) 蛍光色素で標識した特殊なヌクレオチドが取り込まれると、そこで DNA 鎖の伸長が停止する。これにより、さまざまな場所で伸長が停止した長さの異なるヌクレオチド鎖が得られる。それらを電気泳動法で分離して長さの順に並べ、4 種類の蛍光色素を識別することによって、塩基配列を読み取る。

問 1. 下線部 1) について、PCR 法では特殊な性質をもった DNA ポリメラーゼが用いられている。それはどのような性質か答えなさい。また、その DNA ポリメラーゼは、どのような環境に生育している生物から単離されたか答えなさい。

問 2. 下線部 2) について、下記の DNA 断片を PCR 法により増幅する。この DNA 断片の両端の 2 本鎖のうち一方のみの配列を示し、相補鎖の配列は示していない。この時、用いるプライマーとして適切なものを (a)～(f) から 2 つ選び、記号で答えなさい。ただし、省略している部分 (-----) には (a)～(f) と同じ配列も相補的な配列も存在しないものとする。

DNA 断片の塩基配列：

5' -GACTTGTGGAAGC-----CATACGCGATTGA-3'

- (a) 5' -CTGAACACCTTCG-3'
- (b) 5' -GACTTGTGGAAGC-3'
- (c) 5' -GCTTCCACAAGTC-3'
- (d) 5' -GTATGCGCTAACT-3'
- (e) 5' -TCAATCGCGTATG-3'
- (f) 5' -CATACGCGATTGA-3'

問 3. 下線部 3) について、新型コロナウイルス感染症の PCR 検査では、PCR を行う前に、逆転写が必要である。逆転写とはどのような反応か答えなさい。また、その反応が必要な理由を答えなさい。

問 4. 下線部 4) について、電流を流した際、DNA は陽極と陰極のどちら側へ移動するか答えなさい。また、その理由を答えなさい。

問 5. 下線部 5) の特殊なヌクレオチドの名称を答えなさい。また、そのヌクレオチドが取り込まれると DNA 鎖の伸長が停止する理由を答えなさい。

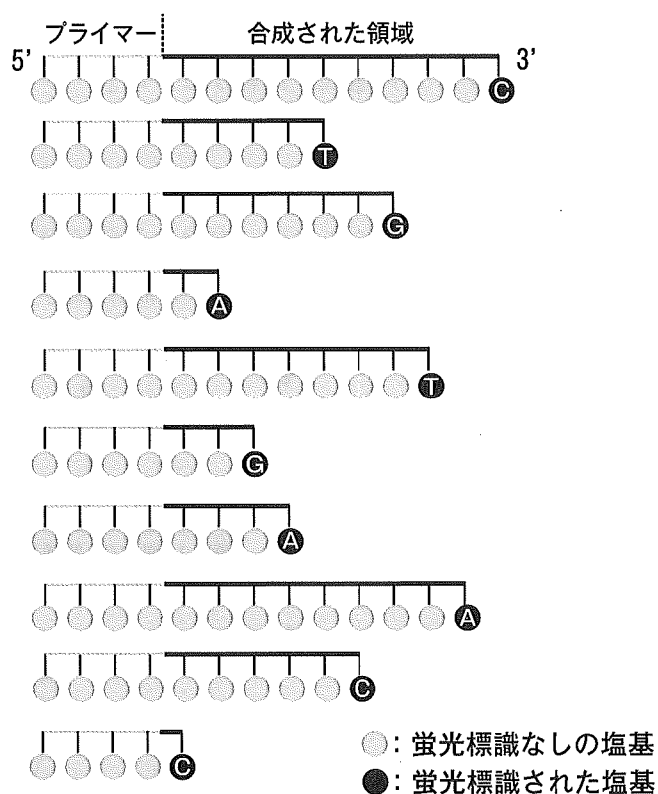
問 6. 下線部 5) について、DNA の塩基配列を決める反応で、この特殊なヌクレオチドの比率を高くしていくと、どのような結果になるか答えなさい。

問7. 下線部5) について, 下記の図は, ある調べたい DNA の塩基配列を決める反応で合成されたさまざまな長さの DNA 断片を示している. 図(a) は調べたい DNA (鋳型) 鎖と用いたプライマーの位置関係, 図(b) は合成されたさまざまな長さの DNA 断片を示す. この結果から, 調べたい DNA の塩基配列を, プライマーが結合する部分を除いて 5' 末端側から答えなさい.

(a) プライマー



(b)



図

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで以下の問に答えなさい。

シロイヌナズナの花の形成モデルとして ABC モデルが提案されている。ABC モデルでは、花器官は4つの領域に配置されている（図1）。領域1ではクラス A の遺伝子産物がはたらき、がく片が形成される。領域2ではクラス A の遺伝子産物とクラス B の遺伝子産物がはたらき、花弁が形成される。領域3ではクラス B の遺伝子産物とクラス C の遺伝子産物がはたらき、おしべが形成される。領域4ではクラス C の遺伝子産物がはたらき、めしべが形成される。クラス A の遺伝子としては *AP1* と *AP2* の2種類が、クラス B の遺伝子としては *AP3* と *PI* の2種類が、クラス C の遺伝子としては *AG* が同定されている。これらのうち *AP2* を除く4つの遺伝子は MADS ボックスと呼ばれる塩基配列をもっている。ここでは、*AP2* の遺伝子産物は *AG* の発現を抑制し、*AG* の遺伝子産物は *AP1* の発現を抑制し、他の遺伝子はこの抑制に関与しないものとする。

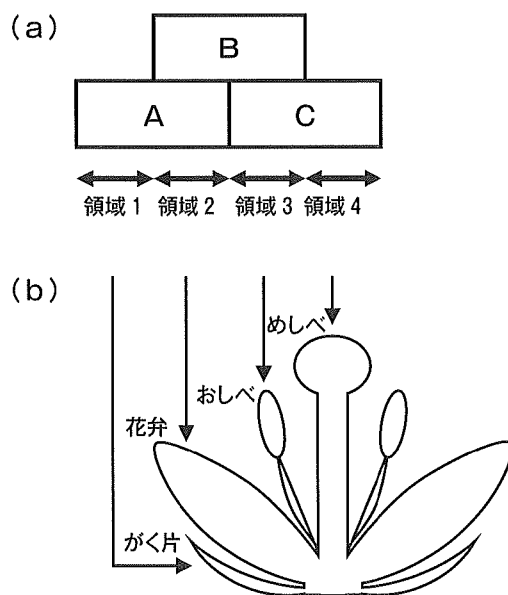


図1

問1. 変異により *AP2* 遺伝子の機能が失われたとする。この時、*AP1*、*AP3*、*PI*、*AG* が発現している領域には○、発現していない領域には×を、解答欄に記入しなさい。その結果、4つの領域に対してどのクラスの遺伝子がどのように発現しているかを、図1(a)と同様に図示しなさい。また、その結果として4つの領域で形成される花器官を答えなさい。

問2. クラス A、B、C に関わる遺伝子に突然変異が起きると、ある領域の花器官が、別の領域の花器官に変化する。このように体のある領域が、別の領域に変化するような変異を何と呼ぶか答えなさい。

- 問3. チューリップなどの一部の被子植物では、領域1ではがく片が花弁のように変化し、領域2では花弁、領域3ではおしべ、領域4ではめしべが形成される。これは、A、B、Cの3つのクラスの遺伝子のいずれかの発現する領域の変化によって説明できる。4つの領域に対して3つのクラスの遺伝子がどのように発現しているかを、図1(a)と同様に図示しなさい。
- 問4. タデ科のスイバの花では、領域1ではがく片が形成され、領域2では花弁ががく片のように変化し、領域3ではおしべ、領域4ではめしべが形成される。これは、A、B、Cの3つのクラスの遺伝子のいずれかの発現する領域の変化によって説明できる。4つの領域に対して3つのクラスの遺伝子がどのように発現しているかを、図1(a)と同様に図示しなさい。
- 問5. シロイヌナズナが属す被子植物の花の多くは1つの花の中におしべとめしべをもつ両性花である。一方、裸子植物は、おしべだけで構成される雄花とめしべだけで構成される雌花を形成し、いずれの花もがく片や花弁をもたない。裸子植物の花の形成にもABCモデルが適用できると仮定する。この時、裸子植物の雄花と雌花のそれぞれにおいて発現していると考えられる遺伝子のクラスをすべて答えなさい。
- 問6. MADSボックスは、MADSドメインと呼ばれるアミノ酸配列に翻訳される。MADSドメインをもつタンパク質は、植物だけではなくさまざまな生物に見られている。図2(a)はシロイヌナズナの*API*、*AP3*、*PI*、*AG*の遺伝子産物のもつMADSドメイン(AtAP1, AtAP3, AtPI, AtAG)の一部と、ヒトおよび酵母由来のタンパク質に含まれるMADSドメイン(HsMADS, ScMADS)のアミノ酸配列を1文字表記で比較したものである。‘*’は今回比較しているすべてのMADSドメインで全く変化していないアミノ酸を表している。ここでは、それらを不変アミノ酸と呼ぶ。図2(b)は、図2(a)に対応する領域のヒト由来のMADSドメインの立体構造をリボン表示で描画したものである。左の構造から90度ずつ回転させた4つの向きからの構造を示している。リボンから突き出した、折れ曲がったり分岐している棒状の構造は不変アミノ酸の側鎖を表している。

(1) 図2(b)に表示された立体構造の中で、不変アミノ酸が見出されるタンパク質の二次構造の名称を答えなさい。

(2) アミノ酸は、酸性の側鎖をもつアミノ酸、アルカリ性（塩基性）の側鎖をもつアミノ酸、それ以外のアミノ酸の3つのグループに大別される。12個の不変アミノ酸にはR, K, Vのように同じものが複数回出現している場合があり、これらをまとめると不変アミノ酸はA, R, E, G, L, K, T, Vの8種類になる。これら8種類のアミノ酸を、上記の3つのグループに分類し、解答欄に1文字表記で答えなさい。

(a)

AtAP1	NKINRQVTFSKRRAGLLKKAHEISVLCDAEVALVVF	SHKGKLF	FEYSTDS
AtAG	NTTNRQVTFCRRNGLLKKAYELSVLCDAEVALIVFSSRGR	LYEYSNNS	
AtAP3	NQTNRQVTYSKRRNGLFKKAHELTVLCDAVSIIMFSSSNKL	HEYISPN	
AtPI	NANNRVVTFSKRRNGLVKKAKEITVLCDAKVALIIFASNGKM	IDYCCPS	
HsMADS	DERNRQVTFTKRKFGLMKKAYELSVLCDCEIALIIFNSTNKL	FQYASTD	
ScMADS	NKTRRHVTFSKRKHGIMKKAFELSVLTGTQVLLL	VVSETGLVYTFSTPK	

* ** ** * *** * **

アミノ酸の1文字表記は以下の通りである。A：アラニン，R：アルギニン，N：アスパラギン，D：アスパラギン酸，C：システイン，Q：グルタミン，E：グルタミン酸，G：グリシン，H：ヒスチジン，I：イソロイシン，L：ロイシン，K：リシン，M：メチオニン，F：フェニルアラニン，P：プロリン，S：セリン，T：トレオニン，W：トリプトファン，Y：チロシン，V：バリン

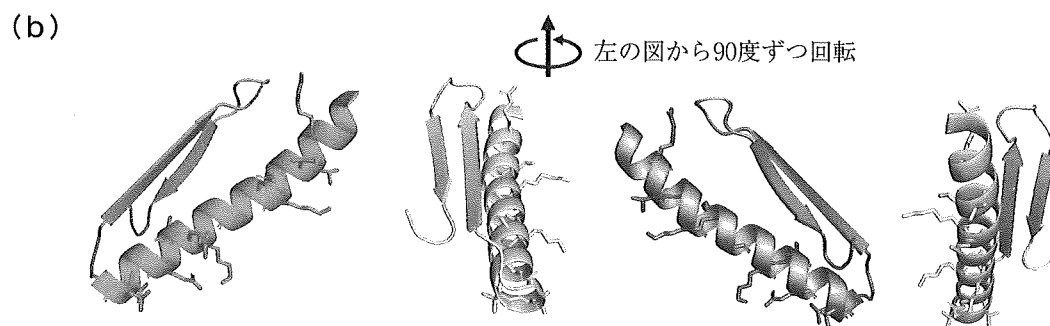


図2