帝京大学

2022 年度　一般選抜　生物

生物①

（2 科目　120 分）

1 ヒトの免疫に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

新型コロナウイルスは図 1 に示したように，RNA 遺伝子が N タンパク質（ヌクレオカプシド）というタンパク質によって束ねられ，これが脂質二重膜である外膜に包まれた構造をしている。その外膜には S タンパク質（スパイクタンパク質）とよばれるタンパク質が存在しており，S タンパク質の RBD（受容体結合部位）という一部の領域が，我々のある種の細胞表面に発現している ACE2 というタンパク質に結合して細胞内に侵入することが知られている。

図 1　新型コロナウイルスの模式図

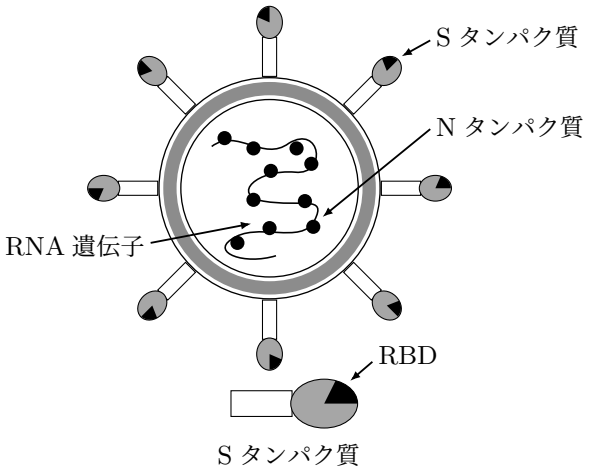
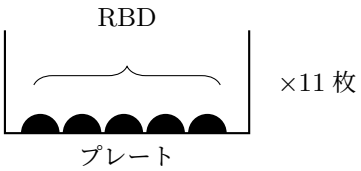
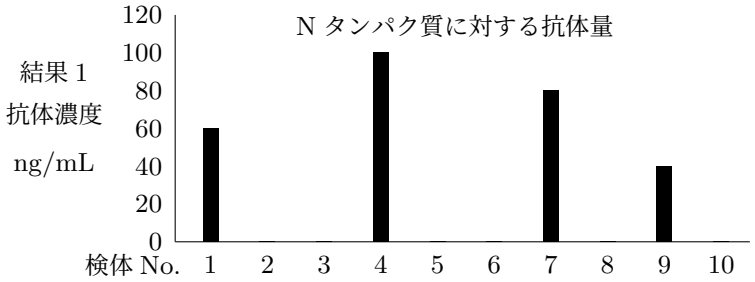


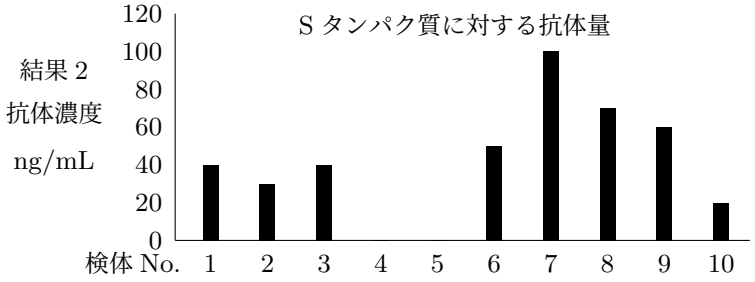
図 2

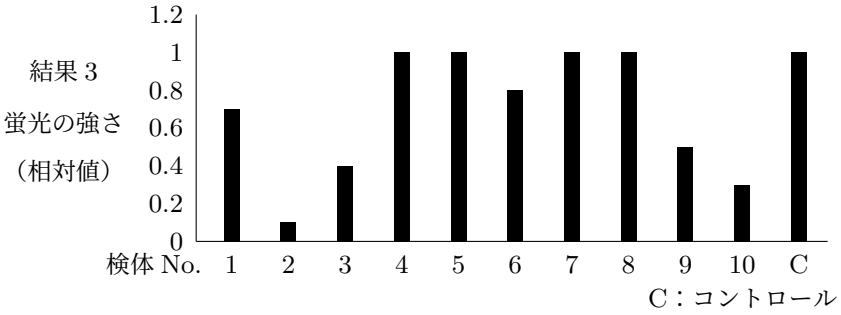


実験 1：S タンパク質をワクチンとして予防接種を行った人（10 名）から血清を調製し，N タンパク質および S タンパク質に対する抗体量を測定した（結果 1 と 2）。

実験 2：図 2 に示したように，RBD を底に結合させたプレートを 11 枚分用意し，各血清（100 μL）を 10 枚のプレートに添加した。同時に，コントロール（対照群）として 100 μL の生理的食塩水をもう 1 枚のプレートに添加した。30 分後，プレートから，血清または生理的食塩水を完全に除去し，蛍光標識した ACE2 タンパク質を含む溶液（100 μL）を添加した。さらに 30 分後，添加した ACE2 タンパク質溶液を除去し，生理的食塩水でプレートを洗浄した後，各プレートの蛍光の強さを測定した。コントロールにおいて強い蛍光が観察されたので，この蛍光の強さを 1 として各検体における蛍光の強さを相対値で示した（結果 3）。







問 1　新型コロナウイルスに感染したことがある人は少なくとも何人いるか，その人数を答えなさい。

問 2　ウイルスが細胞へ侵入することを防ぐ抗体が含まれると考えられる検体をすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。また，そのようにウイルスの作用を無力化（無毒化）するような抗体を一般に何抗体というか，以下の例にしたがってひらがな 4 文字で答えなさい。

（ひらがな 10 文字の例）

ぷ	ら	す	ち	っ	く	ち	ゅ	ー	ぶ

〔解答欄（抗体の名称）〕＿＿＿＿＿＿抗体

問 3　実験結果に関する以下の a〜e の考察について，正しいものには 1 を，誤っているものには 2 を選び，番号で答えなさい。

a. N タンパク質に対する抗体はワクチン接種によって生じたと考えられる。

b. 免疫細胞によるウイルス感染細胞の破壊を促進するような抗体が存在するとすれば，検体 7，8 にも感染防御に有効な抗体が含まれている可能性がある。

c. N タンパク質に対する抗体の中にも，細胞への侵入を防ぐ作用を示すものがあると考えられる。

d. S タンパク質に対する抗体量が多いほど，細胞への侵入を防ぐ抗体が多く含まれていると考えられる。

e. 検体 2，3，6，8，10 においては，ワクチン接種によって S タンパク質に対する抗体がつくられたことが明白である。

問 4　抗体の構造に関する記述として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. 抗原結合部位はエピトープともいわれている。
2. 抗原結合部位は H 鎖にしかない。
3. H 鎖の定常部位同士が S-S 結合で連結されている。
4. H 鎖と L 鎖の可変部同士が S-S 結合で連結されている。
5. H 鎖は 2 種類のポリペプチドから構成されている。

問 5　抗体の遺伝子に関する記述として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. H 鎖と L 鎖の遺伝子にはそれぞれ V，D，J の遺伝子断片群がある。
2. 遺伝子が転写された後に各遺伝子断片群が連結され多様性が生じる。
3. H 鎖の遺伝子断片群と L 鎖の遺伝子断片群が連結されて 1 つの抗体がつくられる。
4. 遺伝子断片群の連結などの遺伝子再編成はランダムに行われる。
5. 定常部位の遺伝子断片群はリボ核酸でできている。

問 6　B 細胞の活性化に関する記述として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. B 細胞による抗原提示が活性化に重要である。
2. B 細胞の活性化は主に感染部位で生じる。
3. T 細胞からのサイトカインが活性化に重要である。
4. 活性化すると B 細胞は記憶細胞に分化し抗体を産生する。
5. キラー T 細胞が活性化に重要である。

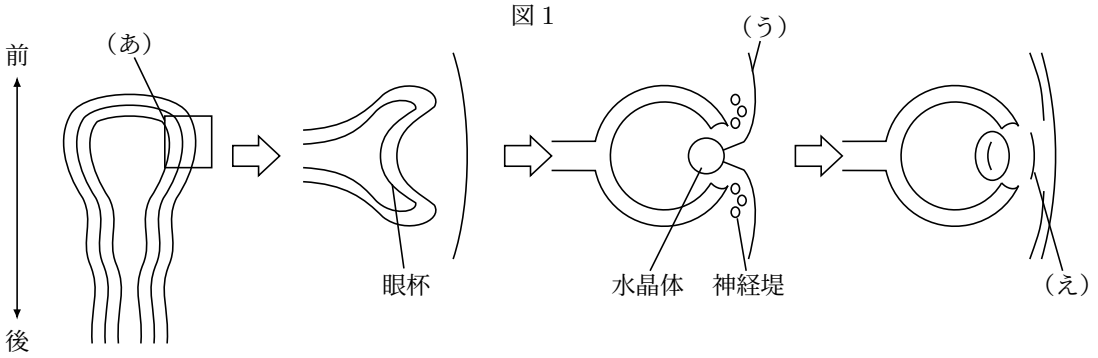
問 7　適応免疫に関する記述として正しいものをすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. 生まれながらにして病原体を即座に排除する。
2. 体液性免疫と細胞性免疫の両方が深く関与している。
3. キラー T 細胞が深く関与している。
4. ヘルパー T 細胞が深く関与している。
5. 抗原を提示するしくみが深く関与している。

2 眼の発生とはたらきに関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

発生初期に，神経管から（ あ ）と（ い ）ができる。（ あ ）の一部から体の左右に膨らんだ眼胞が伸び，中央がくぼんで眼杯となる。(a) 眼杯は（ う ）の細胞から水晶体を誘導する。さらに，(b) 水晶体は（ う ）の細胞と，近くの神経堤の細胞から（ え ）を誘導する（図 1）。

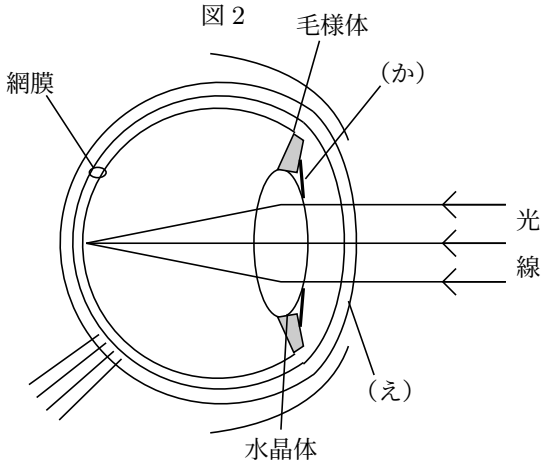
図 1



眼杯はやがて網膜に分化する。眼杯の内層の細胞は視細胞や（ お ）に分化する。眼杯の外層の細胞は色素細胞に分化して色素をもち，視細胞へ栄養を届けるなどして視細胞を保護する。眼杯の先端には，色素を含む（ か ）と毛様体ができる。

（ え ）と水晶体は，凸レンズとしてはたらく（図 2）。水晶体の細胞は，（ き ）という水溶性のタンパク質を多量に合成し，透明度を高めている。（ か ）は，網膜に入る光量を変える。（ く ）場所では，瞳孔散大筋が収縮して瞳孔が拡大し，逆の場所では瞳孔括約筋が収縮して瞳孔が縮小する。

図 2



毛様体は水晶体の厚さを変えることで，網膜上に鮮明な像ができるように調節する。毛様体にある環状に走る平滑筋（毛様体筋）が収縮すると，水晶体は（ け ）なって（ こ ）のものに焦点が合う。

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】から 1 つずつ選び，番号で答えなさい。

【語群】

1. アクチン	2. アルブミン	3. インスリン	4. クリスタリン
5. コラーゲン	6. ニューロン	7. おおい膜	8. 黄斑
9. 灰白質	10. 角膜	11. 基底膜	12. 虹彩
13. 髄鞘	14. 脊索	15. 脊髄	16. 体節
17. 脳	18. 白質	19. 表皮	20. 末梢神経
21. 盲斑	22. 杯細胞	23. 厚く	24. 薄く
25. 明るい	26. 暗い	27. 近く	28. 遠く

問 2 何らかの理由で，水晶体が白く濁る疾病を白内障という。文中の空欄（ き ）の一部は，シャペロンとしてはたらき，白内障を予防している。（ き ）は，シャペロンのどのようなはたらきで白内障を予防していると考えられるか，20 字以内で説明しなさい。なお，句読点は文字数に含まない。

問 3 文中の下線部 (a) の眼杯や，下線部 (b) の水晶体のはたらきを何というか，以下の例にしたがってカタカナ 7 文字以下で答えなさい。

（カタカナ 10 文字の例）

プ	ラ	ス	チ	ッ	ク	チ	ュ	ー	ブ

問 4 外胚葉から分化するものを以下からすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. 神経管　2. 神経堤　3. 表皮　4. 体節　5. 脊索
6. 心臓　7. 肝臓　8. 腸管（消化管）　9. 血球

問 5 視細胞は，あるビタミン由来の物質 X と結合したタンパク質（オプシン）からなる視物質をもつ。視物質に光が当たると，物質 X の形が変化して，文中の空欄（ お ）に信号を伝え，やがて物質 X とオプシンは分かれて色素細胞に取り込まれるが，色素細胞で物質 X は再生して視細胞へ戻される。物質 X の名称を，問 3 の例にしたがってカタカナ 5 文字で答えなさい。

問 6 問 5 の物質 X の材料となるビタミンを以下から 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. ビタミン A　2. ビタミン B_1　3. ビタミン B_2　4. ビタミン B_6
5. ビタミン B_{12}　6. ビタミン C　7. ビタミン D　8. ビタミン E
9. ビタミン K

問 7 問 6 のビタミンが不足した場合に現れることとして適切なものを以下から 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 遠くの像がぼやける。
2. 視野の一部が欠ける。
3. 色の区別に障害が起こる。
4. 明順応に障害が起こる。
5. 暗順応に障害が起こる。

問 8 こどもや若年者でみられる視力の低下の多くは，遠くに焦点を合わせることができなくなって起こる。その多くは，スマートフォンなどで近くに焦点を合わせ続けていることで，眼の構造が変化するためと考えられている。どのような変化で，どのような矯正レンズが必要か，図 2 の光線と焦点の関係をもとに考えて，適切な記述を以下から 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 眼球の奥行きが長くなる変化で，凹レンズによる矯正が必要。
2. 眼球の奥行きが長くなる変化で，凸レンズによる矯正が必要。
3. 眼球の奥行きが短くなる変化で，凹レンズによる矯正が必要。
4. 眼球の奥行きが短くなる変化で，凸レンズによる矯正が必要。
5. 水晶体が引き伸ばされたままになる変化で，凹レンズによる矯正が必要。
6. 水晶体が引き伸ばされたままになる変化で，凸レンズによる矯正が必要。

問 9　加齢や問 8 の変化などがきっかけとなり，網膜の一部で，眼杯の外層由来の細胞と，内層由来の細胞が離れてしまう網膜剥離（もうまくはくり）が生じることがある。それぞれの細胞のはたらきを参考に，網膜剥離で生じることとして適切なものを以下から 1 つ選び，番号で答えなさい。

1. 明るいところで，まぶしく，かすむ。
2. 視野の一部が欠ける。
3. 色の区別に障害が起こる。
4. 明順応に障害が起こる。
5. 暗順応に障害が起こる。

3 植物に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

同じ場所で一生を過ごす植物は，周囲の環境変化を敏感に感知しながら，適切な時期に適切な状態へと自身のからだを変化させる。たとえば，5 月中旬から下旬に種をまいたアサガオは夏から秋になると花を咲かせるが，これはアサガオが日長の変化を感知して起こす反応である。生物が日長変化の影響を受けて反応する性質を（ a ）という。アサガオのような植物は短日植物に分類され，（ b ）暗期よりも長い連続した暗期が与えられると花芽形成が誘導される。

上記のように，光は植物にとって最も重要な環境要因の 1 つである。植物は (1) フィトクロムのような光受容体を用いて光環境の変化を感知している。光受容体を介して感知した環境変化の情報は，情報を感知した細胞から応答する細胞へと伝えられる。このような情報伝達の場ではたらく物質が植物ホルモンである。植物ホルモンは細胞内で合成されると作用する部位の細胞の遺伝子発現を制御し，細胞の成長や生理的なはたらきを調節する。たとえば，(2) 植物の葉が昆虫による食害を受けると，植物ホルモンが合成されて情報伝達物質としてはたらき，植物体内で食害に対する防御反応が起こる。また，(3) 微生物やウイルスなどの病原体が感染すると，感染部位での感染拡大を抑制する反応が誘導される他，植物ホルモンの合成とそれらによる情報伝達を通じて，植物全体での感染抵抗性を示す反応が誘導される。

一方，植物の芽生えを暗所で水平に置くと，植物が重力方向に対する体の傾きを認識して行う姿勢制御反応として根が正の重力屈性を示す。重力に対するこのような応答は，根冠による重力の感受と植物ホルモンによる情報伝達を介して起こる。すなわち，根冠にある（ c ）細胞に含まれる（ d ）が重力方向に沈降すると根の上側と下側で植物ホルモンの不均衡が生じ，下側の細胞の成長が阻害されて屈曲が起こる。

問 1　文中の空欄（ a ），（ b ）に入る適切な語をひらがなで答えなさい。また，アサガオと同じ短日植物に分類される植物を以下の【選択肢】の中から 4 つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

1. イネ　　2. ホウレンソウ　3. キュウリ　4. アヤメ
5. ダイズ　　6. サツマイモ　　7. トマト　　8. アサ
9. トウモロコシ　10. エンドウ

問 2　文中の下線部 (1) に関連する以下の【記述】の中から正しいものを 3 つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【記述】

1. 植物は，光の吸収による光受容体の構造変化を介して，特定の波長の光が届いていることを感知する。
2. 光アンテナとしての役割をもつクロロフィルも，フィトクロムと同じタンパク質を主成分とする光受容体である。
3. フィトクロムは，光の受容に応じて核内で P_R 型と P_{FR} 型に変化し，遺伝子の転写を調節している。
4. 光発芽種子は，遠赤色光を受容すると P_{FR} 型のフィトクロムが増加し，ジベレリンの合成が誘導され発芽が促進される。
5. フォトトロピンは，光合成を担う葉緑体が強い光によるダメージを避けるために細胞内の位置を変える反応（逃避反応）を制御している。
6. 発芽した幼植物の胚軸（子葉と幼根の間の部分）の伸長や子葉の展開の制御にフィトクロムとクリプトクロムによる光の受容が関係している。

問 3　文中の下線部 (2) に関与する植物ホルモンを以下の【植物ホルモン】の中から 3 つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【植物ホルモン】

1. オーキシン　2. ジベレリン　3. ジャスモン酸　4. サイトカイニン
5. フロリゲン　6. システミン　7. アブシシン酸　8. エチレン
9. ブラシノステロイド

問 4　文中の下線部 (3) について，病原体の感染と共に起こる植物の応答に関する以下の【記述】の中から正しいものを 2 つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【記述】

1. 植物に感染した病原体の構成成分が細胞壁にある受容体で受容されると，感染抵抗性に関わる植物ホルモンの合成が誘導される。
2. 病原体が感染すると，感染部位の周辺にある細胞にプログラム細胞死が誘導される。
3. 病原体感染への抵抗性に関わる植物ホルモンを介して合成される感染特異的タンパク質は木部を通って植物体内を移動し，植物全体の感染抵抗性を高める。
4. 病原体感染と共に合成されるポリペプチド性植物ホルモンは，合成後に揮発性物質に変換されて拡散し，周囲の他個体に病原体感染への防御反応を促す。
5. 土壌中の酸素が低下すると合成される植物ホルモンは，根の皮層細胞のプログラム細胞死を誘導し，空気が入る空間をつくる。
6. 病原体が感染すると，感染細胞とは異なる部位の細胞でリグニンが合成され，感染細胞に運ばれて蓄積し，細胞膜が強化される。

問 5　文中の下線部 (3) について，微生物などの病原体に対する防御機構のうち，病原体が植物に感染すると植物体内で合成される低分子の抗菌性物質の総称を，以下の例にしたがってカタカナ 9 文字で答えなさい。

（カタカナ 10 文字の例）

プ	ラ	ス	チ	ッ	ク	チ	ュ	ー	ブ

問 6　文中の空欄（　c　）に入る適切な語を，以下の例にしたがってひらがな 4 文字で答えなさい。

（ひらがな 10 文字の例）

ぷ	ら	す	ち	っ	く	ち	ゅ	ー	ぶ

問 7　文中の空欄（　d　）に入る適切な語を，問 5 の例にしたがってカタカナ 7 文字で答えなさい。

生物②

（2 科目　120 分）

1 生命の特徴と遺伝情報に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

生物は，生きるためのさまざまな代謝機能を有し，自己増殖を行う複雑系のシステムである。自己複製系の誕生において，(1)RNA が遺伝情報として用いられたと考えられている。その後，DNA が遺伝情報として利用される DNA ワールドが形成された。現存の生物の DNA ワールドにおける遺伝情報の流れは（　A　）とよばれる原則に従い，染色体 DNA から遺伝情報が（　ア　）により RNA に（　イ　）される。

昨年，実用化された新型コロナウイルス感染症に対するメッセンジャー RNA（mRNA）ワクチンは，その mRNA にウイルスの細胞への結合に必要なスパイクタンパク質（S タンパク質）の情報が含まれている。ワクチンを接種後，細胞に取り込まれた mRNA は，（　ウ　）上で（　エ　）され，S タンパク質が合成される。この合成された S タンパク質は，獲得免疫系を刺激することで，S タンパク質と受容体との結合を阻害する中和抗体の生産を促す。また，新型コロナウイルスにおいてその遺伝情報は，1 本鎖 RNA で構成されるゲノムに記載されている。新型コロナウイルスの検出はそのゲノムを PCR 法で増幅することにより行われているが，ウイルスのゲノムを直接鋳型として利用することができないため，(2)（　オ　）を用いてウイルスゲノムから 1 本鎖の相補鎖 DNA を得る必要がある。

問 1　文中の空欄（　ア　）～（　オ　）にあてはまる適切な語を，以下の【語群】から 1 つずつ選び番号で答えなさい。ただし，同じ語を 2 度選んでもよい。

【語群】

1. DNA ポリメラーゼ　2. RNA ポリメラーゼ　3. アンチコドン
4. 逆転写酵素　5. コドン　6. 転写
7. トポイソメラーゼ　8. トランスファー RNA（tRNA）　9. 翻訳
10. リボソーム　11. リボソーム RNA（rRNA）

問 2　生物に共通してみられる特徴を以下の【選択肢】からすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

1. 外界と隔てるための膜がある。
2. 遺伝情報を伝える物質として DNA を利用している。
3. ATP を介してエネルギーを利用している。
4. 細胞壁によって外界と隔てられている。
5. 自己増殖に外界からのエネルギーを必要としない。
6. エネルギーの生産に酸素を必要とする。
7. 1 気圧でしか生きることができない。

問 3　下線部 (1) について RNA が遺伝物質として最初に利用されたと考えられる理由として適切なものを，以下

の【選択肢】から 1 つ選び番号で答えなさい。

【選択肢】

1. RNA は DNA に比べ化学的に安定であるため。
2. RNA は DNA に比べエネルギー状態が低いため。
3. RNA はそれ自体が触媒としての機能をもつことができるため。
4. RNA は二本鎖を形成できないため。
5. RNA からタンパク質が翻訳されるため。

問 4　文中の空欄（ A ）にあてはまる語をカタカナで答えなさい。

問 5　ウイルスに関する記述として適切なものを，以下からすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. 遺伝情報を伝える核酸とタンパク質，細胞壁をもつ。
2. 死んだ細胞の中でも増殖できる。
3. 限られた種類の生物に感染する。
4. 細菌に感染するファージとよばれるウイルスが存在する。
5. インフルエンザウイルスは光学顕微鏡で観察することができる。

問 6　図 1 は，新型コロナウイルスに感染したことがない人（A 群）と，一度新型コロナウイルス（従来株）に感染したことがある人（B 群）に，文章中のワクチンを接種後の，血液中の変異株 X に対する中和抗体の濃度を示している。それぞれの群において 10 人の結果を点で示しており，平均値は横線で表した。この図に関する以下の設問 (1)〜(3) に答えなさい。

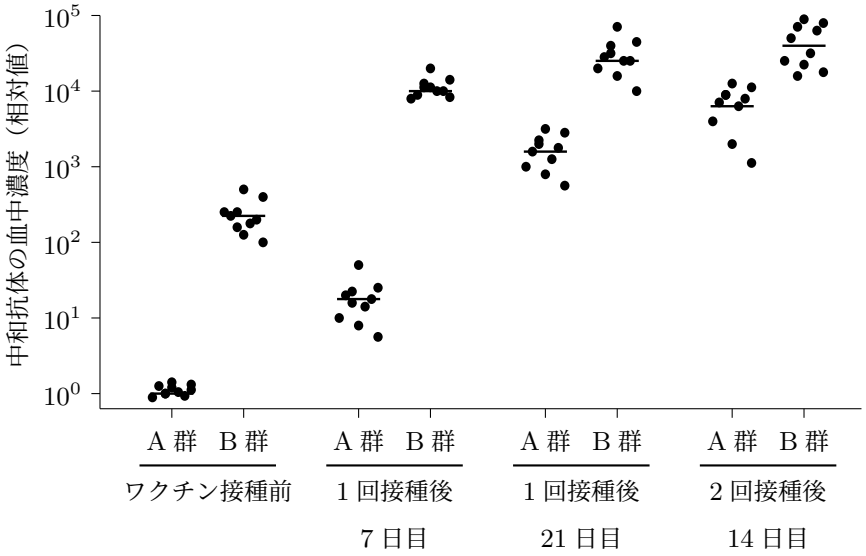


図 1　ワクチン投与後の血液中の変異株 X に対する中和抗体の濃度

(1)　ワクチン 1 回接種後 7 日目で A 群よりも B 群の方が中和抗体の濃度が高い。この免疫反応を何とよぶか，以下の例にしたがってひらがな 6 文字で答えなさい。

（ひらがな 10 文字の例）

ぷ	ら	す	ち	っ	く	ち	ゅ	ー	ぶ

(2) ワクチンまたは感染によって生じる抗体に関する記述として適切なものを，以下の【選択肢】から 2 つ選び，番号の小さい順に答えなさい。なお，A 群における変異株 X に対するワクチン 1 回接種後 21 日目，および，2 回接種後 14 日目での発症予防効果は，それぞれ 30 % および 70 % であったとする。

【選択肢】

1. A 群の血中の中和抗体の濃度は，ワクチンを 2 回接種後は時間が経過しても減少しない。
2. ワクチン接種前の B 群は，変異株 X に感染しても発症することはないと期待される。
3. 変異株 X に対する結合能が高い特定の中和抗体を，ある方法を用いて試験管内で生産し，変異株 X に感染した患者に投与することで治療効果が期待できる。
4. B 群は 1 回のワクチン接種では変異株 X に対して 50 % 以上の発症予防効果は期待できない。
5. ワクチンを 2 回接種後 14 日目における変異株 X に対する発症予防効果は，B 群の方が A 群より高いと予想される。

(3) A 群において S タンパク質の構造が大きく変化した変異株の発生が起きない限り，このワクチンの 2 回接種後 14 日目における発症予防効果は大きく減少することはないと考えられる。その理由として適切なものを，以下の【選択肢】から 2 つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

1. 生産される中和抗体は複数の種類が存在し，それぞれ S タンパク質と結合する部位が異なるため。
2. S タンパク質以外のウイルスの表面タンパク質を認識する抗体ができているため。
3. 十分な量の中和抗体が生産されているため。
4. 接種した mRNA が核酸に組み込まれ常に発現しているため。
5. 自然免疫によるウイルス感染への応答で十分であるため。

問 7 新型コロナウイルスに感染した患者から採取した検体 X〜Z からウイルスのゲノムを抽出し，文中の下線部 (2) の手法により得た相補鎖 DNA を鋳型として，理想的な条件において PCR 法を行った。図 2 は，得られた DNA 断片の DNA 量を増幅反応のサイクル毎に測定しプロットしたものである。この実験においては S タンパク質の遺伝子中の 500 塩基の領域を特異的に増幅するプライマーを用いた。この図に関する以下の設問 (1) と (2) に答えなさい。

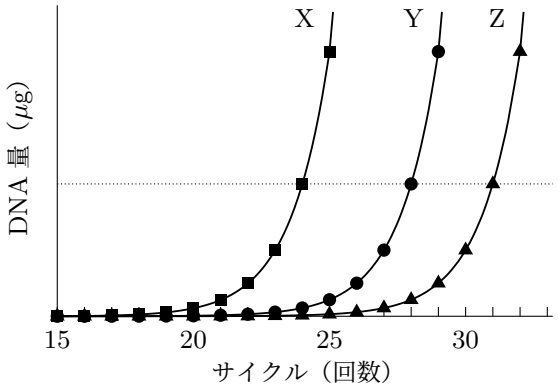


図 2　PCR 法によって得られる増幅反応のサイクル毎の DNA 量

(1) PCR 法に用いた，検体 X に含まれていたウイルスの数は検体 Y の何倍か。整数で答えなさい。

(2) 検体 Z は，含まれているウイルス数が検体 Y よりも多いにもかかわらず，本実験において同じサイクル数で得られる DNA 量が検体 Y より少なかった。検体 Z のウイルスのゲノムに生じた変化として適切なものを，以下の【選択肢】から 1 つ選び番号で答えなさい。

【選択肢】

1. 増幅させたウイルスのゲノムの領域の中央付近の 1 塩基が変化する変異が生じたことにより，DNA ポリメラーゼの増幅効率が低下したため。
2. 増幅させたウイルスのゲノムの領域の中央付近にアミノ酸配列の置換を伴う変異が生じたことにより，DNA ポリメラーゼの増幅効率が低下したため。
3. 増幅させたウイルスのゲノムの領域の中央付近に 100 塩基が挿入する変異が生じたことにより，増幅される DNA 断片が長くなったため。
4. 増幅させたウイルスのゲノムのプライマーが結合する配列に 1 塩基が変化する点変異が生じたことにより，ウイルスゲノム由来の相補鎖 DNA からの増幅効率が低下したため。
5. 増幅させたウイルスのゲノムのプライマーが結合する部分の塩基配列が欠損する変異が生じたことにより，プライマーが結合できなくなったため。

2 呼吸とエネルギーに関する次の 2 つの文を読み，以下の問いに答えなさい。

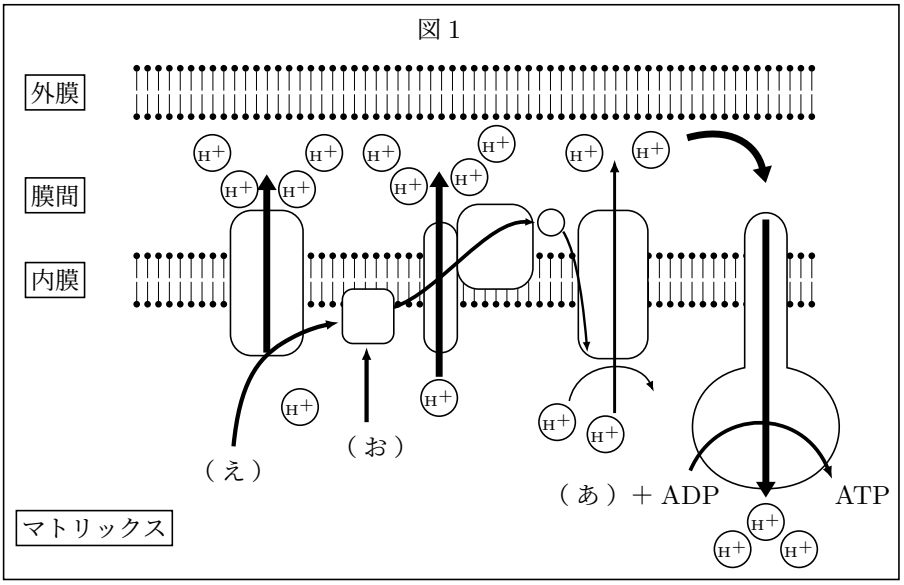
〈文 1〉

細胞は呼吸によって ATP を得ることができる。ATP を加水分解すると，ADP と（ あ ）が生じると同時にエネルギーを取り出すことができる。

炭水化物のグルコースを基質とした呼吸は，細胞内の異なる部位（ い ）と（ う ）で続いて起こる代謝過程からなる。（ い ）で起こる過程は酸素を必要とせず，酵素反応のみで速やかに起こるが，（ う ）で起こる過程は酸素を必要とし，酵素反応のほかに水素イオンの輸送を含む，酸化的リン酸化とよばれる複雑な反応がある。

（ い ）で生じた（ え ）は，他の分子に変えられて（ う ）に運び込まれ，（ う ）の中に同じ数の（ え ）が再生するしくみがある。こうして生じた（ え ）と，（ う ）で新たに生じた（ え ）や（ お ）の酸化還元エネルギーにより，(1) 水素イオンが（ え ）の 1 分子当たり 10 個，（ お ）の 1 分子当たり 6 個，（ う ）のマトリックスから内膜の外（膜間）へ輸送される。その結果，内膜をはさんだ水素イオンの濃度勾配が生じる。(2) 濃度勾配にしたがって膜間の水素イオン 3 個が ATP 合成酵素を通ってマトリックスにもどるとき，1 分子の ATP が合成される（図 1）。酸化的リン酸化では，一般に（ え ）の 1 分子当たり最大 3 分子程度の ATP，（ お ）の 1 分子当たり最大 2 分子程度の ATP が合成される。ただし，膜間の水素イオンの一部は ATP 合成酵素以外の輸送体を通ってマトリックスにもどることがあり，特に (3)（ あ ）1 分子が膜間からマトリックスへ輸送されるときに水素イオン 1 個が共に輸送されることが知られている。

図 1



問 1 〈文 1〉,〈文 2〉の空欄（ あ ）～（ こ ）にあてはまる適切な語を，以下の【語群】から 1 つずつ選び，番号で答えなさい。なお，それぞれの空欄は〈文 1〉と〈文 2〉で共通の語を示す。また，（ き ）～（ こ ）は次頁にある。

【語群】

1. Ca^{2+}	2. $FADH_2$	3. NAD^+	4. NADH
5. アクチンフィラメント	6. アセチル CoA	7. オキサロ酢酸	8. クエン酸
9. グリコーゲン	10. グルタミン酸	11. クレアチンリン酸	12. トロポニン
13. ピルビン酸	14. ミオシンフィラメント	15. ミトコンドリア	16. リン酸
17. 筋小胞体	18. 細胞質基質	19. 細胞膜	20. 脂肪酸
21. 乳酸	22. 尿素	23. 尿酸	24. 水（H_2O）
25. 運動	26. 感覚	27. 交感	28. 副交感
29. 大脳	30. 間脳	31. 延髄	32. 脊髄
33. 脳下垂体	34. 肝臓	35. 心臓	36. 肺

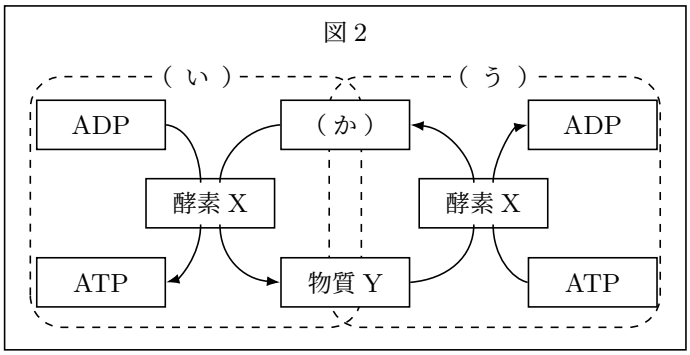
問 2 グルコースを基質とした呼吸の際に，文中の空欄（ い ）で起こる過程で生じてから（ う ）に運び込まれる物質は何か，以下から正しいものを 2 つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. ATP	2. $FADH_2$	3. NADH
4. クエン酸	5. クレアチンリン酸	6. ピルビン酸
7. 酸素	8. 水素イオン	9. 乳酸

〈文 2〉

筋細胞の（ い ）では，運動時に多量の ATP を必要とする。休息時に呼吸によって（ う ）で得られた ATP の高エネルギーリン酸結合は図 2 の酵素 X のはたらきで（ か ）に受け渡され（ い ）に運ばれる（図 2)。運動開始時に ATP が減少すると，酵素 X のはたらきですみやかに（ か ）の高エネルギーリン酸結合は ATP に戻され，ATP が再生する（図 2 の 2 つの酵素 X は，骨格筋型と心筋型で異なるが，同じ反応を触媒する)。筋細胞の（ い ）には ATP よりも多い（ か ）が含まれていて，エネルギーの蓄えとしての役割がある。ただし，激しい運動をすると，骨格筋細胞に蓄積した（ か ）は 1 分以内に消費され，呼吸による ATP の供給が必要になる。

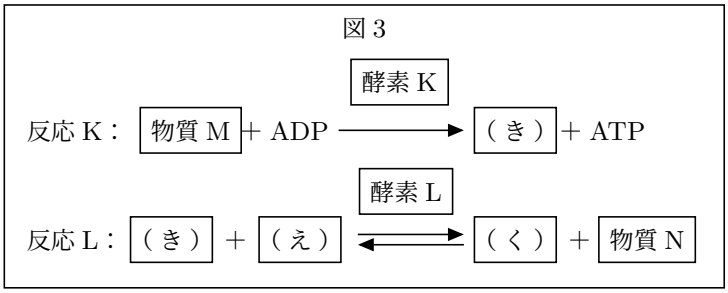
図 2



（ い ）で起こる呼吸の反応の一部（最後の部分）を図 3 に示す。酵素 K が触媒する反応 K は一方向の反応（不可逆反応）であるが，酵素 L が触媒する反応 L は両方向に進む反応（可逆反応）で，（ き ）と（ く ）は相互に変換が可能である。激しい運動中は，骨格筋細胞の（ い ）に（ き ）が大量に生じ，反応 L を通して多くは（ く ）に変換される。増えた（ く ）は，細胞膜の輸送体によって血しょう中に出され，(4)（ う ）が豊富な心

筋細胞などに取り込まれ，反応 L によって（ き ）にもどり，水と二酸化炭素に代謝される。また，（ く ）に対する緩衝作用によって血しょう中の二酸化炭素濃度が高まり，その情報は（ け ）にある中枢が感知し，(5) 呼吸の頻度が増えるほか，（ こ ）神経を経由して心臓の拍動数が増える。

図 3



問 3　文中の空欄（ う ）の酸化的リン酸化による ATP が，（ い ）にもともとあった（ あ ）と ADP を材料に合成される場合を考える。〈文 1〉の下線部 (2)，(3) の条件で，1 分子の ATP が合成されるために，少なくとも何個の水素イオンが（ う ）の膜間からマトリックスにもどるか，数字で答えなさい。

問 4　問 3 の条件では，文中の空欄（ え ），（ お ）それぞれ 1 分子当たり，何分子の ATP が合成されると計算されるか数字で答えなさい。なお，答えが小数点以下を含む場合は，第二位を四捨五入し，第一位までを答えなさい。ただし水素イオンの輸送は，下線部 (1)，(2)，(3) のほか（ あ ）の輸送体によるもの以外はないものとする。

問 5　〈文 2〉の下線部 (4) で，文中の空欄（ く ）の 1 分子が水と二酸化炭素に代謝されるときに合成される ATP は何分子か，数字で答えなさい。答えが小数点以下を含む場合は，第二位を四捨五入し，第一位までを答えなさい。ただし，代謝で生じた（ え ），（ お ）から合成される ATP は，問 4 の条件通りとする。

問 6　赤血球は酸素と二酸化炭素の運搬に特化した細胞で（ う ）を失っている。仮に図 3 の酵素 L が阻害された場合，赤血球ではどのようなことが起こるか，以下から正しいものを 1 つ選び，番号で答えなさい。なお（　　）内は文中および図の空欄の語を示す。

1. （ く ）から（ き ）への変換が抑えられ，赤血球からの（ く ）の放出が増える。
2. （ く ）から（ き ）への変換が進み，赤血球からの（ く ）の放出が減る。
3. （ き ）から水と二酸化炭素への変換が進み，赤血球からの二酸化炭素の放出が増える。
4. 物質 N が不足し，グルコースから（ き ）への変換が抑えられる。
5. （ え ）が不足し，（ き ）から水と二酸化炭素への変換が抑えられる。

問 7　〈文 2〉の下線部 (5) の作用による最も重要なはたらきを，以下の【選択肢】から 1 つ選び，番号で答えなさい。なお（　　）内は文中の空欄の語を示す。

【選択肢】

1. 骨格筋細胞内で ATP1 分子あたりのミオシンの滑り量が増える。
2. 骨格筋細胞内の（ か ）を増やす。
3. 骨格筋への酸素の供給を増やす。

4. 血しょう中の（ く ）を増やす。
5. 血圧を下げる。

問 8 図 2 の物質 Y や（ か ）は，運動するしないにかかわらず一定の割合で代謝されて物質 Z に変わり，血しょう中に放出される。1 日に生じる物質 Z は，年齢性別を考慮すると一定の範囲に入る。また，物質 Z は腎臓の糸球体でろ過されるが，細尿管で再吸収や分泌はほとんどされずに尿中へ排出されることが知られている。腎臓の機能を評価する際に重要な指標として，糸球体でのろ過速度（原尿の生成速度）があるが，物質 Z はそれを調べるのに適している。

表は，ある人の，血しょうと 1 日の尿に含まれる物質 Z を示す。物質 Z は，血しょう中には 100 mL あたり 0.8 mg，尿中には 100 mL あたり 88 mg 含まれていた。また，尿の生成速度は 1 日あたり 1.44 L（1 分間あたり 1 mL）であった。腎臓の糸球体でのろ過速度は 1 分間あたり何 mL と推定されるか。答えが小数点以下を含む場合は，小数点以下第一位を四捨五入して整数で答えなさい。

表　物質 Z の濃度と尿の生成速度

	血しょう	尿
物質 Z の濃度 （mg/100 mL）	0.8	88
生成速度 （mL ／ min）		1

問 9 健常者では，糸球体でのろ過速度は，性別を考慮すると一定の範囲に入る。健常者において，尿中の物質 Z の濃度からおおまかに推定できるものを，以下の【選択肢】から 1 つ選び，番号で答えなさい。ただし，飲んだ水の量や，尿生成における物質 Z の濃縮率は変動するものとする。なお（　　）内は文中の空欄の語を示す。

【選択肢】

1. 筋肉での ATP の合成速度
2. 筋肉での ATP の分解速度
3. 筋肉での（ か ）の合成速度
4. 腎臓の糸球体でのろ過速度
5. 尿の生成速度

問 10 心臓は拍動をし続けるために，心筋細胞中に（ う ）が豊富で，つねに多量の ATP や（ か ）をつくり，消費している。しかし，心臓に酸素を供給している血管がつまり血流がなくなると，心筋細胞がえ死して細胞内の物質を放出し，心筋梗塞といった疾患が起こる。心筋梗塞の診断のために適切な検査指標（マーカー）を，以下の【選択肢】から 1 つ選び，番号で答えなさい。なお（　　）内は文中の空欄の語を，酵素 X と物質 Y は図 2 の語を示す。

【選択肢】

1. 心筋細胞中の（ か ）の濃度
2. 心筋細胞中の物質 Y の濃度
3. 心筋細胞中の心筋型酵素 X の濃度
4. 血しょう中の心筋型酵素 X の濃度
5. 尿中の心筋型酵素 X の濃度

3 植物に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

多細胞生物は，多数の分化した細胞で構成される生物で，組織や器官が一定の秩序のもとに配列されている。高等植物の場合，同じ形態や機能をもつ細胞が集まって組織を，組織が集まって組織系を，組織系が集まって器官を，器官が集まって個体を形成する。

植物の組織は，(1) 盛んに分裂をする未分化細胞集団である（ ア ）細胞からなる分裂組織と，分裂組織から分化して生じた組織である（ イ ）組織に大別される。茎と根の先端部にある（ ウ ）分裂組織は，茎や根の伸長成長をもたらしている。一方，(2)（ イ ）組織は，はたらきを基に表皮系，維管束系および基本組織系という 3 つの組織系に分類することができる。根の先端から少し隔たった伸長成長の終わった部位には，根毛とよばれる毛のような構造体が多数見られる。根毛は表皮系に属する。ヒトの小腸内壁の輪状ヒダにも，絨毛とよばれる毛のような構造体が多数見られるが，(3) このような構造体が多数存在することは各生物にとって大きな利点となっている。

木部と師部は維管束系を構成しているが，植物の中には木部と師部の間に（ a ）という分裂組織をもつものがあり，（ a ）の発達によって茎や根の肥大成長がもたらされる。木部にある道管は，根で吸収した水や無機塩類の通路で，被子植物に特有の組織である。裸子植物やシダ植物における水や無機塩類の通路の主体は（ エ ）である。師部にある師管は，葉の葉緑体内に一時的に貯えられた同化デンプンが必要に応じて（ b ）に変換（分解）され，植物体の各部に輸送される（ オ ）の通路としてはたらいている。師管を通して種子や塊茎に輸送された（ b ）は再びデンプンに変換され，貯蔵デンプンとして（ c ）という構造体に貯えられる。

問 1　文中の空欄（ ア ）～（ オ ）に入る適切な語をひらがなで答えなさい。

問 2　文中の空欄（ a ）に入る適切な語をひらがなで答えなさい。また，（ a ）をもつ植物を以下の【語群】からすべて選び，番号の小さい順に答えなさい。

【語群】

1. イネ　　2. ワラビ　　3. ソテツ　　4. トウモロコシ　　5. オオムギ
6. ダイズ　　7. イチョウ　　8. ミズゴケ　　9. トマト

問 3　文中の下線部 (1) について，植物体の組織の一部を取り出し，適切な植物ホルモンを含む培地で培養すると，細胞は未分化な状態に戻って増殖し，細胞塊をつくる。このような細胞塊の名称をカタカナで答えなさい。

問 4　文中の下線部 (2) に関連する以下の記述の中から正しいものを 2 つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

1. 表皮系に属する細胞の中で葉緑体をもつものは気孔の両側にある孔辺細胞のみである。
2. 髄は道管と共に木部を構成する維管束系の組織で，物質の合成と貯蔵が盛んに行われている。
3. 表皮系に属する孔辺細胞には，気孔の開閉に関与するクリプトクロムという光受容体が存在する。
4. シダ植物や種子植物の陸上での繁栄を可能にした理由の 1 つは，維管束の発達によって乾燥により強くなったことである。
5. 根毛は，根表皮の最外層にあるクチクラ層の細胞が変化したものである。
6. 被子植物の師管を構成する細胞は核のない中空の構造をした死細胞で，柔組織に属する伴細胞が隣接している。

問 5　文中の下線部 (3) について，根の表面に多数の根毛があることの利点を 30 字以内で答えなさい。なお，句読点は文字数に含まない。

問 6　文中の空欄（　b　）と（　c　）に入る適切な語を，以下の例にしたがって各々カタカナ 5 文字と 7 文字で答えなさい。

（カタカナ 10 文字の例）

プ	ラ	ス	チ	ッ	ク	チ	ュ	ー	ブ