

'20

前期日程

生 物

(理 工 学 部)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は1冊(27頁)、解答用紙は4枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等
があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入ください。
5. 解答用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

1

(1) 次の文章を読んで、問1～問8の答を解答欄に記入せよ。

細胞には、生物が自らの生命を維持するのに必要な遺伝情報をもったDNAがある。そのようなDNAの1組をゲノムという。真核生物の生殖細胞には1組の、体細胞には2組のゲノムが存在している。ヒトのゲノムを構成するDNAは、約30億塩基対からなる。その中には約2万個の遺伝子があり、タンパク質のアミノ酸配列を指定している部分は約1.5%である。DNAは、紫外線・放射線・化学物質などで損傷を受けたり、複製時の誤りによって、塩基配列が変化することがある。これを といい、主に欠失、挿入、 の3種類がある。例えば、アミノ酸を指定する部分で1塩基が欠失すると、コドンの読み枠がずれる が起こり、タンパク質の機能に大きな影響を与え、重大な疾患に至ることがある。

一方、塩基が1つ変化する が起こっても、タンパク質の機能には直接に影響は与えず、個人差や人種差などにかかわる場合のあることがわかってきた。特に、個体間で一定の範囲の塩基配列中に1塩基だけ違いが見られることを一塩基多型(SNP)という。SNPの検出には、DNAマイクロアレイを使った解析がある。

DNAマイクロアレイは、スライドグラス程度の大きさのチップ上に多数の小さなスポットがあり、各スポットにはそれぞれ塩基配列のわかっている1本鎖DNAが固定されている(図1)。操作は次に示す(A)～(E)からなる。

- (A) 試料として目的の細胞から抽出したDNAを切断する。
- (B) 増幅および蛍光標識する。
- (C) DNAマイクロアレイにのせる。
- (D) スポット上の相補的な塩基配列の1本鎖DNAにのみ結合する。
- (E) 光を照射する。

これらの操作により相補的な塩基配列があるスポットのみで蛍光が観察される。これを手がかりに、SNPを判定できる。このようにして、ゲノム中のSNPを調べ、個人の体質に合った病気の治療や予防をすることが期待されている。

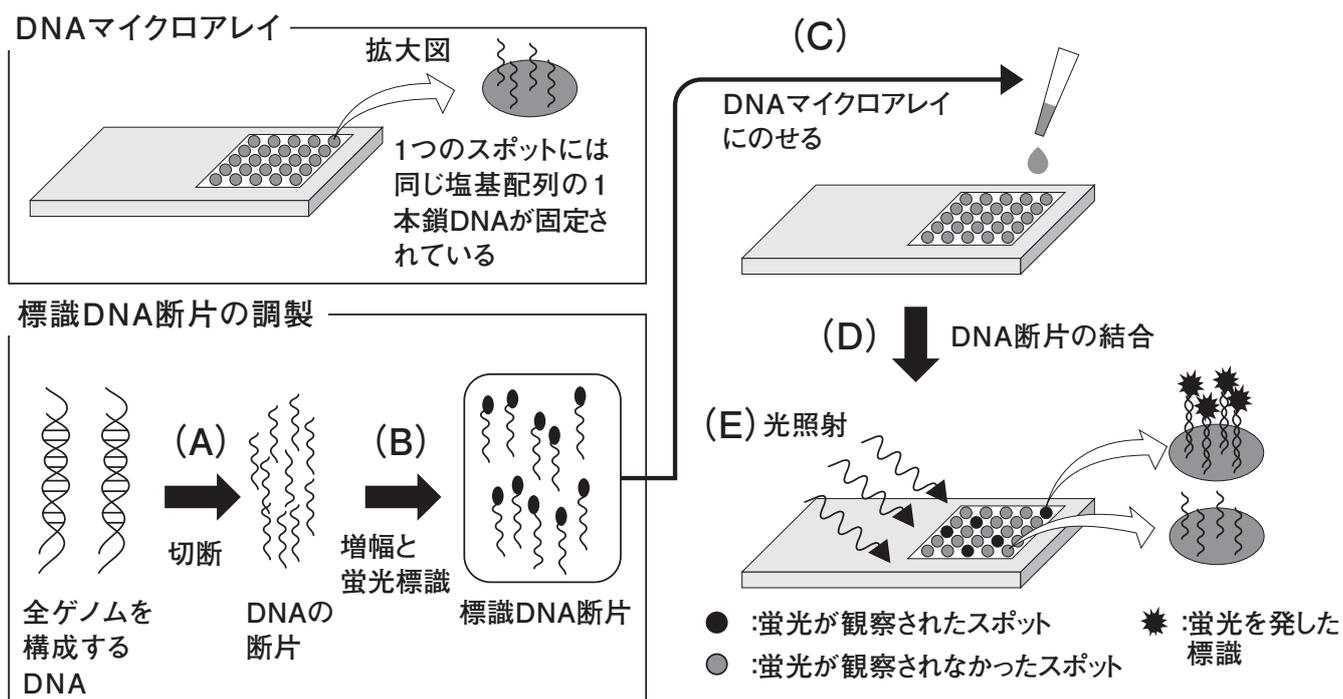


図1 DNAマイクロアレイによるSNPの検出

問1 空欄 ~ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部aのように、1個の体細胞には大きさと同じ染色体が2本ずつある。この対になった染色体を何と呼ぶか、その名称を答えよ。

問3 下線部bのヒトゲノムにおいて、1つの遺伝子から翻訳されるタンパク質の平均分子量を下線部bの情報に基づいて求め、計算過程を示して答えよ。なお、タンパク質を構成するアミノ酸の平均分子量を120とする。

問 6 薬の代謝にかかわるある酵素の遺伝子に SNP の存在が知られている。

その遺伝子の塩基配列の一部を下記に示す。配列中の X に SNP が見られる。

1 ATGGGGCTAG AAGCACTGGT GCCCCTGGCC GTGATAGTGG CCATCTTCCT
51 GCTCCTGGTG GACCTGATGC ACCGGCGCCA ACGCTGGGCT GCACGCTAC X
101 CACCAGGCC CCTGCCACTG CCCGGGCTGG GCAACCTGCT GCATGTGGAC
151 TTCCAGAACA C

※ 開始コドンに相当する配列から 10 塩基ごとに区切り，最初の塩基から数えた番号を示してある。

※ 下線部 e は DNA マイクロアレイで調べる配列を示している。

DNA マイクロアレイを用いて，3 名の人の細胞から調製した試料 I，II，III に対してこの遺伝子の SNP を調べた。その結果，試料 I からは，下記の(i)を固定したスポットで蛍光が観察され，試料 II では，(ii)を固定したスポットで蛍光が観察された。一方，試料 III では，(i)と(ii)を固定した 2 カ所のスポットで蛍光が観察された。

DNA マイクロアレイ上に固定された 1 本鎖 DNA

(i) 5' - GGGGCCTGGTGGGTAGCGTG - 3'

(ii) 5' - GGGGCCTGGTGAGTAGCGTG - 3'

試料 I および試料 II 由来の細胞で発現しているこの酵素の 34 番目のアミノ酸はそれぞれ何か，次ページの遺伝暗号表を参考にして答えよ。ただし，開始コドンから翻訳されるアミノ酸を 1 番目とする。

問 7 問 6 において，試料 III では，2 種類のスポットで蛍光が観察された。その理由を説明せよ。

問 8 下線部 c のような医療のことを何と呼ぶか，答えよ。

遺伝暗号表

コドンの 2 番目の塩基

		U		C		A		G		
コドンの 1 番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
		UUC		UCC		UAC		UGC		C
		UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A
		UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	G
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U
		CUC		CCC		CAC		CGC		C
		CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A
		CUG		CCG		CAG		CGG		G
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U
		AUC		ACC		AAC		AGC		C
		AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A
		AUG	メチオニン(開始コドン)	ACG		AAG		AGG		G
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U
		GUC		GCC		GAC		GGC		C
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A
		GUG		GCG		GAG		GGG		G

コドンの 3 番目の塩基

(2) 次の文章を読んで、問1～問8の答を解答欄に記入せよ。

真核生物のDNAはヒストンに巻きついて、を形成している。
^aのつながりは折りたたまれ、繊維となり、これが複雑に折りたたまれてさまざまな高次構造を形成している。その高次構造は、それぞれの染色体、また、1本の染色体のなかでも場所によって異なり、さらに細胞周期によっても変化する。

繊維の高次構造がゆるんでいる部分では、転写に必須な酵素とプロモーターに結合し転写開始を助ける複数のタンパク質が、DNAに結合できる状態となっている。したがって、このような場所では、遺伝子の転写が活発に行われていると考えられる。一方、高次構造がほどかれていない部分に含まれる遺伝子の発現は抑制されている。このように染色体の高次構造の変化が遺伝子の転写調節に深く関わっている。遺伝子から転写されたRNAはmRNA前駆体と呼ばれ、スプライシングの過程を経て完成したmRNAとなり、リボソームによって翻訳される。

問1 ， にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 下線部aに関して、そのDNAは線状であり末端が存在する。例えばヒトのDNAの末端部分には6つの塩基が繰り返した配列がある。この部分の名称を答えよ。

問 3 下線部 b に関して，次の細胞周期のなかで細胞あたりの DNA 量が安定的に最も多い時期はどれか，①～④の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

- ① G₀ 期
- ② G₁ 期
- ③ G₂ 期
- ④ S 期

問 4 下線部 c の酵素の名称および下線部 d のタンパク質の総称を答えよ。

問 5 真核生物の転写に関して，正しく記述していないものはどれか。①～⑥の中からすべて選び，記号で答えよ。

- ① mRNA 前駆体の合成後に核外でそのヌクレオチド鎖の一部が取り除かれる。
- ② mRNA の合成中に翻訳が始まることがある。
- ③ 調節タンパク質が結合する転写調節領域は，プロモーターや遺伝子から数百塩基対以上離れた上流に位置することがある。
- ④ 合成された mRNA は核膜孔を通して細胞質基質へ移動する。
- ⑤ 機能的に関連のある遺伝子が隣接して存在し，まとめて複数の遺伝子が転写されることがある。
- ⑥ DNA の 2 本鎖のうち，mRNA の鋳型となる鎖をアンチセンス鎖，鋳型とならない鎖をセンス鎖という。

問 6 下線部 e に関して，重要な役割を果たしている事象はどれか。適切なものを①～⑥の中から 2 つ選び，記号で答えよ。

- ① ヒストンの分解
- ② ヒストンのアセチル化
- ③ DNA の合成
- ④ DNA のメチル化
- ⑤ DNA とヒストンの共有結合による安定化
- ⑥ DNA の切断

問 7 下線部 f に関して，細胞内の mRNA の合成量を調べるために，実験では mRNA を鋳型にして DNA を合成してから調べることが多い。この合成時に，使用される酵素は何か，その名称を答えよ。

問 8 下線部 f に関して，選択的スプライシングが起こると，1つの遺伝子から異なる mRNA が合成され，その結果，異なるポリペプチドに翻訳される。以下の問に答えよ。

- (i) ある遺伝子は，4つのエクソン(A, B, C, D)から構成されている(図2)。すべてのエクソンの組み合わせが可能であると仮定すると，最大で何種類の mRNA が合成されるか答えよ。ただし，エクソンの数は1個から4個まで組み合わせ可能であるが，重複および逆転は許されないとする(許される例：B, B-D, A-C-D；許されない例：A-A-C, B-A-C-D)。

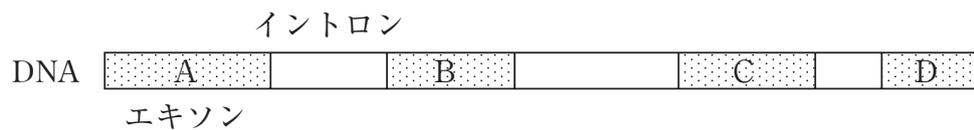


図2

- (ii) 実際の細胞では，エクソンの組み合わせは限定されている。以下の条件のもと，ポリペプチドを合成することができる mRNA のエクソンの組み合わせをすべて書け。

- 1) エクソンの組み合わせに，重複および逆転は許されない。
- 2) この遺伝子の開始コドンに相当する配列は，エクソンAにしかなく，終止コドンに相当する配列は，エクソンCとDにそれぞれ一ヶ所ずつしかない。
- 3) どのようなエクソンの組み合わせでも読み枠はずれずに，開始コドンから終止コドンまでが翻訳される。
- 4) 合成される mRNA には，終止コドンに相当する配列があるエクソンは1つしか含むことができない。

2

- (1) 植物の環境応答について、次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

植物は、不規則に起きるさまざまな過酷な状況(ストレス)にさらされている。そのため、植物はストレスに対してさまざまな防御策を講じている。

第一に、物理的にからだを守る構造をもつものがある。例えばバラは茎に針状突起を生やし、植物を食べる生物が近づくのを防ぐ。ツバキは、葉に厚い を形成させて、病原体の侵入を防ぐ。

第二に、乾燥や^a温度などの環境ストレスに応答するしくみがある。乾燥により植物が水不足を感知すると、 の合成や移動が促進される。 の合成により、葉の気孔を構成するイオンが細胞外に流出して孔辺細胞の浸透圧が減少して気孔が閉じる。一方で、葉に光が当たると、^b孔辺細胞の という光受容体が 色の光を感知すると細胞内にイオンが流入して、孔辺細胞の体積や膨圧が増加することにより気孔が開く。

第三に、食害や病原体などの生物的なストレスに応答するしくみがある。昆虫による食害を受けると、周辺の細胞で合成されたシステミンによって がつくられる。 は、昆虫による食害が拡大することを抑制する。^c の一部は、ほかの葉にも移動して、同様のはたらきをする。一方、植物がウイルスなどの病原体に感染すると、病原体を感染部位に閉じ込めて病気が全身に広がるのを防ぐ。^dこのようなしくみは、植物免疫とよば^eれている。

- 問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を、以下の語群から選んで記せ。ただし、同じものを2度選んではならない。

[語群]

青、赤、緑、アブシシン酸、オーキシン、ジベレリン、ジャスモン酸、クチクラ層、葉針、フィトクロム、フォトトロピン

問 2 下線部 a について、低温に対する防御反応により野菜の甘味やうま味が増すことが知られているがなぜなのか、「凝固点」という語句を用いて説明せよ。

問 3 下線部 b について、 色光によって気孔が開くまでの過程を説明した以下の文の中の空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

光を感知すると、いくつかの反応を介してプロトンポンプが活性化される。プロトンポンプは、 のエネルギーを使って、細胞外へプロトンを輸送する。これにより細胞膜内外の が大きくなると、 チャンネルが開き、大量の イオンが細胞内に流入して浸透圧が高まり、 の流入をまねく。

問 4 下線部 c について、 はタンパク質分解酵素の阻害物質の合成を促進するが、なぜ、それが昆虫の食害の拡大を防ぐことにつながるのか、「消化」という語句を用いて説明せよ。

問 5 下線部 d について、この応答の名称と、この応答によって感染細胞を含めた周辺の細胞で何が起こるのか簡潔に説明せよ。

問 6 下線部 e について、植物の免疫システムについて具体的に説明した以下の文の中の空欄 ～ にあてはまる最も適切な語句を記せ。

病原体の菌体成分に由来する物質が植物の細胞膜にある受容体で認識されると、植物ホルモンの一種である ，抗菌作用をもつ低分子化合物である ，そして細胞壁の高分子物質である の合成が誘導されることによって、病原体のはたらきが低下する。

(2) 次の文章を読んで、問1～問8の答を解答欄に記入せよ。

a 水は生物にとって重要な物質であり、ヒトのおよそ $\frac{2}{3}$ は水で構成されている。水を1日飲まないと体内から約2.5%の水が失われ、15～20%の水を失えば死に至るといわれている。b 水の体内への供給および体内からの排出はそれぞれ1日あたり2.0L程度であり、供給と排出のバランスが取れており、通常、体内の水分量は一定に保たれている。

皮膚からの発汗などによって体内から水分が過剰に失われた場合、あるいは水分の供給が不足した場合、体液中の水分量が減少し、体液の塩分濃度が高くなる。このような体液の塩分濃度の上昇を間脳の視床下部が感知すると、その下に位置する脳下垂体後葉からc バソプレシンが血液中に分泌される。バソプレシンの標的細胞はd 腎臓の集合管の細胞である。これがバソプレシンを受け取ると、原尿からe 再吸収される水分量が増加して、体液の塩分濃度は低くなる。一方、多量の水を飲むなどして体液の塩分濃度が低下した場合は、バソプレシンの分泌が抑制され、集合管からの水分の再吸収が減少して、体液の塩分濃度は上昇する。

問1 下線部aに関して、水は体温の調節にも有効である。その理由を記せ。

問2 下の表は下線部bの主な内訳を示したものである。

供給		排出	
飲料水	1.2 L	尿	1.2 L
食物中の水分	0.6 L	汗・呼気	0.7 L
新陳代謝	0.2 L	糞便	0.1 L
合計	2.0 L	合計	2.0 L

表中の新陳代謝でなぜ水が供給されることになるのか。アミノ酸からタンパク質が生合成される反応を例にとり、説明せよ。

問3 下線部cのバソプレシンを分泌する神経細胞の名称を記せ。

問 4 下線部 c のバソプレシンに関する記述として正しいものを次の①～⑤の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① 脂溶性ホルモンである。
- ② 利尿ホルモンとも呼ばれる。
- ③ ヒト以外の動物には、同じはたらきをもつものは存在しない。
- ④ 血圧を上昇させるはたらきがある。
- ⑤ 汗腺を刺激し、発汗を促すはたらきがある。

問 5 下線部 d の腎臓の集合管の細胞の細胞膜に存在し、(i)再吸収される水を特異的に透過させるタンパク質、(ii)バソプレシンのようなホルモンと特異的に結合するタンパク質の名称をそれぞれ記せ。

問 6 下線部 e の腎臓における再吸収に関して、下の表は健康なヒトの血しょう・原尿・尿中の主な成分の濃度を示したものである。

成分	質量パーセント濃度(%)		
	血しょう	原尿	尿
① グルコース	0.1	0.1	0
② クレアチニン	0.001	0.001	0.075
③ タンパク質	7.2	0	0
④ ナトリウムイオン	0.3	0.3	0.34
⑤ 尿素	0.03	0.03	2

表中の①～⑤の中から次の(i), (ii), (iii)にあてはまるものをそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。

- (i) ボーマンのうへろ過されず、そのまま血液中に残るもの
- (ii) 原尿からほとんどすべてが再吸収され、尿中に残らないもの
- (iii) 濃縮率の最も高いもの

問 7 問 6 の①～⑤のような水溶性の物質とは異なり，ビリルビンやコレステロールなどの脂溶性の物質の排出をおこなう器官の名称を記せ。

問 8 内分泌系による調節作用と自律神経系による調節作用を比較した場合，(i)内分泌系による調節作用にのみあてはまる性質，(ii)両者に共通してあてはまる性質を次の①～⑥の中からそれぞれ2つ選び，記号で答えよ。

- ① 効果は持続的である。
- ② 効果は短期間である。
- ③ 意識とは無関係にはたらく。
- ④ 瞳孔の拡大／縮小を制御する。
- ⑤ 血流によって全身に運ばれる。
- ⑥ 間脳による調節支配を受けている。

3

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

神経系において情報を伝え、処理するのは神経細胞である。神経細胞の細胞体は通常、一本の軸索と多数の 突起をもつ。神経細胞の興奮が起こると、興奮部とその隣接部分との間に電位差が生じ、 が流れる。この電位差の発生は、イオンチャネルの開閉によって起こるイオンの透過性の変化が重要な役割を果たす。つまり、神経細胞が刺激を受けると、細胞膜に存在する チャネルが開き、 イオンが細胞外からチャネルを通して細胞内に入る。 イオンの流入量が、常時開いている チャネルを通して漏れ出る イオンの量と比較して圧倒的に多いため、細胞内の電位が変化し、電位差が生じる。これが刺激となって、隣接部分が興奮し、次々に隣へと興奮が伝達される。神経細胞内で興奮が伝わっていくことを という。

神経細胞の興奮は長い軸索を伝わって神経終末へと移動していく。脊椎動物の神経細胞はその多くが髄鞘をもった軸索の神経細胞、すなわち有髄神経^bであり、髄鞘がならんで軸索を絶縁している。髄鞘にはくびれている部分があり、それを という。有髄神経では でのみ興奮が起こり、その興奮がくびれている部分をとびとびに伝達されるので、この現象を と呼ぶ。

有髄神経の髄鞘に対する免疫反応がおこる自己免疫疾患が知られている。ある髄鞘成分と共通の構造をもつ細菌が感染すると、その細菌を とする免疫応答が活性化し、細菌を攻撃すると同時に、髄鞘も攻撃してしまう。その結果、髄鞘が神経細胞から脱離してしまい(これを脱髄^cという)、伝達する速度が低下^cすることで疾患を発症する。

問1 空欄 ～ に入る最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について、電位差が生じる前の膜電位のことを何と呼ぶか、その名称を答えよ。また、その電位の大きさに最も近い値を次の①～⑤から 1 つ選び記号で答えよ。

- ① -700 mV ② -70 mV ③ 0 mV
④ $+50 \text{ mV}$ ⑤ $+500 \text{ mV}$

問 3 下線部 a について、閾値より小さい刺激では興奮しないが、閾値以上の刺激では刺激の大きさにかかわらず一定の大きさで興奮するという法則を何というか、答えよ。

問 4 神経細胞は、軸索に髄鞘がある場合とない場合で、伝達する速度が大きく異なる。以下の(i)～(iii)の間に答えよ。

- (i) 下線部 b の有髄神経の軸索の長さが 60 cm のとき、伝達に要する時間を答えよ。ただし、有髄神経の伝達する速度を 100 m/秒 とする。
- (ii) 下線部 c について、脱髄を起こしたときの伝達する速度は、無髄神経と同じになると考えることができる。今、(i)の有髄神経の軸索のすべての髄鞘が脱髄を起こしたとき、伝達に要する時間を答えよ。ただし、無髄神経の伝達する速度を 1 m/秒 とする。
- (iii) 実際の疾患では、髄鞘の脱髄は部分的である場合が多い。 1 m の有髄神経がもつ髄鞘のうち、 20% の部分が脱髄を起こしたと仮定して、その神経の伝達に要する時間を、計算過程も含めて答えよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

細胞膜の主要な構成成分はリン脂質で、リン脂質の構造は、リン酸を含む 性の部分と、脂質を含む 性の部分からなる。細胞膜は、リン脂質の 性の部分が向き合って並んだリン脂質の の構造をとり、さまざまなタンパク質が埋め込まれている。

細胞膜には、水分子や 性の物質を通過させるための タンパク質がある。 タンパク質には濃度勾配に従って物質を運搬するものと、エネルギーを利用して濃度勾配に逆らって物質を運搬するものがある。細胞膜を通り抜けることができない大きな分子の移動は、細胞膜の一部が陥入して外液ごと物質を細胞内に取り込む や、小胞が細胞膜に融合することで内容物を細胞外に放出する によって行われる。細胞外から によって取り込まれた小胞の中の有機物は、 に内包されている酵素のはたらきによって細胞内で消化される。

問1 次の文章を読んで、空欄 ～ に入る最も適切な語句を以下の語群より選び記号で答えよ。

[語群]

- ① 揮発、② 親水、③ 疎水、④ 酸、⑤ アルカリ、⑥ 平面、
- ⑦ 一重層、⑧ 二重層、⑨ 粗面小胞体、⑩ 分泌小胞、
- ⑪ ゴルジ体、⑫ リソソーム、⑬ エキソサイトーシス、
- ⑭ オートファジー、⑮ エンドサイトーシス、⑯ 輸送、⑰ 構造、
- ⑱ 触媒

問2 下線部aについて、細胞膜に埋め込まれた膜タンパク質は、膜の上を比較的自由に動くことができる。このような生体膜の構造モデルを何と呼ぶか、答えよ。

問3 下線部bの運搬を何と呼ぶか、答えよ。

(3) 酵素は、化学反応の触媒としてはたらく。一般的に化学反応は温度の上昇とともに反応速度が高まるが、酵素反応では最適温度をこえると反応速度は低下する。また、酵素反応の速度は基質の濃度や pH などの反応条件によっても変化する。酵素に関する問 1～問 4 の答を解答欄に記入せよ。

問 1 酵素に関して、正しく記述しているものを①～⑥の中からすべて選び、記号で答えよ。

- ① アミラーゼはペプチドを分解する。
- ② 酵素は活性化エネルギーを減少させることで温和な条件で化学反応を進行させる。
- ③ 熱により酵素が失活してもタンパク質の立体構造は変わらない。
- ④ すべての酵素のアミノ酸配列は共通である。
- ⑤ 酵素は補酵素がなければ活性を示さない。
- ⑥ ペプシンの最適 pH は pH2 付近である。

問 2 図 1 中の実線のグラフは、ある酵素の反応における生成物の量と反応時間との関係を示したものである。

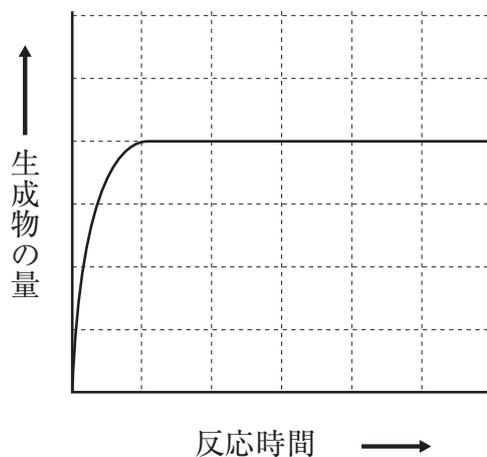
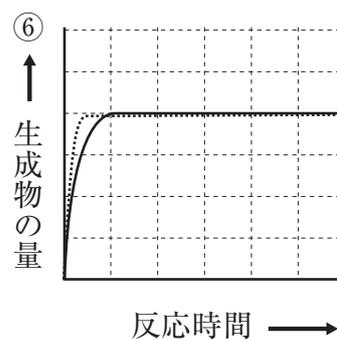
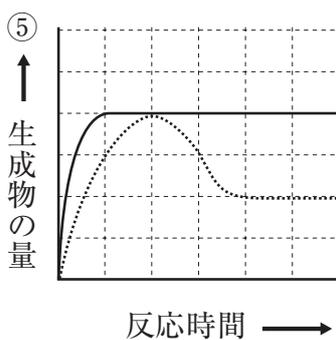
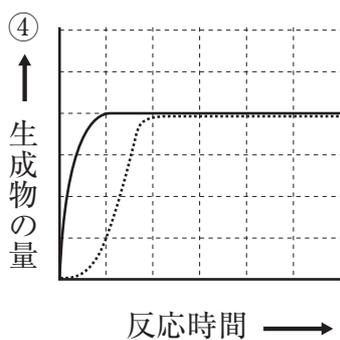
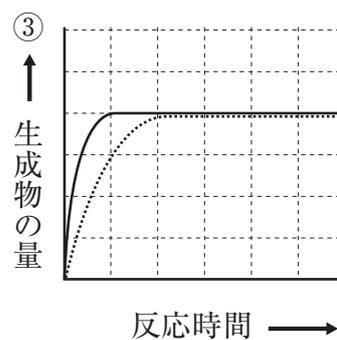
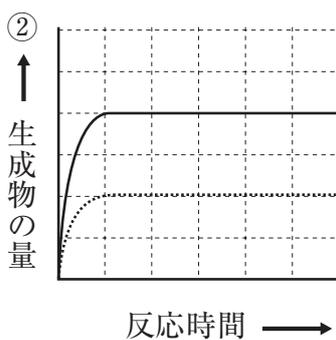
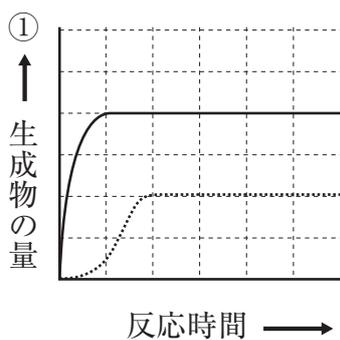


図 1

この酵素反応において、(i)酵素濃度のみを $\frac{1}{2}$ にしたときの生成物の量と反応時間との関係、(ii)基質濃度のみを $\frac{1}{2}$ にしたときの生成物の量と反応時間との関係、を表している点線のグラフを以下の①～⑥よりそれぞれ選び、記号で答えよ。なお、これらの実験中、反応温度は一定で、酵素は失活しないものとする。



問 3 図 2 中の実線のグラフは、問 2 とは別の酵素の反応における反応速度と基質濃度との関係を示したグラフである。この酵素反応において、基質濃度がある一定の値をこえると酵素の反応速度は一定となり増加しなくなった。酵素の反応速度が一定となる理由を説明せよ。

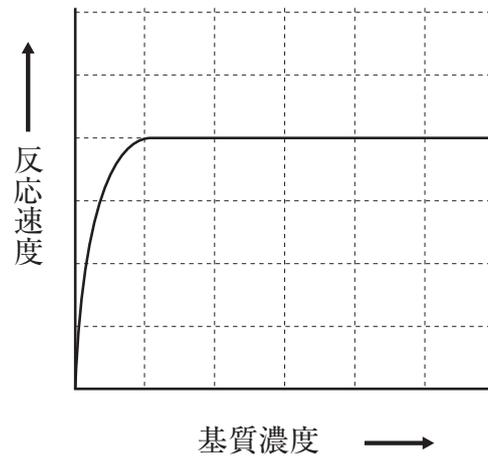
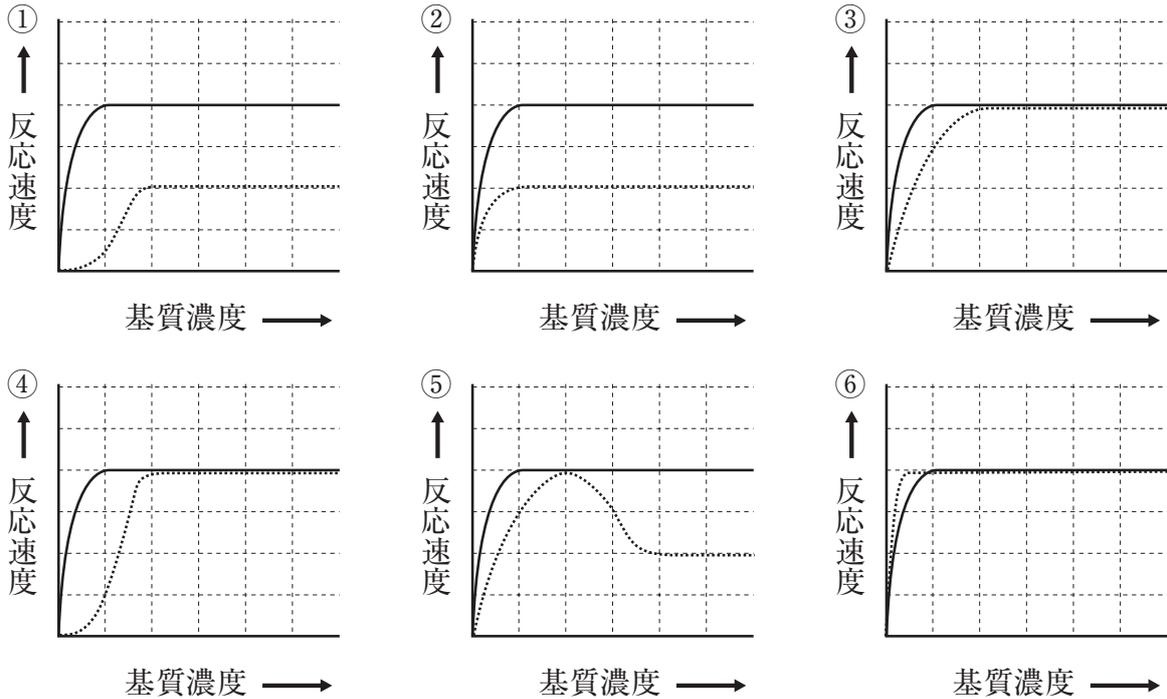


図 2

問 4 図 2 の酵素反応において、(i)酵素濃度をのみを $\frac{1}{2}$ にしたときの反応速度と基質濃度との関係、(ii)酵素濃度は同じままで、この酵素を競合的に阻害する物質を加えたときの反応速度と基質濃度との関係、を表している点線のグラフを以下の①～⑥よりそれぞれ選び、記号で答えよ。なお、この実験中、反応温度は一定で、酵素は失活しないものとする。



4

(1) 次の文章を読んで、問1～問7の答を解答欄に記入せよ。

ミカツキモは世界中の湖沼や水田などの淡水に生息する長さが約0.3 mmの単細胞生物である。光学顕微鏡で観察すると、細胞壁に包まれた1つの細胞の中央に1つの核と細胞質のほとんどを占める葉緑体が存在するのがわかる。

ミカツキモは、温度、光、水、養分などの環境要因が整っていれば細胞分裂による無性生殖を行い増殖する。しかし、乾燥や窒素源の欠乏などのストレスがかかると有性生殖を行う。ミカツキモでは雌雄に相当する+型と-型との間でのみ有性生殖を行い、これを接合と呼ぶ。

接合ではまず+型と-型のミカツキモが細胞分裂し配偶子^{のう}細胞ができる。次に+型と-型の配偶子^{のう}細胞が対になって接合子突起を形成する。この接合子突起に向かって両方の配偶子^{のう}細胞の細胞質が流れ込んで凝集し、乾燥などのストレスに耐性のある接合子ができる。

環境が回復すると接合子から発芽^{のう}囊が放出される。このあと発芽^{のう}囊で減数分裂が起こり、1個の発芽^{のう}囊から次世代の+型と-型の個体が1つずつできる。
a

問1 ミカツキモが細胞分裂してできる配偶子^{のう}細胞は、+型と-型に形態的な区別はない。このように、接合する2個の配偶子に大きさや形の差が見られないものは何と呼ばれるか、答えよ。

問 2 ミカツキモのゲノム DNA 量を 1 として，接合前のミカツキモ，配偶子^{のう}囊細胞，接合子，放出直後の発芽囊^{のう}，次世代の－型ミカツキモ，それぞれのゲノム DNA 量の大まかな相対値を考える。この相対値の組み合わせとして最も適切なものを次の①～⑤の中から 1 つ選び，記号で答えよ。

	接合前の ミカツキモ	配偶子 ^{のう} 囊細胞	接合子	放出直後の 発芽囊 ^{のう}	次世代の－型 ミカツキモ
①	1	1	1	2	2
②	2	2	1	1	1
③	1	2	2	1	1
④	1	1	2	2	1
⑤	2	1	1	1	2

問 3 下線部 a について，1 つの接合子から新しくできた 2 個体のミカツキモを別々のビーカーに分けたものと，新しくできた 2 個体のミカツキモをそのまま一緒にしたビーカーを用意した。それぞれのビーカーに窒素源などの栄養を含む培養液を入れてミカツキモを増やした。次に培養液から窒素源を取り除いて数週間おいてから，窒素源を含む培養液に戻して比較観察した。それぞれのビーカーでどのようなことが観察されると推測されるか，理由とともに答えよ。

問 4 単細胞生物のミカヅキモとは異なり，ヒトなどの多細胞生物では一部の細胞が配偶子となって別の配偶子と接合し1つの細胞ができる。多細胞生物のこの過程に関する次の①～⑤の文のうち，ミカヅキモにも当てはまるものをすべて選び，記号で答えよ。

- ① 通常見られる個体は2倍体である。
- ② 配偶子は減数分裂してできる。
- ③ 配偶子の核相は単相である。
- ④ 2個の配偶子が1つの細胞になったあと，卵割と呼ばれる特別な体細胞分裂を行う。
- ⑤ 1個体が作る配偶子は1種類である。

問 5 単細胞生物のミカヅキモは多細胞生物の植物に属するゼニゴケと進化的距離が近い。ミカヅキモ，ゼニゴケ，大腸菌とそれらに共通の祖先を考えたとき，「ミカヅキモは大腸菌との進化的距離よりゼニゴケとの進化的距離の方が近い」ことを示した系統樹の説明として正しいものを次の①～⑤の中から1つ選び，記号で答えよ。

- ① 共通の祖先から大腸菌，ミカヅキモ，ゼニゴケが分岐せずに1本の線上に並ぶ。
- ② 共通の祖先からまずゼニゴケが分岐し，あとから大腸菌とミカヅキモが分岐する。
- ③ 共通の祖先からまずミカヅキモが分岐し，あとから大腸菌とゼニゴケが分岐する。
- ④ 共通の祖先からまず大腸菌が分岐し，あとからミカヅキモとゼニゴケが分岐する。
- ⑤ 共通の祖先から大腸菌，ミカヅキモ，ゼニゴケが同時に分岐する。

問 6 ヒトの細胞分裂終期の細胞では、「収縮環」ができてこれが収縮し細胞を2つに分ける。収縮環は筋肉にも存在するアクチンフィラメントなどでできており、筋肉と同じ仕組みで収縮すると考えられている。筋肉において、アクチンフィラメント上を動くモータータンパク質の名称を記せ。

問 7 収縮環が筋肉の収縮と同じ仕組みで収縮しているとしたら、収縮環が収縮するために何が必要だと考えられるか。次の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- ① アクチビン
- ② カリウムイオン
- ③ ATP
- ④ 乳酸
- ⑤ アドレナリン

(2) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

生物の分類において、核、ミトコンドリア、葉緑体などの の有無から真核生物と原核生物の区別があり、それらをさらに細かく分類して原核生物界、植物界、 生物界、 界、動物界の五界説が提唱された。一方、ウーズは界の上にドメインという新たな分類階級を設定し、細菌ドメイン、 ドメインと真核生物ドメインの3つに分ける3ドメイン説を提出した。

生物の中でも藻類は植物のように 発生型光合成を行う。真核細胞の葉緑体の形成は、細胞内共生説によって説明されている。緑藻類と紅藻類の葉緑体は が取り込まれたもので、これを 共生^aという。一方、褐藻類やケイ藻類の葉緑体は紅藻類が取り込まれ進化して生じたもので、これを 共生という。

植物にはコケ植物、シダ植物、 植物がある。生殖細胞から次の代の生殖細胞に至る過程を結んで環状に示したものを という。コケ植物とシダ植物では無性生殖を行う 体と有性生殖を行う 体があり、そのうち、コケ植物で通常見られる植物体は 体であり、シダ植物で通常見られる植物体は 体である。

被子植物の器官形成は、茎と根の先端部分にある分裂組織の周辺で行われる。茎の先端付近の分裂組織を茎頂分裂組織といい、根の先端の分裂組織を という。茎頂分裂組織からは葉原基とともに や花芽^bも形成される。 の分裂組織が成長すると枝が形成される。茎頂分裂組織には髄状領域と呼ばれる部分があり、その中にある 中心と呼ばれる部分では、幹細胞の分化を抑制して分裂組織を維持する調節遺伝子がはたらいっている。

問 1 空欄 から に入る最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について、二つの共生の違いはそれぞれの葉緑体の特徴の違いによって区別されている。この違いを簡潔に説明せよ。

問 3 下線部 b について、花芽形成の誘導に関する研究が、シロイヌナズナにおいて行われた。その結果、茎頂分裂組織において合成された FD タンパク質が植物体の他の部分で合成された FT タンパク質と複合体を形成し、花芽形成に必要となる遺伝子の発現を茎頂分裂組織で活性化することが明らかとなった。FT タンパク質が合成される植物体の部分とそこから茎頂分裂組織に移動する経路について簡潔に説明せよ。

