帝京大学

2023 年度　一般選抜　生物

生物①

（2 科目　120 分）

1 DNA の複製とそれを利用したバイオテクノロジーに関する次の**＜文 1＞**と**＜文 2＞**を読み，以下の問いに答えなさい。

＜文 1＞

DNA の複製は，ある決まった複製起点にタンパク質複合体が結合することから始まる。まず，2本のヌクレオチド鎖の（ あ ）結合を開裂して，部分的に 1 本となったヌクレオチド鎖にする。次にその 1 本のヌクレオチド鎖を鋳型として，相補的な配列をもつ RNA の短いヌクレオチド鎖（RNA プライマー）がつくられ，そこから相補的な塩基をもつヌクレオチドが伸長される。新しいヌクレオチド鎖の合成は，5′ から 3′ 方向に進む。DNA が開裂する方向と同じ向きに連続に合成されるヌクレオチド鎖を（ い ）といい，開裂が進む方向とは逆向きに不連続に合成されるヌクレオチド鎖を（ う ）という。（ う ）では，複数の短いヌクレオチド鎖が断続的に複製されてから連結される。このような方法で複製された DNA は，もとの DNA と全く同じ（ え ）をもっている。この DNA 複製方式を（ お ）という。

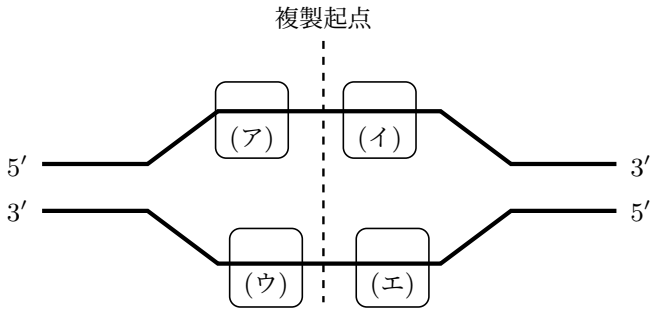
問 1　文中の空欄（ あ ）～（ お ）に入る適切な語を以下の【選択肢】から一つずつ選び，番号で答えなさい。

【選択肢】

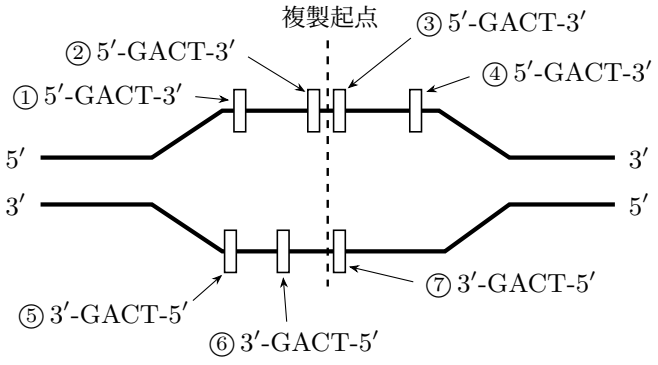
(1) 共有	(2) イオン	(3) 水素
(4) 酸素	(5) 窒素	(6) テロメア鎖
(7) リーディング鎖	(8) ラギング鎖	(9) 塩基配列
(10) アミノ酸配列	(11) ペプチド	(12) 保存的複製
(13) 半保存的複製	(14) 分散的複製	(15) DNA ポリメラーゼ
(16) DNA ヘリカーゼ	(17) テロメラーゼ	(18) DNA リガーゼ
(19) トランスアミナーゼ	(20) 制限酵素	

問 2　文中の下線部 1～3 ではたらく酵素を問 1 の【選択肢】から最適なものを一つずつ選び，番号で答えなさい。

問 3　下図は DNA の複製起点付近の構造を模式的に示したものであり，多くの場合 DNA は複製起点から両方向に複製される。岡崎フラグメントができるのは，(ア)〜(エ) のどの領域か。すべて答えなさい。ただし，この範囲に複製起点は図に示す点線部しかないものとする。



問 4　下図は DNA の複製起点付近の構造を模式的に示したものであり，多くの場合，DNA は複製起点から両方向に複製される。5′-CUGA-3′ の配列をもつ RNA プライマーが合成される可能性があるのは図の①〜⑦の DNA 配列のどこか。すべて選び，番号の小さい順に答えなさい。ただし，この範囲に複製起点は図に示す点線部しかないものとする。



＜文 2＞

少量の DNA 断片を多量に複製させる方法が，PCR 法である。これは，鋳型となる DNA，2 種類のプライマー，酵素，4 種類のヌクレオチドを混合した溶液をつくり，まず約 95 ℃で数十秒間熱処理し[a)]，次に55〜60 ℃程度で数十秒間保ち[b)]，最後に約 70 ℃で保持する[c)]という温度変化を数十回繰り返すことで，目的の DNA を大量に増幅させる方法である。現在多くのバイオテクノロジー産業の基本技術として実社会に広く役立っている重要な手法の一つである。

問 5　文中の下線部 a)〜c) で起こっている主な反応を，以下の【選択肢】から一つずつ選び，それぞれ番号で答えなさい。

【選択肢】

(1) DNA の塩基配列が RNA に写し取られる。
(2) 選択的スプライシングが起こる。
(3) 鋳型 DNA が 1 本鎖に解離する。
(4) プライマーが鋳型 DNA に結合する。
(5) プライマーがプロモーターに結合する。
(6) RNA が合成され，DNA に置き換わる。
(7) プライマーから不連続な短い DNA が複製され，酵素によりつなぎ合わされる。
(8) テロメアの部分を補充し DNA が複製される。
(9) 開始コドンから終始コドンまで DNA が複製される。
(10) プライマーから DNA が伸長される。

問 6 下のような塩基配列をもつ DNA を増幅させるため，二重線の部分にプライマーを結合させ，PCR 法を行う。以下の【選択肢】から適切なプライマーを二つ選び，番号の小さい順に答えなさい。ただし，下の配列は，2 本鎖のうちの一方の鎖の 5′ 側からの配列のみを記してある。

5′-ATGCCCAAAACGATCAGTGTGCGTGTGACCACCATGGATGCAGAGCTGGAGTT
TGCCATCCAGCCCAACACCACCGGGAAGCAGCTATTTGACCAGGTGGTGAAAACT
ATTGGCTTGAGGGAAGTTTGGTTCTTTGGTCTGCAGTACCAGGACACTAAAGGTTTCTCC
ATCACCACCATGGATGCAGAGCTGGAGTTTGCCATT-3′

【選択肢】
(1) 5′-ATGCCCAAAACGATCA-3′
(2) 5′-GCTGGAGTTTGCCATT-3′
(3) 5′-AUGCCCAAAACGAUCA-3′
(4) 5′-GCUGGAGUUUGCCAUU-3′
(5) 5′-TGATCGTTTTGGGCAT-3′
(6) 5′-AATGGCAAACTCCAGC-3′

問 7 **＜文 2＞**の PCR 法で使用する酵素に関して，必要不可欠な特徴を 20 文字以内で答えなさい。
（注）解答欄は「この酵素は，□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□」の形式。

2 細胞の構造と分子に関する以下の問いに答えなさい。

問 1 ヒト細胞の細胞膜に埋まっている分子として適切なものを以下の【選択肢】から三つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】
(1) ATP 合成酵素　(2) グルコース輸送体　(3) アクアポリン
(4) キネシン　(5) ダイニン　(6) インスリン受容体　(7) アクチン

問 2 植物において DNA を含む細胞内の構造体として適切なものを以下の【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) 核　(2) 中心体　(3) ミトコンドリア
(4) 葉緑体　(5) ゴルジ体　(6) 液胞

問 3 ヒトの RNA の説明として適切なものを以下の【選択肢】から三つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

(1) rRNA は RNA ポリメラーゼによって合成される。

(2) tRNA は小胞体に存在し，アミノ酸合成に関わる。

(3) tRNA は 64 種類存在し，それぞれにアミノ酸が結合している。

(4) リボソームは 1 種類の rRNA から構成され，rRNA は核膜孔より細胞質に移行する。

(5) rRNA の転写は核小体で行われている。

(6) mRNA は核内でスプライシングされてできる。

問 4 ヒトのタンパク質の生産と代謝の説明として適切なものを以下の【選択肢】から二つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

(1) 細胞外に分泌されるタンパク質は，細胞質にある滑面小胞体で合成されゴルジ体で修飾されて分泌される。

(2) 飢餓状態においてタンパク質がエネルギー源として利用される。

(3) 遺伝暗号のうち，AUG はスレオニンを指定すると同時に，タンパク質合成の開始点を指定する開始コドンとしての役割をもつ。

(4) リボソームが mRNA の $5' \rightarrow 3'$ の方向に移動しながらアミノ酸が連結されていく。

(5) 核内ではたらくタンパク質は核内で合成される。

問 5 リソソームの機能の低下により起こる場合がある症状について適切なものを，以下の【選択肢】から一つ選び，番号で答えなさい。

【選択肢】

(1) グリコーゲンを分解する酵素が少なくなり，不用なグリコーゲンが細胞内に蓄積し筋力が低下する。

(2) グルコースを低下させるホルモンの分泌が低下し，高い血糖値が維持される。

(3) DNA の変異によって細胞周期の制御に異常が生じ，がんになる。

(4) 遺伝的な異常によりエネルギー生産が低下し，筋力の低下などさまざまな症状が引き起こされる。

(5) 集合管からの水分の再吸収にはたらくアクアポリンの数が減少し，尿の量が増加する。

問 6 ヒトと細菌に関する説明として適切なものを以下の【選択肢】から三つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

(1) 細菌では，染色体 DNA から転写中の mRNA にリボソームが結合しタンパク質合成が行われている。

(2) ヒトの染色体 DNA は細胞内で核膜に覆われているが，細菌の染色体 DNA は細胞質に存在する。

(3) ヒトと細菌では DNA に利用されている塩基が異なるため，細菌の核酸だけに結合し菌の増殖を抑制する抗菌薬が存在する。

(4) 鞭毛が存在する細菌は移動することができるが，ヒトには鞭毛をもつ細胞が存在しないため移動することができない。

(5) 細菌のオペロンを構成する遺伝子は，転写後にスプライシングされ，それぞれの遺伝子に分かれる。

(6) 細菌の DNA は環状であるが，ヒトの細胞にも環状 DNA が存在している。

問 7 細胞の表面構造に関する説明として適切なものを以下の【選択肢】から二つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

(1) 細菌と植物は同じ成分から構成される細胞壁を有する。

(2) ヒトのほとんどの細胞の表面には主要組織適合遺伝子複合体（MHC）が存在する。

(3) 植物の細胞壁は全透性を示す。

(4) 樹状細胞の表面に存在する Toll（トル）様受容体（TLR）は，細菌の細胞壁成分が結合し T 細胞に抗原提示する。

(5) 植物の細胞壁は硬いため，隣りあった細胞どうしで物質をやりとりすることはできない。

問 8 細胞膜に関する説明として適切なものを以下の【選択肢】から二つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

(1) 赤血球を 0.9％ の食塩水に懸濁すると細胞膜が破壊され溶血してしまう。

(2) リン脂質が水中で脂質二重膜を形成する場合には，細胞骨格を必要とする。

(3) 細胞膜の主要な構成成分はリン脂質であり，1 分子のグリセリンおよびリン酸と 2 分子の脂肪酸から構成される。

(4) すべての生物は細胞膜をもつ。

(5) 細胞膜中をタンパク質は自由に移動できるため，特定の輸送タンパク質が細胞膜の特定の部位にかたよることはない。

問 9 細胞膜の内外の物質の輸送に関する説明として適切なものを以下の【選択肢】から二つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

(1) 細胞内の受容体に結合する糖質コルチコイドは，能動輸送により細胞膜を通過する。

(2) エンドサイトーシスは細胞の内側の小胞の膜が細胞膜と融合することで起こる。

(3) 神経の細胞膜におけるナトリウムイオンの輸送に伴う静止電位の形成には ATP が消費されるが，活動電位の発生には ATP は消費されない。

(4) ナトリウムイオンとカリウムイオンの細胞膜内外の輸送を同時に行うことができる担体がある。

(5) 酸素が細胞膜を通過できないため，細菌の電子伝達系は細胞膜に存在する。

問 10 タンパク質の機能に関する説明として適切なものを以下の【選択肢】から二つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

(1) タンパク質の機能は，構成するアミノ酸の種類や数，配列の順序によって決まる。

(2) 抗体は H 鎖と L 鎖から構成されるタンパク質であり，L 鎖の先端だけが抗体ごとにアミノ酸配列が異なっており抗原の認識に関わる。

(3) 植物の原形質流動は，ミオシンとよばれるタンパク質がアクチンフィラメント上を移動することによって起こる。

(4) 種子の発芽において必要なアミラーゼの分泌は，アブシシン酸によって起こる。

(5) アミノ酸の置換を伴いタンパク質の機能を変化させる変異を，一塩基多型とよぶ。

問 11 カルシウムイオンが必要な生理機能を，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) 動物の筋肉の収縮

(2) 動物の骨の形成

(3) ヒトにおける血液凝固

(4) ヒトの電子伝達系における酸化還元反応

(5) ヒトの赤血球における酸素の運搬

3 地質時代に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

地球が誕生し，最古の岩石または地層が形成されてから現代までの期間を地質時代という。問 3 の表のように，地質時代は先カンブリア時代，古生代，中生代および新生代の 4 つに区分され，古生代から新生代の各代はさらにいくつかの紀に区分されている。地質時代を区分する上で，地層や地層に残された生物の遺骸，生活の痕跡である化石[1]の調査結果が役立てられている。

先カンブリア時代に出現したシアノバクテリアは二酸化炭素と水を利用して光合成[2]を行い，酸素が放出されるようになった。酸素は海水中の鉄分と反応して酸化鉄となり，海底に沈殿したが[3]，やがて酸化される物質が少なくなると，酸素が大気中に放出されるようになり，次第に大気中の酸素濃度が上昇した。その結果，成層圏に（ A ）層が形成された。（ A ）層の形成は，水中から陸上への生物の進出を後押しする役割を果たしたと考えられている。陸上が生物の生活が可能な環境になると，さまざまな生物が陸上という新しい環境に適応しながら生活範囲を広げていった[4]。

問 1 文中の空欄（ A ）に入る適切な語をカタカナで答えなさい。

問 2 文中の下線部 1 について，ある限定された環境にだけ生息し，化石が発掘された地層の時代の環境を推定する手がかりとなる生物の化石を何というか。ひらがなで答えなさい。

問 3　表中の各地質時代の境界となる（B）～（E）に入る適切な数を以下の【選択肢】からそれぞれ一つずつ選び，番号で答えなさい。

【選択肢】

(1)　50 億　　(2)　46 億　　(3)　35 億　　(4)　23 億　　(5)　15 億

(6)　10 億　　(7)　7.5 億　　(8)　5.4 億　　(9)　3.5 億　　(10) 2.5 億

(11) 1.5 億　　(12) 1 億　　(13) 6,600 万　　(14) 2,300 万　　(15) 1,000 万

表

年前	地質時代の区分	
（B）	－地球の誕生－	
	先カンブリア時代	
（C）	古生代	カンブリア紀
		オルドビス紀
		（ア）　紀
		（イ）　紀
		石炭紀
		ペルム紀
（D）	中生代	三畳紀
		ジュラ紀
		（ウ）　紀
（E）	新生代	古第三紀
		新第三紀
		第四紀

問 4　問 3 の表中の空欄 (ア)～(ウ) に入る適切な語を，カタカナで答えなさい。また (ア)～(ウ) の各紀に，生物に起こった出来事を以下の【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)　真核多細胞生物の出現

(2)　裸子植物の出現

(3)　類人猿・人類の出現

(4)　被子植物の出現

(5)　シダ植物の出現

(6)　アンモナイトの絶滅

(7)　三葉虫類の絶滅

(8)　両生類の出現

(9) は虫類の出現

(10) 恐竜類の絶滅

問 5 地球が誕生してから現在までを 1 年とし，地球が誕生の日を 1 月 1 日 0 時，現在を 12 月 31 日 24 時とすると，脊椎動物の出現は何月に起こった出来事になるか。整数で答えなさい。

問 6 文中の下線部 2 について，高等植物の葉緑体で水素イオン濃度勾配を利用して ATP が合成される仕組みを何というか。また，ミトコンドリアで水素イオン濃度勾配を利用して ATP が合成される仕組みを何というか。以下の例に従って，各々ひらがな 7 文字と 10 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 文中の下線部 3 が起こったことを示す当時の地層中の層（床）を，問 6 の例に従って，ひらがな 9 文字で答えなさい。

（注）解答欄は「□□□□□□□□□層（床）」の形式。

問 8 文中の下線部 4 について，陸上の環境に適応するために生物が発達させた形質（構造）に関する以下の【記述】から適切なものを三つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【記述】

(1) 被子植物や裸子植物は種子を形成することで，乾燥への抵抗性を高め，分布域を広げた。

(2) シダ植物は，外界の水を必要としない受精様式を獲得し，乾燥に適応した。

(3) は虫類は，角質化したうろこで皮膚を覆うことにより，乾燥に適応していった。

(4) コケ植物は，体表のクチクラ層と維管束を発達させ，乾燥に適応していった。

(5) 鳥類の出現後，陸上生活により適した丈夫な殻と羊膜に包まれた胚をもつ卵が形成されるようになった。

(6) 裸子植物は，胚珠が子房で包まれた構造を獲得し，乾燥への適応性をより高めた。

(7) 両生類からは虫類への進化の過程で生じた窒素排出物の変化は，水分の節約を含む陸上生活への適応性を高めた。

生物②

（2 科目　120 分）

1 細胞分裂と DNA の複製に関する次の文を読み，それぞれの問いに答えなさい。

体細胞が細胞分裂を繰り返しているとき，1 回の細胞分裂の終わりから次の細胞分裂が終わるまでの期間を細胞周期という。細胞周期において，分裂が見られる時期を分裂期，それ以外は（ ア ）といわれる。（ ア ）は，さらに DNA 合成準備期，DNA 合成期，分裂準備期に分けられる。DNA 合成期には，母細胞の DNA を鋳型として新しく DNA が複製される。新しく複製された 2 本鎖の片方の DNA 鎖には，鋳型となったもとの DNA 鎖が含まれており，このような DNA の複製を，（ A ）複製とよぶ。染色体のセットの数で表される細胞の状態を（ イ ）とよび，DNA の複製が終わると細胞の（ イ ）は 2n から 4n となり，分裂期において娘細胞に均等に分配される[a]。

（ A ）複製では，まず，鋳型となる DNA を（ ウ ）がほどき，1 本鎖にする。続いて，ほどけた DNA に相補的な「プライマー」といわれる（ エ ）からなる短いヌクレオチド鎖が合成される。合成されたプライマーを足場として（ オ ）が結合し，新しい DNA の合成が開始する。このとき，DNA がほどけていく方向に向かって連続して合成が進んでいく DNA 鎖を，（ カ ）とよぶ。一方，DNA がほどけていく方向と逆向きに合成される DNA 鎖を（ キ ）とよぶ。（ キ ）では，（ ク ）とよばれる短い DNA 鎖が連続して合成され，最終的に（ ク ）が DNA リガーゼにより繋ぎ合わされ，DNA の複製が完了する。DNA が合成される過程で，10^4 塩基に 1 個程度の割合で，間違ったヌクレオチドが取り込まれることがある。しかしながら，（ オ ）は合成と逆方向に間違った塩基を除去するしくみをもつため，最終的に（ A ）複製における合成の間違いは 10^9 塩基に 1 個程度と低頻度になる。

染色体の末端では，（ カ ）では末端まで相補鎖にならって DNA が合成される。一方，（ キ ）では，末端に合成されたプライマーの配列については，DNA が合成されず分裂のたびに短くなることが分かっている。染色体の末端には，（ B ）とよばれる繰り返し配列が存在し，（ B ）が細胞分裂とともに短くなり一定の長さ以下になると細胞の分裂が停止する。このため，（ B ）細胞の寿命や老化を決定する因子と考えられている。

問 1　文中の空欄（ ア ）～（ ク ）にあてはまる適切な語句を，以下の【語群】から一つずつ選び，番号で答えなさい。

【語群】

(1) 静止期	(2) 停止期	(3) 間期
(4) 核期	(5) 分裂外期	(6) 核相
(7) 核小体	(8) 中心体	(9) RNA
(10) DNA	(11) ヌクレオシド	(12) DNA ポリメラーゼ
(13) RNA ポリメラーゼ	(14) クレアチンキナーゼ	(15) DNA ヘリカーゼ
(16) アンチコドン	(17) センス鎖	(18) 二重らせん
(19) リーディング鎖	(20) エクソン	(21) イントロン
(22) オペロン	(23) ラギング鎖	(24) 岡崎フラグメント
(25) アクチンフィラメント	(26) ミオシンフィラメント	(27) 選択的スプライシング

問 2　文中の下線部 a について，染色体の分配が開始するのは分裂期のどの時期か，以下の【選択肢】から適切なものを一つ選び，番号で答えなさい。

【選択肢】

(1) 前期

(2) 中期

(3) 後期

(4) 終期

問 3 細胞の数が倍になる時間が 18 時間であるがん細胞株を用いて，それぞれの細胞周期にある細胞の数を数えたところ，以下の表のようになった。このがん細胞株の分裂期にかかる時間を求め，数字で小数点第 1 位まで答えなさい。なお，それぞれの時期の細胞数は，その時期にかかる時間の長さに比例するものとする。

表

細胞周期	個数
前期	65
中期	25
後期	8
終期	12
その他	490
合計細胞数	600

問 4 我々のからだの組織には，細胞分裂を停止した細胞もある。そのような細胞は，細胞周期においてどの時期にあるか，問 1 の【語群】から適切なものを一つ選び，番号で答えなさい。なお，問 1 で選択した番号と重複してもかまわない。

問 5 我々の体細胞には，細胞分裂が盛んな細胞とほとんど分裂が見られない細胞があることが知られている。活発に細胞分裂する細胞として，以下の【選択肢】から適切なものを二つ選び，番号の小さい順に答えなさい。

【選択肢】

(1) 皮膚の上皮組織の細胞

(2) 心臓の心筋組織の細胞

(3) 脳の神経細胞

(4) 腸の上皮組織の細胞

(5) 血液中の赤血球

問 6 文中の空欄（ A ）に入る適切な語句を，例に従ってひらがな 7 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（ ク ）が生じる理由として適切なものを以下の【選択肢】から一つ選び，番号で答えなさい。

【選択肢】

(1) （ オ ）による DNA の合成は，長さに制限があるため。
(2) （ オ ）による DNA 合成は，進む向きが決まっているため。
(3) プライマーができる配列が決まっているため。
(4) ほどかれた DNA が不安定であるため。
(5) 鋳型となる DNA に結合したプライマーが，DNA 合成を阻害するため。

問 8 文中の空欄（ B ）に入る適切な語句を，例に従ってカタカナ 4 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 9 一説には，ヒトの体の細胞数は 60 兆個であるといわれている。1 個の受精卵が 60 兆個の細胞にまで増えるには 46 回の分裂が必要である。受精卵が 46 回分裂した場合，複製の間違いにより蓄積される変異の数は最大でいくつになるか，最も近い値を以下の【選択肢】から一つ選び，番号で答えなさい。なお，複製の間違いが同じ場所に起こることは無いとし，$2^{46} = 7 \times 10^{13}$ とする。

【選択肢】
(1) 3
(2) 100
(3) 300
(4) 1,000
(5) 3,000

2 代謝に関する次の文を読み，以下の問いに答えなさい。

ヒトが生命活動を維持するためには，エネルギーが必要である。そのエネルギーの出入りや変換は ATP という物質を介して行われる。たとえば骨格筋においては，ATP を分解した際のエネルギーを利用して筋収縮を行い，身体運動が可能になる。しかしながら筋細胞内に蓄えられている ATP は少ないため，運動を継続するにはいくつかの経路によって ATP が生成される必要がある。筋細胞では，（ あ ）および（ い ）が蓄えられており ATP 合成に利用される。（ い ）は，ATP と同じく分子内に（ う ）結合をもっている。（ あ ）は，肝臓でもエネルギーの貯蔵において重要である。血糖値が増加すると，（ え ）の（ お ）が直接感知してインスリンを分泌し，血糖値を低下させる。逆に，血糖値が低下すると，（ え ）の（ か ）から（ き ）が分泌され，血中にグルコースを補充する。これらの機構が破綻することで，血糖値が高いまま維持される病気を糖尿病とよぶ。

問 1 文中の空欄（ あ ）～（ き ）に入る適切な語句を以下の【語群 1】から一つずつ選び，番号で答えなさい。

【語群 1】

(1) 肝臓	(2) 筋肉	(3) グリコーゲン
(4) グルカゴン	(5) グルコース	(6) クレアチン
(7) クレアチンリン酸	(8) 高エネルギーリン酸	(9) 視床下部
(10) 小腸	(11) 膵臓	(12) 水素
(13) スクロース	(14) 脳下垂体	(15) ペプチド
(16) ランゲルハンス島 A 細胞	(17) ランゲルハンス島 B 細胞	

問 2 核酸に関する以下の問いに答えなさい。

(a) ATP の名称として正しいものを，以下の【語群 2】から一つ選び答えなさい。

(b) 文中の空欄（ い ）と反応する筋細胞中の分子を，以下の【語群 2】から一つ選び答えなさい。

【語群 2】

(1) アデニン三リン酸　(2) アデノシン三リン酸　(3) デオキシアデニン三リン酸
(4) アデニン二リン酸　(5) アデノシン二リン酸　(6) デオキシアデニン二リン酸

問 3 筋細胞における ATP 合成に関する以下の問いに答えなさい。

(a) 筋細胞において ATP が合成される経路として適切なものを，以下の【語群 3】から四つ選び，番号が小さい順に答えなさい。

(b) (a) で選んだ経路のうち，ATP の合成により二酸化炭素が放出される経路をすべて選び，番号が小さい順に答えなさい。

【語群 3】

(1) アルコール発酵　(2) カルビン・ベンソン回路
(3) クエン酸回路　(4) 解糖（乳酸発酵）
(5) 解糖系　(6) 脱アミド化
(7) 電子伝達系

(c) 呼吸によって生じた二酸化炭素は，主に何によって肺に運ばれるか。以下の【選択肢】から適切なものを一つ選び答えなさい。

【選択肢】

(1) 赤血球　(2) 血しょう　(3) 血小板　(4) リンパ液
(5) 白血球　(6) アルブミン

問 4 一般にヒトの 1 つの細胞あたり，0.00084 ng（1 ng（ナノグラム）は 1 g（グラム）の 10 億分の 1 の重さである）の ATP しか存在しないにもかかわらず，1 日に ATP を 0.83 ng を使用するとされている。以下の問いに答えなさい。

(a) 1 日あたり ATP は何回繰り返し使用されることになるか，以下の【語群 4】から一つ選び答えなさい。

(b) 体重 50 kg（キログラム）のヒトにおいて ATP が 1 日あたり消費される量は何 g（グラム）になるか。以下の【語群 4】から一つ選び答えなさい。ただし，ヒトは 60 兆の細胞で構成されており，すべての細胞で消費する ATP の量は同じとする。

(c) (b) のヒトで消費される ATP が，すべてグルコースを原料にして呼吸により最大限に合成された場合，1 日に必要なグルコースの量は何 g（グラム）になるか。以下の【語群 4】から一つ選び答えなさい。なお，100 g のグルコースは，280 g の ATP と同じ分子数であるとする。

【語群 4】

(1) 約 5　(2) 約 10　(3) 約 30　(4) 約 50
(5) 約 100　(6) 約 300　(7) 約 500　(8) 約 1,000
(9) 約 3,000　(10) 約 5,000　(11) 約 10,000　(12) 約 30,000
(13) 約 50,000　(14) 約 100,000

問 5 血糖値の調節について適切な説明を，以下の【選択肢】から二つ選び，番号が小さい順に答えなさい。

【選択肢】

(1) 視床下部でも血糖値の増加を感知し，交感神経を介して膵臓からインスリンの分泌を促す。
(2) 副腎皮質から分泌される糖質コルチコイドは，脳下垂体前葉からの刺激をうけて分泌され，筋肉におけるタンパク質からのグルコースの生成を促進する。
(3) インスリンは脂肪細胞に作用し，グルコースからの脂肪合成を促進する。
(4) 糖尿病患者では尿細管での糖の再吸収は起こっていない。
(5) I 型糖尿病は，膵臓から分泌されたインスリンを標的細胞が受け取れないために発症する。
(6) 激しい運動を行ったときはアドレナリンが分泌され，肝臓のグルコースの取り込みを促進する。

問 6 インスリンと糖質コルチコイドおよびその受容体に関する適切な説明を，以下の【選択肢】から二つ選び，番号が小さい順に答えなさい。

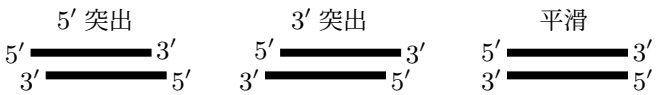
【選択肢】

(1) インスリンは水溶性の物質であり，細胞外の受容体に結合する。
(2) インスリンは脂溶性の物質であり，細胞外の受容体に結合する。
(3) インスリンは水溶性の物質であり，細胞内の受容体に結合する。
(4) インスリンは脂溶性の物質であり，細胞内の受容体に結合する。
(5) 糖質コルチコイドは水溶性の物質であり，細胞外の受容体に結合する。
(6) 糖質コルチコイドは脂溶性の物質であり，細胞外の受容体に結合する。
(7) 糖質コルチコイドは水溶性の物質であり，細胞内の受容体に結合する。
(8) 糖質コルチコイドは脂溶性の物質であり，細胞内の受容体に結合する。

問 7 糖尿病において血糖値が高い状態が続くと，様々な臓器の損傷（合併症）が引き起こされる。この合併症の 1 つに，目の水晶体が白濁する白内障がある。このとき水晶体のタンパク質に起こっていることについて，そのタンパクの名称を含めて 25 文字以内で答えなさい。

3 遺伝子組換えに関する次の文を読み，問いに答えなさい。

遺伝子を細胞から取り出し特定の遺伝子を増幅し，人為的に別の遺伝子に組み込む技術を遺伝子組換えという。この技術は細菌で発見された制限酵素を使用することで著しく進歩し，この酵素の性質を試験管内で応用することで遺伝子操作が可能となった。制限酵素には，下図のように切断によって，DNA の 5′ あるいは 3′ 末端が突出する場合と，平滑の場合とがある。



いずれの場合でも遺伝子の DNA 断片をプラスミドベクターに連結することが可能である。突出末端の場合，突出部の相補的な塩基どうしが水素結合する。ここに DNA リガーゼが作用して末端が連結する。一方，平滑末端の場合は，プラスミド DNA と遺伝子 DNA の末端が偶然的に接触し，ここに DNA リガーゼが作用すると末端どうしが連結する。

逆転写酵素の発見も遺伝子組換え技術の発展に大きく貢献した。逆転写酵素を用いれば，mRNA から遺伝子の

翻訳領域を含む DNA 断片を容易につくりだすことができるからである。逆転写酵素は mRNA の塩基配列を基に，5′ から 3′ 方向にヌクレオチドを連結する酵素であるが，mRNA に相補的な 10〜15 塩基の DNA（プライマー DNA）を必要とする。

以下に示す材料を用いて，ヒト由来のサイトカイン遺伝子（遺伝子 X とする）のクローニングと機能解析をおこなった。

・DNA リガーゼ	・アンピシリン耐性遺伝子をもつプラスミド
・形質転換用大腸菌	・ヒト由来の細胞
・アンピシリン	・制限酵素
・大腸菌用寒天培地	・逆転写酵素
・遺伝子 X の特異的プライマー DNA	・逆転写酵素用のプライマー DNA
	・転写調節因子 P の特異的プライマー DNA

問 1　細菌における制限酵素のはたらきとして適切なものを以下から一つ選び，番号で答えなさい。

(1) 細菌に侵入してきた外来 DNA のはたらきを抑制する。
(2) この酵素をもつ細菌自身の染色体を破壊して，外来 DNA が染色体に組み込まれないようにする。
(3) 細菌が外来 DNA を細胞内に取り込みやすくする。
(4) 別の細菌の増殖を抑制する。
(5) 細菌に侵入するウイルスの種類を増やす。

問 2　逆転写酵素に関する記述として適切なものを以下から二つ選び，番号で答えなさい。

(1) タンパク質からも DNA を合成することができる。
(2) レトロウイルスが有する。
(3) この酵素の反応を介した遺伝情報の流れは，セントラルドグマと矛盾する。
(4) RNA 合成酵素としてのはたらきをもつ。
(5) DNA を鋳型に DNA を合成する。

問 3　下表は，A〜E の細胞からそれぞれ RNA を単離し，遺伝子 X の発現量を解析した結果である。細胞 1 個あたりの遺伝子 X の発現量が最も多い細胞はどれか，A〜E の記号で答えなさい。

表 1　　遺伝子 X の

	RNA 量（注 1）	RNA 量（注 2）
細胞 A	0.1	1
細胞 B	0.5	0.5
細胞 C	0.6	10
細胞 D	0.001	100
細胞 E	10	0.001

注 1：1×10^6 個の細胞から得られた RNA 量（mg）

注 2：各細胞の 1 mg の RNA に含まれる遺伝子 X の RNA 量の相対値

問 4　mRNA から cDNA を合成する際に用いた DNA プライマーの塩基配列は次のうちどれか，適切なものを一つ選び，番号で答えなさい。

(1) 5′ AAAAAAAAAAAAAAA 3′
(2) 5′ TTTTTTTTTTTTTTT 3′
(3) 5′ GGGGGGGGGGGGGG 3′
(4) 5′ CCCCCCCCCCCCCCC 3′
(5) 5′ AAAATTTGGGGCCCC 3′

問 5　逆転写酵素で mRNA から cDNA を作製後，PCR で遺伝子 X の DNA 断片を増幅した。図 1 に遺伝子 X の 5′ と 3′ 末端のセンス鎖の配列を示した（ATG の上流には制限酵素 EcoR V，Hind III および Kpn I の切断配列が，一方，TAA の下流には Sma I，BamH I および EcoR I の切断配列があった）。この断片をプラスミドのクローニング部位に（図 2）挿入したい。図 3 のように，プロモーターの転写方向に対して順方向のものと逆方向のものが，同じ確率で得られるようにするには，遺伝子 X の 5′ 末端，3′ 末端およびプラスミドのクローニング部位をどの制限酵素を用いて切断すればよいか，切断に用いる制限酵素を，以下の【選択肢】1〜6 の中からそれぞれ選び，番号で答えなさい。

図 1

EcoR V　Hind III　Kpn I　メチオニン　　ストップ　　BamH I　EcoR I

5′TCGATATCAAGCTTGGTACC**ATG** …… **TAA**CCCGGATCCGAATTCGA3′

遺伝子 X 5′ 末端側　　省略　　Sma I　　遺伝子 X 3′ 末端側

図 2

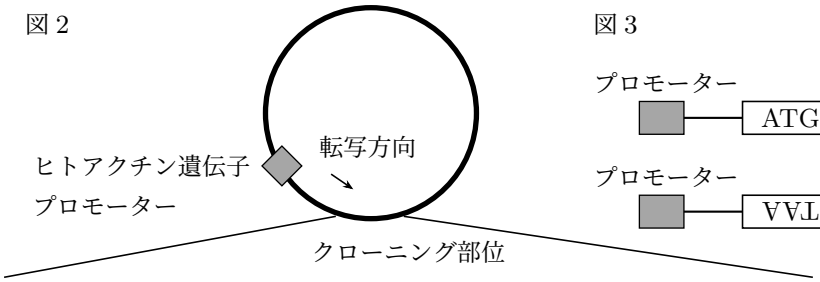
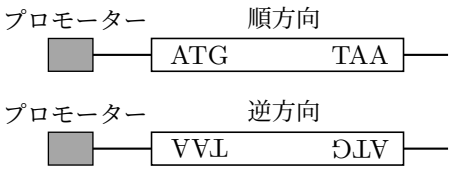


図 3



【選択肢】

1. EcoR V	2. Hind III	3. Kpn I	4. Sma I	5. BamH I	6. EcoR I
GAT ∣ ATC CTA ∣ TAG	A ∣ AGCTT TTCGA ∣ A	GGTAC ∣ C C ∣ CATGG	CCC ∣ GGG GGG ∣ CCC	G ∣ GATCC CCTAG ∣ G	G ∣ AATTC CTTAA ∣ G

注）実線は切断される位置を示している。

問 6 クローニングにおいて，遺伝子 DNA 断片の挿入なしに，制限酵素で切断されたプラスミドの末端どうしが連結することがあるが，これはプラスミドの末端をある種の酵素であらかじめ処理すると防ぐことができる。この処理に用いられる酵素を以下から一つ選び，番号で答えなさい。

(1) リン酸化（リン酸を付加する）酵素
(2) 脱リン酸化（リン酸を取り除く）酵素
(3) タンパク質分解（タンパク質を分解する）酵素
(4) 糖質分解（糖質を分解する）酵素
(5) ATP アーゼ（ATP を分解する酵素）

問 7 大腸菌を形質転換後，寒天培地で一晩以上培養したが，コロニーが全く得られなかった。原因として考えられるものを以下から二つ選び，番号で答えなさい。

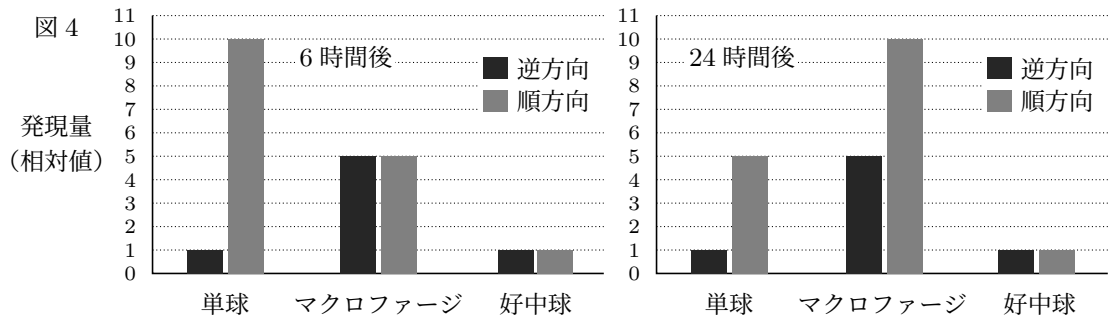
(1) 形質転換の時に，プラスミドが大腸菌に取り込まれなかった。
(2) DNA リガーゼがはたらかなかった。
(3) 寒天培地中のアンピシリンの量が少なかった。
(4) 形質転換後の寒天培地での大腸菌の培養時間が長すぎた。
(5) 大腸菌に取り込まれたプラスミドのアンピシリン耐性遺伝子が過剰にはたらいた。

問 8　遺伝子 X を順方向でもつプラスミドと逆方向にもつプラスミドを大腸菌から単離後，それぞれのプラスミドを，遺伝子 X を発現していないヒト由来の上皮細胞に遺伝子導入し，2 日間培養した。この後，培養上清を回収し，この上清をグラフに示した白血球に添加した。添加前，および添加して 6 時間後と 24 時間後に転写調節因子 P の mRNA 量を測定し，添加前の単球における転写調節因子 P の発現量を 1 として発現量を表した（表 2，図 4）。結果を読み，以下の小問 a と b に答えなさい。

表 2　添加前の転写調節因子 P の発現量

	添加前
単球	1
マクロファージ	5
好中球	1

図 4



a　逆方向に遺伝子 X を挿入したプラスミドを導入することでわかったことについて，適切なものを以下から一つ選び，番号で答えなさい。ただし，逆方向に遺伝子 X を挿入したプラスミドからは，全くタンパク質が産生されないものとする。

(1) 用いた上皮細胞は，遺伝子導入する前から，マクロファージにおける転写調節因子 P の発現を誘導する何らかの因子を分泌している。

(2) 用いた上皮細胞は，遺伝子導入すると，マクロファージにおける転写調節因子 P の発現を誘導する何らかの因子を分泌する。

(3) 用いた上皮細胞は，転写調節因子 P を発現していない。

(4) 用いた上皮細胞は，遺伝子導入しても転写調節因子 P の発現を誘導する因子を分泌しない。

(5) 用いた上皮細胞は，遺伝子導入すると，転写調節因子 P の発現を抑制する何らかの因子を分泌する。

b　表 2 と図 4 の結果から考えられる可能性として適切な記述を以下から一つ選び，番号で答えなさい。

(1) サイトカイン X（遺伝子 X の産物）は，用いたすべての白血球で転写調節因子 P の転写を誘導する。

(2) マクロファージにおいては，サイトカイン X によってマクロファージから分泌される別のサイトカインが転写調節因子 P の転写を誘導する。

(3) 単球では，サイトカイン X は転写調節因子 P の転写を抑制する。

(4) マクロファージでは，サイトカイン X が転写調節因子 P の転写を抑制する。

(5) 好中球では，サイトカイン X は転写調節因子 P の転写を誘導する。