帝京大学

2021 年度　一般選抜　生物

生物①

（2 科目　120 分）

1 細胞成分とその合成・輸送に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

生物の細胞は，水の他，有機物と無機塩類で構成されている。これらの成分のうち，水は動物や細菌の細胞に含まれる割合が最も多く，細胞全体の（ ア ）% 以上を占める。水に次いで含有率が高い有機物は（ イ ）である。

細胞を構成するタンパク質は，多数のアミノ酸がペプチド結合によって鎖状につながった高分子化合物（ポリペプチド）である。一般的なタンパク質を構成するアミノ酸は，側鎖の違いに基づいて（ A ）種類存在する。ポリペプチド中のペプチド結合部分にある酸素原子（O）は（ ウ ）に，水素原子（H）は（ エ ）に帯電しており，酸素原子と水素原子の間で（ オ ）結合が形成され，これによりポリペプチドのある部分に二次構造と呼ばれる規則的な立体構造が形成される。部分的に二次構造を形成しているポリペプチドはさらに複雑に折れ曲がり，ポリペプチド（タンパク質）ごとに特有の立体構造（三次構造）を形成する。タンパク質合成に使用される硫黄（S）を含むアミノ酸（含硫アミノ酸）は（ B ）種類あり，この中にはタンパク質[a]の立体構造の安定化に役立つ化学結合をするものがある。

アミノ酸がどのような順序でペプチド結合し，タンパク質が合成されるのか，この点に関する情報は各生物がもっている遺伝子に書き込まれている。遺伝子の本体である DNA の塩基配列から転写された mRNA の情報を基に合成されるポリペプチド[b]は適切な立体構造を形成することで，機能を有するタンパク質となる。タンパク質の情報を含む DNA の 2 本の鎖には方向性がある。各鎖の一方の端にはデオキシリボースが，他方の端には（ カ ）が位置し，（ キ ）側の末端は 5′ 末端，（ ク ）側の末端は 3′ 末端と呼ばれる。DNA のいずれか一方の鎖が鋳型となり，一定の方向に RNA が合成されていく。原核生物には核膜がないため，mRNA の合成途中に翻訳が始まる。

問 1　文中の空欄（ A ）と（ B ）に入る数を解答欄に記入しなさい。また，空欄（ ア ）～（ ク ）に入る適切な語を以下の【選択肢】の中から 1 つずつ選び，番号で答えなさい。ただし，同じ語を何度選んでも良い。

【選択肢】

1. 30	2. 50	3. 70	4. 90
5. ヘキソース	6. タンパク質	7. 核酸	8. デオキシリボース
9. 酸性	10. 脂質	11. イオン	12. 水素
13. リン酸	14. 金属類	15. 正	16. 塩基
17. 疎水	18. ビタミン類	19. リボース	20. 共有
21. 負	22. 配位	23. 中性	24. 炭水化物

問 2　文中の下線部 a について，構造上近くにあるアミノ酸（ X ）どうしは，側鎖の（ Y ）基の間で共有結合し，タンパク質の立体構造の安定化に役立っている。空欄（ X ）の名称をカタカナで，空欄（ Y ）の名称をアルファベット 2 文字で答えなさい。

問 3　問 2 の 2 つの（ Y ）基の間で起こる化学結合の名称を以下の例に従ってカタカナ 6 文字で答えなさい。

〔解答欄：□□□□□□結合〕

（10 文字の例）

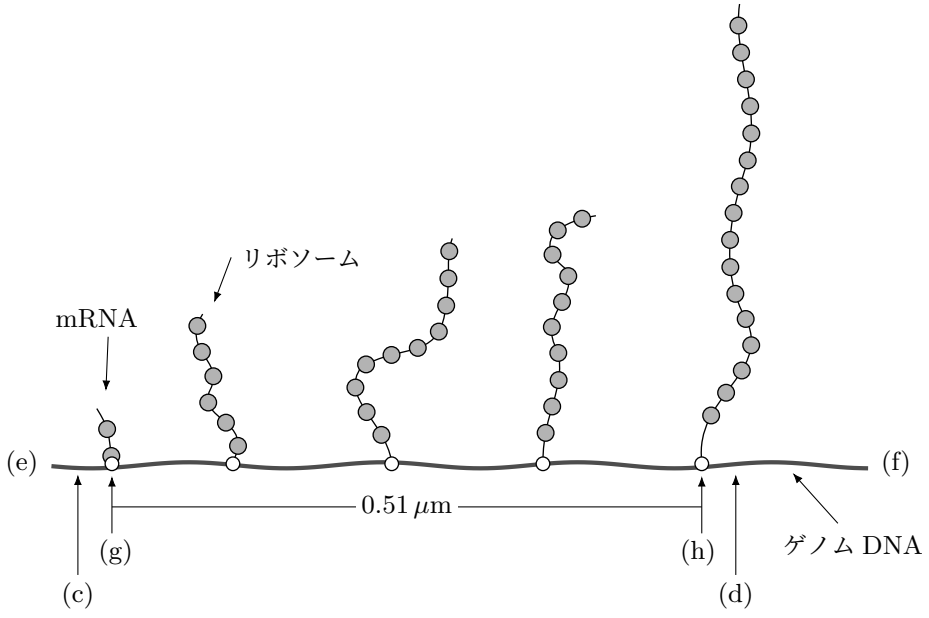
プ	ラ	ス	チ	ッ	ク	チ	ュ	ー	ブ

問 4　文中の下線部 b について，タンパク質の立体構造と機能に関連する以下の記述のうち，正しいものをすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. 赤血球のヘモグロビンは，異なる種類のポリペプチドが複数結合し，四次構造を形成することで機能している。
2. 酸やアルカリで処理することによってタンパク質の立体構造が変化することをタンパク質の失活という。
3. 多くのタンパク質は，60〜70 ℃に加熱するとタンパク質のアミノ酸配列が変化し，立体構造が変化して機能が失われる。
4. PCR 法に使用される DNA ポリメラーゼは，95 ℃で加熱すると容易に変性し，機能が失われるため，鋳型 DNA の変性は 95 ℃未満で行われる。
5. 細胞内には，タンパク質が正しい立体構造を形成するよう，リボソームで合成されたポリペプチドの折りたたみを助けるタンパク質がある。
6. アロステリック酵素では，基質以外の物質が活性部位に結合することで酵素全体の立体構造が変化し，基質が結合できなくなる非競争的阻害が起こる。

問 5　下図は，ある原核生物のゲノム DNA で起こっている遺伝子発現の様子を模式的に示したものである。図中の (c) と (d) は転写（RNA 合成）の開始点または停止点を示している。転写の停止点は (c) と (d) のどちらか答えなさい。また，この場合，転写の鋳型となっている DNA 鎖の 5′ 側は図中の (e) と (f) のどちら側になるか答えなさい。

図　ある原核生物のゲノム DNA で起こっている遺伝子発現の様子



問 6　問 5 の図の (g) と (h) の間の領域がすべてタンパク質に翻訳され，1 本のポリペプチドになると仮定した時，最終的に合成されるタンパク質の分子量を求めなさい。ただし，10 個のヌクレオチドで構成されるゲノム DNA 鎖の鎖長を 3.4 nm，このタンパク質を構成するアミノ酸の分子量の平均を 120 とする。また，答えが小数点を含む場合，小数点以下第一位を四捨五入し，整数で求めなさい。

問 7　真核生物では，合成された mRNA は核膜のどこを通って，どこへ移行し，翻訳が行われるか。「mRNA は」に続けて 30 字以内で答えなさい。

問 8　真核生物の細胞内外で行われている物質の輸送（移動）に関連する以下の記述のうち，正しいものをすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. 細胞外に分泌されるタンパク質を含む小胞はキネシンに結合してアクチンフィラメントの上を移動し，細胞外に分泌される。
2. 細胞外に分泌されるタンパク質は，合成されると同時に直接ゴルジ体内に輸送され，分泌小胞としてゴルジ体から細胞膜側へ輸送される。
3. アクチンフィラメントとモータータンパク質による物質の輸送手段は，植物細胞内でのミトコンドリアや葉緑体の移動にも利用されている。
4. チャネルによるイオンの輸送には，ATP のエネルギーが利用されている。
5. すい臓のランゲルハンス島で合成されたインスリンやグルカゴンは，小胞輸送によって細胞外に分泌される。
6. 神経系を形成するニューロンでは，転写によって合成された mRNA はダイニンに結合し，アクチンフィラメントに沿って細胞体側から軸索の末端方向へと輸送される。

2 血液の流れと恒常性に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

血液は，体のそれぞれの器官や，器官内，その単位構造内を，決まった方向に流れている。そのため，器官内や単位構造内の領域によって酸素濃度などの条件が局所的に異なり，代謝などのはたらきに差が見られることがある。

肝臓へは，心臓より直接届く動脈である（ X ）のほかに，さまざまな器官[a]から集まった血管である（ Y ）が入る。血液は，肝臓の構成単位である（ Z ）の中を（ A ）から（ B ）へ流れ，（ A ）と（ B ）の領域ではたらきに差が見られる（図 1）。（ Z ）の（ C ）の領域の細胞では，血管（ Y ）から枝分かれした血管に含まれる成分[b]の処理をするため多くのエネルギーを必要とし，細胞内小器官の（ あ ）のはたらきが盛んで，おもに（ い ）やタンパク質合成などの代謝が行われている。一方，（ Z ）の（ D ）の領域では低酸素になりやすく，おもに（ う ）や解毒作用などの代謝が行われている。

腎臓では，（ え ）側から入った血管が（ お ）を通って（ か ）へ行き，そこで細かく枝分かれして構成単位のネフロンに入る。ネフロンでは，（ か ）に多数散在する毛細血管の塊の（ き ）になったのち，一度合流し，大部分は（ か ）で枝分かれして毛細血管網を作るが，一部は（ お ）にかけて毛細血管網を作る（図 2）。毛細血管網は（ か ）で集まって太い血管となり，（ お ）を通って（ え ）側から出て行く。一方，（ き ）からこし出されたろ液（原尿）は（ く ）を流れる。（ く ）では，さまざまな成分が細胞間質へ運び出され，毛細血管網へと回収される。

内分泌器官の（ け ）では，いくつかのホルモンが効率良く作られるように，血液は（ E ）から（ F ）へ流れている。（ か ）では糖質コルチコイドと鉱質コルチコイドが作られている。また，（ お ）では，糖質コルチコイドが細胞外からのシグナルとしてはたらき，（ こ ）を合成する酵素の発現が起こる。

図 1　肝臓の構成単位 (Z) における
血管の模式図（断面図）

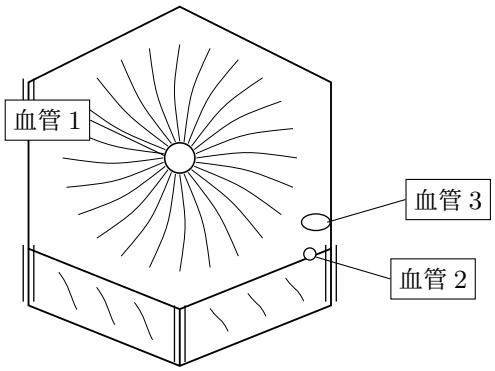
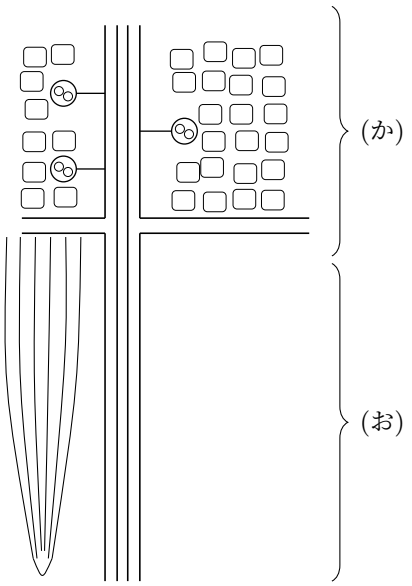


図 2　腎臓の構成単位ネフロンと
その周囲の血管の模式図



問 1　文中の空欄（ あ ）～（ こ ）にあてはまる適切な語を，以下の【語群 1】から 1 つずつ選び，番号で答えなさい。

【語群 1】

1. 灰白質	2. 胸腺	3. 甲状腺	4. 細尿管
5. 細胞質	6. 糸球体	7. 視床下部	8. 腎う
9. 腎小体	10. 髄質	11. 胆のう	12. 脳下垂体
13. 尿管	14. 背根	15. 白質	16. 皮質
17. 腹根	18. 副腎	19. ボーマンのう	20. ミトコンドリア
21. リソソーム	22. 解糖系	23. クエン酸回路	24. アセチルコリン
25. アドレナリン	26. インスリン	27. グリコーゲン	28. グルカゴン
29. チロキシン	30. ノルアドレナリン	31. バソプレシン	

問 2　文中の空欄（ A ）～（ F ）にあてはまる適切な語を，以下の選択肢から 1 つずつ選び，番号で答えなさい。ただし，同じ語を何度選んでも良い。

1. 内側　　2. 外側

問 3　文中の空欄（ X ）・（ Y ）から枝分かれした血管は，それぞれ図 1 に示す血管 1〜3 のどの血管か。1 つずつ選び，番号で答えなさい。ただし，血管 2 は血管 3 よりも血管壁が厚い。

問 4　文中の空欄（ Y ）・（ Z ）の名称を，以下の例に従ってひらがな 7 文字で答えなさい。

（10 文字の例）

ぷ	ら	す	ち	っ	く	ち	ゅ	ー	ぶ

問 5　下線部 a のさまざまな器官にあてはまる例を，以下の【語群 2】から 3 つ選び，さらに，それぞれの器官から届く下線部 b の成分の例を，以下の【語群 3】から 1 つの器官に対してそれぞれ 2 つずつ選び，器官名の

番号の小さい順に，また，成分名の番号のそれぞれ小さい順に答えなさい。

【語群 2】

1. 小腸　2. すい臓　3. 精巣　4. 胆のう　5. 肺　6. ひ臓　7. 卵巣

【語群 3】

1. アミノ酸	2. インスリン	3. カルシウム	4. キモトリプシン
5. グリコーゲン	6. グルカゴン	7. グルコース	8. 脂肪
9. チロキシン	10. 鉄	11. トリプシン	12. 乳酸
13. 尿酸	14. 尿素	15. ビリルビン	16. ペプシン
17. ヘモグロビン			

問 6　腎臓で低酸素になりやすいと考えられるのはどの部分か。血液の流れを参考に，低酸素になりやすい部分を以下から 1 つ選び，番号で答えなさい。なお，(　　) 内は文中の語を示す。

1. （ お ）　2. （ か ）

問 7　ネフロンでは，（ く ）は，（ お ）の方向へ真っ直ぐ伸びて（下行脚），ループを描き，真っ直ぐ戻り（上行脚），（ き ）のそばを通った後，集合管に集まり，再び（ お ）へ向かう。このとき，（ く ）の下行脚では水の透過性が高く，ナトリウムイオンの動きに伴って水は受動的に移動するが，（ く ）の上行脚では水の透過性は悪く，ナトリウムイオンだけが（ く ）の外へと能動輸送されるため，（ お ）にナトリウムイオンが蓄積し，（ お ）の浸透圧が高まる。集合管での成分の輸送と尿の浸透圧について適切な記述を，以下から 2 つ選び，番号の小さい順に答えなさい。なお，(　　) 内は文中の語を示す。

1. アクアポリンを含む細胞膜は，水の透過性が低い。
2. アクアポリンは，細胞膜を介して水の能動輸送を行う。
3. 水の透過性が高い細胞膜では，水は浸透圧の高い方へ受動的に移動する。
4. 水の透過性が低い細胞膜では，水はナトリウムイオンの輸送と逆の向きに輸送される。
5. 水の受動輸送が盛んに行われると，浸透圧の低い尿が作られる。
6. 水の能動輸送により，尿の浸透圧が調節される。
7. ホルモンによる刺激でナトリウムイオンの再吸収量が増加し，浸透圧の高い尿が作られる。
8. ホルモンによる刺激でアクアポリンが現れ，浸透圧の高い尿が作られる。

問 8　糖尿病や高血圧などによって，腎臓の機能が低下し，腎不全となる場合がある。腎不全の治療法の 1 つに，腎移植がある。脳死や心停止などのドナーからの献腎移植では，血流が止まってからの時間が長いことにより，能動輸送などの代謝が盛んな部分でエネルギーが不足し，障害が生じる可能性がある。血流が止まることで最も障害が起きやすいと考えられる部分を以下から 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 糸球体
2. 集合管
3. 細尿管
4. 尿管
5. ボーマンのう

問 9　腎不全の治療法の 1 つに，透析療法がある。透析膜は，水のほか低分子のイオンやグルコースなどを通し，血球やタンパク質を通さない人工的な膜である。透析は，患者の血液を体外へ導き，透析膜を介して透析外液と接することにより行う。透析は不要な成分を除くために行われるが，その際に失われやすいナトリウムイオンやグルコースなどは，透析外液にあらかじめ補充されている。実際の腎臓のはたらきにはあるしくみ

で，透析療法にはないものを以下から 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 水分の能動的な再吸収
2. グルコースなどの能動的な再吸収
3. 老廃物の排出・除去
4. 余剰な水分の排出・除去
5. 余剰なナトリウムイオンの排出・除去

3 遺伝子配列解析に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

2019 年末に突如現れた SARS-Cov-2（原文ママ）（以下，新型コロナウイルス）は 1918 年のスペイン風邪以来の世界的なパンデミックを引き起こし，グローバル化した社会経済を混乱させている。新型コロナウイルスは，2003 年にアジア地域で局所的に流行した SARS-Cov-1（以下，SARS）に系統的に近いが，より感染性が高いと考えられている。

新型コロナウイルスの遺伝情報は RNA 鎖に記述されており，細胞にウイルスが感染後，ウイルスゲノムからタンパク質が直接翻訳される。SARS の流行の時にはウイルスの全ゲノムを解析するのに 1 ヶ月程度要したが，新型コロナウイルスの場合はわずか数日で全ゲノム配列が解読された。すでに多数の地域の患者から分離された新型コロナウイルスの全ゲノム解析の結果が報告されており，ほぼリアルタイムでウイルスの遺伝子変異を追うことができるようになった。例えば，図 1 に示すように，宿主の細胞への結合に必要なウイルスの S タンパク質の遺伝子に，株 1 と株 2 の間で 1 塩基の違いが生じている。具体的には，614 番目のアミノ酸がアスパラギン酸である株 1 が最初に広がっていったが，次にグリシンに置換された株 2 が発生し，全世界に広がっていったと推定されている。

アミノ酸番号		610					615				620			
		V	#	Y	Q	D	V	N	C	T	E	V	P	
株 1	5′……	GUU	CUU	UAU	CAG	GAU	GUU	AAC	UGC	ACA	GAA	GUC	CCU	……3′
株 2	5′……	GUU	CUU	UAU	CAG	**XYZ**	GUU	AAC	UGC	ACA	GAA	GUC	CCU	……3′
		V	#	Y	Q	G	V	N	C	T	E	V	P	

図 1　S タンパク質の遺伝子配列とアミノ酸配列

1 文字目	2 文字目				3 文字目
	U	C	A	G	
U	フェニルアラニン (F)	セリン (S)	チロシン (Y)	システイン (C)	U
	フェニルアラニン (F)	セリン (S)	チロシン (Y)	システイン (C)	C
	ロイシン (L)	セリン (S)	Stop	Stop	A
	ロイシン (L)	セリン (S)	Stop	トリプトファン (W)	G
C	ロイシン (L)	プロリン (P)	ヒスチジン (H)	アルギニン (R)	U
	ロイシン (L)	プロリン (P)	ヒスチジン (H)	アルギニン (R)	C
	ロイシン (L)	プロリン (P)	グルタミン (Q)	アルギニン (R)	A
	ロイシン (L)	プロリン (P)	グルタミン (Q)	アルギニン (R)	G
A	イソロイシン (I)	トレオニン (T)	アスパラギン (N)	セリン (S)	U
	イソロイシン (I)	トレオニン (T)	アスパラギン (N)	セリン (S)	C
	イソロイシン (I)	トレオニン (T)	リシン (K)	アルギニン (R)	A
	メチオニン (M)	トレオニン (T)	リシン (K)	アルギニン (R)	G
G	バリン (V)	アラニン (A)	アスパラギン酸 (D)	グリシン (G)	U
	バリン (V)	アラニン (A)	アスパラギン酸 (D)	グリシン (G)	C
	バリン (V)	アラニン (A)	グルタミン酸 (E)	グリシン (G)	A
	バリン (V)	アラニン (A)	グルタミン酸 (E)	グリシン (G)	G

表 1　遺伝暗号表

問 1　次世代シーケンサーが登場する以前には，ゲノム配列の解析は，二本鎖 DNA を断片化後，各々の断片を増幅させ塩基配列を解析する必要があった。その手法について述べた次の文中の（ A ）～（ D ）に入る語を以下の【語群】から 1 つずつ選び，番号で答えなさい。

まず，小型の DNA で自己増殖能をもち目的の DNA 断片を運搬する役割を担う（ A ）に，ゲノム DNA を制限酵素で消化した断片を（ B ）により連結させ，組換えプラスミドを作製する。その組換えプラスミドを大腸菌に導入し増殖させ組換えプラスミドを抽出する。得られた組換えプラスミドに含まれる DNA 断片の塩基配列を，4 種類の塩基の（ C ）と，4 種類の塩基の蛍光色素が付加された特殊な（ C ）を用いて，プライマーと（ D ）により反応させ，得られた反応液を電気泳動により分離し解析することで塩基配列を決定する。

【語群】

1. DNA ヘリカーゼ	2. DNA ポリメラーゼ	3. DNA リガーゼ
4. RNA ポリメラーゼ	5. ウイルス	6. デオキシリボース
7. ヌクレオシド	8. ヌクレオチド	9. リボース
10. ベクター	11. リプレッサー	

問 2　文中の下線部のような変異はヒトでも起こる。このような個体間の塩基配列の違いを何というか。以下の例に従ってひらがな 8 文字で答えなさい。

（10 文字の例）

ぷ	ら	す	ち	っ	く	ち	ゅ	ー	ぶ

問 3　図 1 の X～Z に入ることが可能な塩基を，それぞれすべて，アルファベット 1 文字で答えなさい。

問 4　図 1 の#のアミノ酸をアルファベット 1 文字で答えなさい。

問 5　S タンパク質の翻訳をアミノ酸 615 番目以降で最も早く停止させるような 1 塩基の変異を導入するとき，何

番目のアミノ酸のコドンをどのように変えるとよいか。アミノ酸番号と，変更後のコドンを答えなさい。

問 6　一般的に普及している次世代シーケンサーは DNA 鎖の塩基配列を解読できるが，RNA 鎖を直接解読することができない。そこで，レトロウイルス由来の逆転写酵素を用いて新型コロナウイルスのゲノムを鋳型として相補鎖 DNA を作製する。株 1 のゲノムを鋳型として本操作により得られる図 1 の範囲の相補鎖 DNA の配列を，以下から 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 5′-GUUCUUUAUCAGGAUGUUAACUGCACAGAAGUCCCU-3′
2. 5′-GTTCTTTATCAGGATGTTAACTGCACAGAAGTCCCT-3′
3. 5′-AGGGACUUCUGUGCAGUUAACAUCCUGAUAAAGAAC-3′
4. 5′-AGGGACTTCTGTGCAGTTAACATCCTGATAAAGAAC-3′
5. 5′-CAAGAAAUAGUCCUACAAUUGACGUGUCUUCAGGGA-3′
6. 5′-CAAGAAATAGTCCTACAATTGACGTGTCTTCAGGGA-3′

問 7　ウイルスの存在の有無は，問 6 の方法で調製した DNA 鎖を PCR 法により増幅させた DNA 断片を検出することによって行われている。PCR 法において，プライマーの 3′ 末端の 1 塩基が相補鎖 DNA と塩基対を形成できないと，DNA 鎖の合成効率が大きく低下することが知られている。この原理により，遺伝子の変異を PCR 法で検出することが可能である。これを利用して図 1 に示す株 1 と株 2 の間の変異の有無を見分けるための，株 1 のゲノムを相補鎖とする 10 塩基の長さのプライマーを設計しなさい。なお，PCR 法に用いるもう片方のプライマーは図 1 に表示した 3′ 側の領域の株 1 と株 2 とで共通する S タンパク質の遺伝子配列を用いるものとする。

問 8　株 1 および株 2 のゲノムから問 7 の手法で調製した S タンパク質の遺伝子領域を完全に含む相補鎖の DNA 断片が，それぞれの反応液に 20 本存在する条件において，問 7 で設計したプライマーを用いて PCR 法を理想的な条件で行った。株 1 については 5 サイクルの反応を行った後，株 2 については 1 または 5 サイクルの反応を行った後，さらに熱変性を行ったのちに存在する 1 本鎖 DNA の本数をそれぞれ求めなさい。なお，プライマーの 3′ 末端の 1 塩基が鋳型と相補鎖を形成していない場合は，形成している場合と比べ，PCR 法の 1 サイクルにおける DNA 増幅の効率が 90 % 低下するものとする。

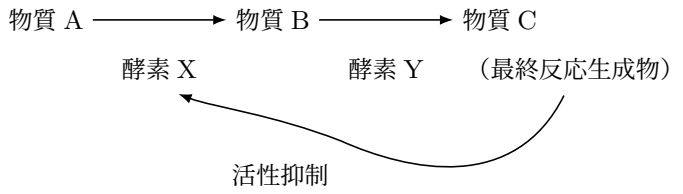
生物②

（2 科目　120 分）

1 酵素反応に関する【A】と【B】の文を読み，以下の問いに答えなさい。

【A】

生体内における化学反応には酵素と呼ばれるタンパク質が重要な役割を果たしている。化学反応は，酵素がないと（ ア ）が非常に高いため進まないが，酵素が（ ア ）を低下させるため，酵素存在下では化学反応が促進される。酵素反応は，酵素の（ イ ）に基質が結合し，（ ウ ）を形成することで開始される。（ イ ）は酵素特有の（ エ ）を有するため，ある特定の基質しか結合しない。これを（ オ ）と呼ぶ。しかし，基質とよく似た物質が（ イ ）に結合すると，本来の基質が結合できなくなり，酵素反応が阻害されてしまう。このような阻害を競争的阻害という。また，ある種の酵素には，（ イ ）とは異なる位置に（ カ ）部位と呼ばれる部位をもつものがある。この部位に，ある低分子物質が結合すると（ イ ）の（ エ ）が変化し，酵素活性も変化する。このタイプの酵素は下図に示したような負の（ キ ）調節において重要である。



また，酵素活性には，酵素タンパク質とともに低分子物質を必要とする場合がある。このような低分子物質のなかで，酵素タンパク質から遊離しやすいものを（ ク ）という。例えばニコチン酸を成分とする（ ケ ）やビタミン B_2 を成分とする（ コ ）は，呼吸の（ サ ）酵素がはたらくために必要な（ ク ）である。光合成の（ サ ）酵素の場合にはニコチン酸を成分とする（ シ ）が（ ク ）となる。

問 1　文中の空欄（ ア ）～（ シ ）に入る適切な語を，以下の語群から 1 つずつ選び，番号で答えなさい。

1. 不活化	2. 一次構造	3. NAD^+
4. 立体構造	5. 酵素－生成物複合体	6. フィードバック
7. 温度	8. 加水分解	9. 酵素－基質複合体
10. メタリック	11. 強度	12. 活性化エネルギー
13. FAD	14. 転移	15. ATP
16. 合成反応	17. イオン結合	18. $NADP^+$
19. 基質特異性	20. カタラーゼ	21. 活性部位
22. 失活	23. UTP	24. 水素結合
25. アロステリック	26. 脱水素	27. 補酵素
28. 鉄	29. 温度感受性	30. 高エネルギー

問 2　文中の下線部のはたらきは生体内でどのような意味をもつか，以下の記述のうち適切なものを 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 酵素の量をゆっくり減少させる。
2. 最終反応生成物をすみやかにつくりだす。
3. 不要な酵素をゆっくりと失活させる。
4. 最終反応生成物の量を一定範囲に保つ。
5. 酵素の量が不足した場合に，すみやかに増やす。

【B】

アルカリホスファターゼ（ALP）は肝臓や腎臓など，多くの臓器に存在し，臓器の異常があると血液中に漏れ出てくるため，臓器の異常を知るのに有用な酵素である。ALP の測定原理を以下に示した。

$$\text{パラニトロフェニルリン酸} \quad + \quad \text{水} \xrightarrow[\text{pH 9 の緩衝液}]{\text{ALP}} \text{パラニトロフェノール} \quad + \quad \text{リン酸}$$

1 分子のパラニトロフェニルリン酸が ALP により加水分解され，パラニトロフェノールとリン酸が 1 分子ずつ生成される。この反応の速度は ALP の酵素活性と比例し，パラニトロフェノールは黄色に発色するので，吸光度（405 nm の波長）を測定することによって ALP の酵素活性（反応速度）を求めることができる。

この測定原理を用いて，ALP 水溶液の酵素活性を調べる実験を行った。

【実験 1】パラニトロフェノールの濃度（mmol/L）と吸光度の関係を調べた。

0〜100 mmol/L の濃度のパラニトロフェノール溶液を調製し，それぞれ 1 mL に 9 mL の水酸化ナトリウム溶液を添加した。この溶液を 1 mL 取り出し，吸光度を測定した。

パラニトロフェノール濃度（mmol/L）	吸光度（405 nm）
0	0
5	0.1
10	0.2
25	0.5
50	1
100	2

【実験 2】次のような条件で，一定量の ALP を含む酵素溶液と基質溶液を反応させ，吸光度を測定した。

まず様々な濃度の基質溶液を緩衝液で希釈して調製した。0.5 mL の各濃度の基質溶液と 0.5 mL の酵素溶液を混ぜ（この混合液を酵素反応液とする），37 ℃で保温した。10 分後，素早く 9 mL の水酸化ナトリウム溶液を添加して酵素反応を停止した。この溶液を 1 mL 取り出し，吸光度を測定した。

酵素反応液中の 基質濃度（mmol/L）	吸光度 （405 nm）
0	0
200	0.3
400	0.6
600	0.9
800	1.2
1000	1.3
1200	1.3

問 3　【実験 1】の結果をもとに，吸光度からパラニトロフェノールの濃度を求めるための検量線の方程式（計算式）を解答欄に記入しなさい。ただし，吸光度を Y，パラニトロフェノールの濃度を X とし，この濃度の単位を mmol/L とすること。

問 4　【実験 2】において，酵素反応液中の基質濃度が 400 mmol/L のときの反応速度を求めなさい。ただし，1 分間あたりに，酵素反応液中で生成されたパラニトロフェノールの濃度（mmol/L）を反応速度とする。

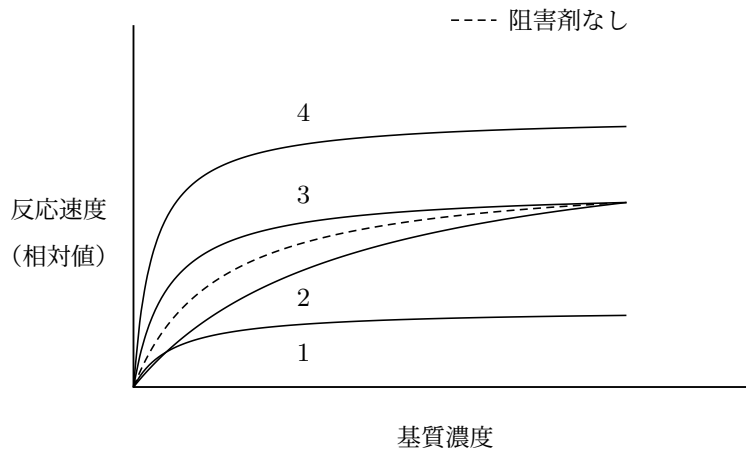
問 5　【実験 2】の下線部の操作により酵素反応が停止した理由は何か，以下の記述のうち適切なものを 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 酵素の立体構造が変化したから。
2. 酵素の一次構造が変化したから。
3. 酵素が熱変性したから。
4. 基質が分解したから。
5. 酵素が生成物と反応したから。

問 6　【実験 2】の結果に関して正しい記述を，以下からすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. 基質濃度が 1000 mmol/L 以上の場合，基質濃度と反応速度は比例関係にある。
2. 基質濃度が 1000 mmol/L 以上の場合，ほぼすべての酵素が基質に結合している。
3. 基質濃度が 1000 mmol/L 以上の場合，大部分の酵素が失活している。
4. 基質濃度が 200 mmol/L の場合，基質と結合していない酵素がある。
5. 基質濃度が 200 mmol/L の場合の反応速度は，400 mmol/L の場合より速い。

問 7 【実験 2】において，競争的阻害剤，あるいは非競争的阻害剤を添加した場合，どのようなグラフになるか，下図の 1〜4 からそれぞれ選び，番号で答えなさい。



2 免疫に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

私達の体には，病原体などの異物が体内に侵入するのを防いだり，侵入した異物を排除したりする機構が備わっている。これを免疫と呼ぶ。病原体の侵入に対する防御として，まず，皮膚の（ ア ）や気管の（ イ ）による物理的な防御がある。また，だ液に含まれる（ ウ ）や皮膚で分泌される（ エ ）は，抗菌作用をもち，病原体の侵入を防いでいる。このような防御を越えて，病原体が侵入した場合，まず（ オ ）などの食細胞がその部位に集まり，貪食により病原体を直接取り込み，消化することで排除する。また，食細胞が発現するトル様受容体は，細菌の細胞壁やウイルスの RNA などを認識し，食細胞の活性化や（ カ ）の産生を促す。このような物理的・化学的防御と食細胞などによる防御をまとめて（ キ ）と呼ぶ。

（ キ ）をくぐりぬけて病原体が侵入した場合，続いてリンパ球を中心とした（ ク ）が活性化する。（ ク ）の活性化には，樹状細胞などの（ ケ ）細胞が必要である。樹状細胞は貪食した病原体や異物を分解し，その一部を（ ケ ）しリンパ球の活性化を誘導する。（ ク ）は，抗体を産生する B 細胞による（ コ ）と，T 細胞のはたらきが中心となる（ サ ）に分けられる。B 細胞は，活性化されると抗体を産生する（ シ ）に分化する。抗体は抗原の（ ス ）に特異的に結合し，（ セ ）反応により異物や毒素を凝集させ，無毒化する。また，病原体に結合し，細胞を溶解するはたらきもある。一方，T 細胞は，MHC 分子に提示された抗原の断片を認識，活性化し，病原体の感染した細胞を排除したり，自己と非自己の MHC 分子の違いを区別し，非自己の MHC 分子を持つ細胞を排除したりする。

私達の体内には，様々な抗原に反応できるように多様なリンパ球が存在する。そのうち，自己のタンパク質や MHC 分子を認識し活性化するリンパ球は，あらかじめ除かれていたり活性化できないように制御されており，自己に対して免疫がはたらかないようになっている。この状態を（ ソ ）と呼ぶ。

問 1 文中の空欄（ ア ）～（ ソ ）に入る適切な語を，以下の【語群】から 1 つずつ選び，番号で答えなさい。

【語群】

1. 毛	2. 爪	3. 角質	4. 真皮
5. 消化液	6. 組織液	7. 繊毛	8. 鞭毛
9. マトリクス	10. リゾチーム	11. アミラーゼ	12. ホルモン
13. ディフェンシン	14. サイトカイン	15. ドーパミン	16. エキソン
17. イントロン	18. エピトープ	19. オペロン	20. 抗原提示
21. マクロファージ	22. ナチュラルキラー細胞	23. 形質細胞	24. キラー細胞
25. ヘルパー細胞	26. リガンド結合	27. 抗原抗体	28. 共有結合
29. 化学	30. 酸化	31. 免疫寛容	32. 免疫耐性
33. 自己免疫	34. 細胞性免疫	35. 基礎免疫	36. 自然免疫
37. 応用免疫	38. 獲得免疫（適応免疫）	39. アポトーシス	40. 体液性免疫

問 2 活性化したリンパ球の一部は，そのまま体内に長期間生存し，次に同じ抗原が侵入した際に素早く反応し，排除にはたらく。この仕組みをなんと呼ぶか。例に従ってひらがな 7 文字で答えなさい。

（10 文字の例）

ぷ	ら	す	ち	っ	く	ち	ゅ	ー	ぶ

問 3 異物の侵入に対する防御について，誤っている記述を以下より 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 血液凝固も生体防御の 1 つである。
2. 皮膚は分泌物によって弱アルカリ性に保たれており，細菌の増殖を防いでいる。
3. 文中の（ ウ ）や（ エ ）は，いずれもタンパク質である。
4. 気管の（ イ ）は，付着した病原体を押し出し，排泄する役割をしている。
5. 胃酸により，食べた食物に付着した病原体が殺菌される。

問 4 文中の空欄（ キ ）に関わる食細胞の説明について，誤っている記述を以下より 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 食細胞とリンパ球はいずれも白血球であり，同じ幹細胞から分化する。
2. 病原体だけでなく，宿主の細胞を貪食，排除するはたらきもある。
3. 抗体によって，食細胞の作用が増強される。
4. 食細胞は，トル様受容体を介して抗原特異的に病原体を認識し，排除する。
5. トル様受容体は複数あり，食細胞の細胞内に存在するものもある。

問 5 抗体について，適切な記述を以下より 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 1 つの抗原に対して特異的な抗体が 1 種類，つくられる。
2. 1 種類の B 細胞は，複数の抗原に対する抗体をつくる能力をもっている。
3. 抗体産生には，T 細胞は関与しない。
4. 花粉症やじんましんなどのアレルギーにも，抗体が関与する。
5. ヒト免疫不全ウイルス（HIV）感染症では，患者の抗体産生能は変化しない。

問 6 文中の下線部について，マウスを用いて次の【実験 1】を行った。

【実験 1】

MHC 分子の遺伝子型が“AA”の雌マウスと，MHC 分子の遺伝子型が“BB”の雄マウスを交配し，第 1 世代の子を作製した。

【実験 1】で作製した第 1 世代の子の MHC 分子の遺伝子型を，アルファベットの大文字，2 文字で答えなさい。

問 7　【実験 1】に続けて，次の【実験 2】を行った。

【実験 2】

MHC 分子の遺伝子型が“AC”の雌マウスと，MHC 分子の遺伝子型が“BD”の雄マウスを交配し，第 1 世代の子を 20 匹作製し，その MHC 分子の遺伝子型を調べた。

【実験 2】で作製した第 1 世代の子の間で，MHC 分子の遺伝子型が同じになる確率（%）を答えなさい。なお，答えが小数点を含む場合は，小数点第 2 位を四捨五入し，小数点第 1 位まで求めなさい。

問 8　【実験 1】,【実験 2】に続けて，次の【実験 3】を行った。

【実験 3】

問 6 の【実験 1】で作製した第 1 世代の雌マウスと，問 7 の【実験 2】で作製した第 1 世代の雄マウスを交配し，第 2 世代の子を 20 匹作製し，その MHC 分子の遺伝子型を調べた。

【実験 3】で作製した第 2 世代の子の中で，MHC 分子の遺伝子型が，“AA”となる確率（%）を答えなさい。なお，答えが小数点を含む場合は，小数点第 2 位を四捨五入し，小数点第 1 位まで求めなさい。

問 9　【実験 3】に続けて，次の【実験 4】を行った。

【実験 4】

問 8 の【実験 3】で，第 2 世代の子を 60 匹作製した。それらのマウスに，MHC 分子の遺伝子型が“AA”のマウスの皮膚を移植し，その生着を観察した。その結果，半数以上のマウスで移植した皮膚の生着が観察された。

【実験 4】の実験結果の理由として適切な記述を，以下より 1 つ選び，番号で答えなさい。なお,【実験 1】【実験 2】で用いた雌および雄のマウスは，MHC 分子のみが異なるものとする。また，皮膚を移植する実験は，すべて同じ性別のマウスを用いて行った。

1. MHC 分子以外が同じであれば，移植した皮膚は生着する。
2. 同じ種では MHC 分子が互いに類似しているため，移植した皮膚は拒絶されない。
3. MHC 分子を認識する T 細胞には多様性が存在し，移植した皮膚を自己として認識できる。
4. MHC 分子をコードする対立遺伝子のどちらかが“A”であれば，“AA”の皮膚は生着する。
5. MHC 分子の遺伝子型“A”は優性遺伝であり，子のマウスで“AA”の頻度が増加した。

3 植物の生殖方法に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

生物の進化の過程において，植物は，水中に生息する藻類から，コケ植物，シダ植物，そして種子植物という順序で水中から陸上へと進出していったと考えられている。湿地に生息するコケ植物は（ ア ）と胞子の形成によって陸上に適応し，（ イ ）代に出現したシダ植物はコケ植物よりもさらに乾燥に強い体を獲得し[a]，陸上で繁栄した。シダ植物の後に出現した種子植物は，外界の水を必要としない受精方法と乾燥に耐え得る種子の形成能を獲得したことで繁栄したと考えられている。

種子植物である被子植物は重複受精という受精方法を用いて種子を形成する。花が小さなつぼみの頃，おしべの先端にある葯（やく）の中にある多数の花粉母細胞に細胞分裂が起こり，4 個の細胞が集まった花粉四分子が形成される。花が開く頃になると，花粉四分子に不均等な細胞分裂が起こり，小さな（ ウ ）と，それを内包する大きな（ エ ）をもつ花粉が形成される。一方，子房の中にある胚珠では，胚珠内に形成される胚のう母細胞の不等分裂によって 1 個の胚のう細胞を生じる。胚のう細胞は核分裂を複数回繰り返して 8 個の核を生じる。そして，8 個の核のうち 3 個が珠孔側で 1 個の（ オ ）の核と 2 個の助細胞の核になる。また，他の 3 個の核は，珠孔の反対側に移動して 3 個の（ カ ）の核になる。残りの 2 個の核は（ キ ）の核となる。このようにして 7 個の細胞をもつ胚のうが形成される。

被子植物のめしべの柱頭に花粉が付着して受粉が成立すると，花粉は胚珠に向かって花粉管を伸長させる。この間に（ ウ ）が細胞分裂して 2 個の精細胞を生じる。花粉管の先端が胚珠の珠孔から胚のうに接近すると，2 個の助細胞のいずれかに向かって花粉管が伸びて侵入し[b]，花粉管の先端が破れて 2 個の精細胞が放出される。放出された精細胞の 1 個は（ ク ）と受精して受精卵となり，細胞分裂を繰り返した後，胚となる。もう 1 個の精細胞は（ ケ ）と融合する。そして，精細胞と（ ケ ）に含まれている核も融合し，胚乳核となる。胚乳核は核分裂を繰り返した後，各々の核を 1 個ずつ含む細胞が形成され，これらの細胞が胚乳となる。このようにして胚と胚乳をもつ種子[c]が形成される。

問 1　文中の空欄（ ア ）～（ ケ ）に入る適切な語を以下の【選択肢】の中から 1 つずつ選び，番号で答えなさい。但し，同じ語を何度選んでも良い。

【選択肢】

1. 先カンブリア時代	2. 皮層	3. 中生	4. 師部
5. カンブリア紀	6. オルドビス紀	7. 木部	8. デボン紀
9. 中央細胞	10. 極体	11. ジュラ紀	12. 白亜紀
13. 三畳紀（トリアス紀）	14. 花粉細胞	15. 精母細胞	16. 古第三紀
17. 雄原細胞	18. クチクラ層	19. 雌原細胞	20. 花粉管細胞
21. 卵細胞	22. 新生	23. 表皮	24. 石炭紀
25. 形成層	26. ペルム紀	27. 子房壁	28. 珠皮
29. シルル紀	30. 卵母細胞	31. 反足細胞	32. 古生

問 2　被子植物は中生代の何紀に出現したと考えられているか。問 1 の【選択肢】の中から 1 つ選び，番号で答えなさい。

問 3　文中の下線部 a について，湿地に生息するコケ植物と異なり，シダ植物は（ X ）や気孔の形成によってより乾燥に耐え得る体を獲得し，陸上での繁栄が可能になったと考えられている。空欄（ X ）に入る適切な語を以下の例に従ってひらがな 5 文字で答えなさい。

（10 文字の例）

ぷ	ら	す	ち	っ	く	ち	ゅ	ー	ぶ

問 4 被子植物が行う重複受精の以下の過程で起こる細胞分裂のうち，減数分裂に当たるものをすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. おしべの先端に葯が形成される過程で起こる細胞分裂
2. 花粉母細胞から花粉四分子を生じる過程で起こる細胞分裂
3. 花粉四分子から花粉が形成される過程で起こる細胞分裂
4. めしべの子房の中に胚珠が形成される過程で起こる細胞分裂
5. 胚珠の中に胚のう母細胞が形成される過程で起こる細胞分裂
6. 胚のう母細胞から胚のう細胞が形成される過程で起こる細胞分裂
7. 胚のう細胞から文中の（ オ ）が形成される過程で起こる細胞分裂
8. 花粉管内で文中の（ ウ ）から精細胞が形成される過程で起こる細胞分裂

問 5 文中の下線部 b について，胚珠の珠孔から胚のうに接近した花粉管が助細胞に向かって伸長してくる理由を 30 文字以内で答えなさい。ただし，助細胞と花粉管の 2 語を必ず使用すること。なお，句読点は文字数に数えない。

問 6 文中の下線部 c について，一般的な被子植物と裸子植物の胚乳の核相を答えなさい。

問 7 文中の下線部 c に関連する以下の記述のうち，正しいものをすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. トウモロコシの種子は，胚乳がそれほど発達せず，種子が完成するまでに消滅してしまう。
2. ヒマワリの種子は，発芽の際に必要となる栄養分を子葉に貯えている。
3. オオムギの種子が発芽する際，糊粉層からのアミラーゼの分泌を誘導するジベレリンは胚乳で合成される。
4. 胚乳の周りを取り囲んでいる種皮は珠皮に由来している。
5. レタスの種子に赤色光を照射すると，P_R 型フィトクロムの量が増え，ジベレリンの合成が促進され，種子の発芽が促進される。

問 8 胚のうに接近した花粉管が助細胞に向かって伸長する性質を何というか。問 3 の例に従ってひらがな 10 文字で答えなさい。