

生物 問題 I

次の各問について、最も適切なものを1つ選び、カタカナの記号で記せ。

問1. 真夏など、高温環境下ではたらく体温調節のしくみについて、適切な説明の組み合わせはどれか。

- (A) 交感神経がはたらき、皮膚の血管が収縮する
 - (B) 副腎皮質刺激ホルモンがはたらき、糖質コルチコイドが分泌される
 - (C) 甲状腺刺激ホルモンの分泌が減少し、チロキシンの分泌が減少する
 - (D) 副交感神経がはたらき、発汗が抑制される
 - (E) 肝臓や筋肉での代謝が抑制される
- (ア) A B (イ) A C (ウ) A D (エ) A E (オ) B C
 (カ) B D (キ) B E (ク) C D (ケ) C E (コ) D E

問2. 副交感神経のはたらきについて、適切な説明の組み合わせはどれか。

- (A) すい臓でのすい液の分泌を促進する
 - (B) 小腸のぜん動運動を抑制する
 - (C) ぼうこうの収縮(排尿)を促進する
 - (D) 肝臓でのグリコーゲンの分解を促進する
 - (E) 目の瞳孔を拡大する
- (ア) A B (イ) A C (ウ) A D (エ) A E (オ) B C
 (カ) B D (キ) B E (ク) C D (ケ) C E (コ) D E

問3. 血液中のグルコース濃度(血糖値)が低い場合について、適切な説明の組み合わせはどれか。

- (A) 空腹を感じることで、糖質コルチコイドの分泌が減少する
 - (B) 間脳の視床下部で感知されて、交感神経が興奮する
 - (C) すい臓のランゲルハンス島で感知されて、グルカゴンが分泌される
 - (D) インスリンのはたらきで、肝臓がグリコーゲンを合成する
 - (E) 糖質コルチコイドのはたらきで、筋肉や肝臓でグリコーゲンが分解される
- (ア) A B (イ) A C (ウ) A D (エ) A E (オ) B C
 (カ) B D (キ) B E (ク) C D (ケ) C E (コ) D E

問4. 血液について、適切な説明の組み合わせはどれか。

- (A) 古くなった赤血球は脾臓で破壊される
 - (B) 外傷によって血液が空気に触れることで、赤血球から血液凝固因子が放出される
 - (C) ヒトの赤血球は核をもたない
 - (D) 血しょうはヘモグロビンを多く含む
 - (E) 白血球はリンパ管で産生される
- (ア) A B (イ) A C (ウ) A D (エ) A E (オ) B C
 (カ) B D (キ) B E (ク) C D (ケ) C E (コ) D E

問5. ヒトの静脈より採血し、血液を試験管に集めた。この血液の凝固を防ぐための方法として、適切な組み合わせはどれか。

- (A) 採血後の血液にクエン酸カルシウムを加えて均一にまぜる
- (B) 採血後の血液に異なる血液型の血清を加えて均一にまぜる
- (C) 採血後の血液をガラス棒でかきまわし、からみついたものを取り除く
- (D) 採血後の血液にクエン酸ナトリウムを加えて均一にまぜる
- (E) 採血後の血液を 25 °C に保つ

- (ア) A B (イ) A C (ウ) A D (エ) A E (オ) B C
 (カ) B D (キ) B E (ク) C D (ケ) C E (コ) D E

問6. 心臓について、適切な説明の組み合わせはどれか。

- (A) 心臓の拍動に応じて静脈がふくらむため、手首で脈拍を感じる
- (B) 血液中の二酸化炭素の濃度が高まると、交感神経がはたらき、拍動が速くなる
- (C) ヒトの血管のうち、酸素をもっとも多く含む血液が流れているのは肺動脈である
- (D) カエルの心臓を取り出しリンガー液に浸すと、拍動がしばらく続く
- (E) カエルの心臓を取り出しアセチルコリンを含む生理食塩水に浸すと、拍動が速くなる

- (ア) A B (イ) A C (ウ) A D (エ) A E (オ) B C
 (カ) B D (キ) B E (ク) C D (ケ) C E (コ) D E

問7. ヒトの心臓(図1)で、肺動脈はA~Eのうちどれか。またペースメーカーのある部位はF, Gのうちどちらか。

- (ア) A F (イ) A G (ウ) B F (エ) B G (オ) C F
 (カ) C G (キ) D F (ク) D G (ケ) E F (コ) E G

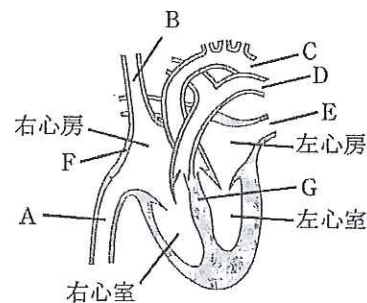


図1

問8. ある人が0.25 L (リットル) の水を飲んだところ、平常時に1.00 だった浸透圧(相対値)が0.95に変化した。この人の平常時の血液量は何Lか。ただし、飲んだ水はすべて吸収されて血液に入るものとする。

- (ア) 4.25 L (イ) 4.50 L (ウ) 4.75 L (エ) 5.00 L (オ) 5.25 L
 (カ) 5.50 L (キ) 5.75 L (ク) 6.00 L (ケ) 6.25 L (コ) 6.50 L

生

生物

生物 問題 II

光合成について【A】～【C】の各問に答えよ。

【A】植物は空気中の二酸化炭素を使って有機物を合成する。これは炭酸同化と呼ばれ、細胞の中にある葉緑体で行われる。葉緑体は外膜と内膜の2枚の膜で包まれている。また、内部には袋状の構造物があり、そのあいだは基質部分で満たされている。葉緑体では光のエネルギーを利用して空気中の二酸化炭素を固定する反応が進行する。この一連の反応は、①光エネルギーを吸収し、クロロフィルを活性化する反応、②水が分解されて H^+ が生じる反応、③光リン酸化と呼ばれる反応、④ CO_2 を固定する反応、から成り立っている。

問1. ①の反応について、下記の（ア）～（エ）に適切な語句を記入せよ。

光エネルギーを吸収する反応には（ア）と（イ）と呼ばれる異なる2つの反応過程が存在する。それぞれの反応でクロロフィルが活性化されて、電子が放出される。（ア）で放出された電子は（ウ）を通り（イ）に渡される。（イ）では最終的に電子が補酵素Xに渡されて（エ）が生成される。

問2. ②の反応について、ルーベンが行った実験で使われたものは何か。次の（ア）～（エ）から2つ選び、記号で記せ。

- （ア）水素の同位体を含む水 （イ）酸素の同位体を含む水
（ウ）炭素の同位体を含む二酸化炭素 （エ）酸素の同位体を含む二酸化炭素

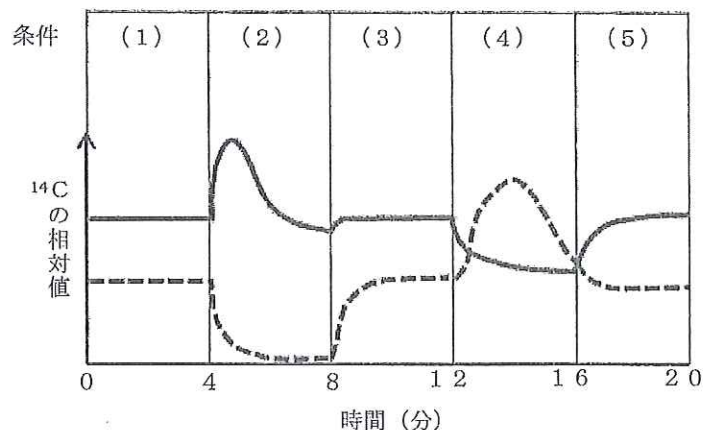
問3. ③の反応で生成されるものを1つ記せ。

問4. ④の反応に影響をおよぼす環境要因を2つ記せ。

【B】光合成の反応過程を調べるために、 ^{14}C で標識した CO_2 を含む空気中に植物を置き、一定時間ごとに植物から有機物を抽出し、 ^{14}C で標識された C_3 化合物と C_5 化合物の量の変化を調べたところ、下図のような結果が得られた。ただし、図の条件（1）は1%の CO_2 を含む空気中で光を照射している。

問1. 図の条件（2）～（5）に当てはまるものを下の（ア）～（エ）から選び記号で記せ。なお、図中の実線は C_3 化合物を、破線は C_5 化合物を表している。

- （ア）1% CO_2 ， 光照射
（イ）1% CO_2 ， 暗黒
（ウ）0.003% CO_2 ， 光照射
（エ）0.003% CO_2 ， 暗黒



問2. 図の条件(4)の時にC₅化合物が増加し、C₃化合物が減少する理由を簡潔に記せ。

問3. C₃化合物ができる葉緑体の部位の名称を記せ。

問4. 二酸化炭素が有機物に取り込まれる反応を、CO₂、C₃化合物、C₅化合物を使って次のように表した。(ア)～(エ)に入る数字を記せ。



【C】クロレラの光合成量を求めるために次の実験を行った。クロレラの懸濁液をよく混ぜ、1 L (リットル) ずつA, B, Cの3個の培養ビンに入れ密閉した。培養ビンAは実験開始時に懸濁液中の酸素量を測定した。培養ビンBは5時間明所に置いた後に、懸濁液中の酸素量を測定した。培養ビンCは5時間明所に置き、さらに19時間暗所に置いた後に、懸濁液中の酸素量を測定した。その実験結果を表に示す。

培養ビン	A	B	C
測定時間	実験開始時	5時間明所に置いた後	5時間明所に置き、さらに19時間暗所に置いた後
酸素量	7.6 mg	11.9 mg	9.4 mg

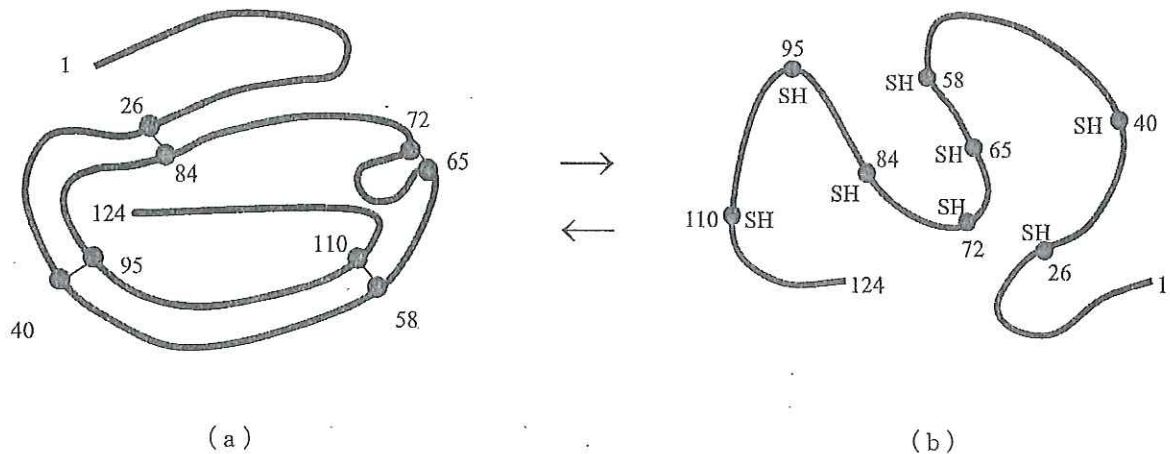
問1. 使用したクロレラの真の光合成量を、1 L, 1時間あたりの酸素量 (mg) で表せ。答えは小数点以下第3位を四捨五入せよ。

問2. 培養ビンAと培養ビンCのクロレラ (各1 L) の乾燥重量の差はどれくらいと予想されるか。ただし、光合成の産物と呼吸の基質はすべてグルコースであると仮定する。C=12, H=1, O=16として、答えは小数点以下第3位を四捨五入せよ。

生物 問題 III

図1の(a)はウシのすい臓から分泌されるリボヌクレアーゼの三次構造を表している。リボヌクレアーゼはRNAを加水分解する消化酵素で、124個のアミノ酸からなる1本のポリペプチド鎖が折りたたまれてできている。このリボヌクレアーゼを8M尿素と還元剤のβ-メルカプトエタノールで処理すると、図1の(b)のように完全にほどけてランダムコイルと呼ばれる1本のポリペプチド鎖を生じ、酵素活性が失われる。リボヌクレアーゼは4ヶ所にあるS-S結合によって架橋されているが、β-メルカプトエタノール処理によりS-S結合が還元されて切れ、8M尿素により立体構造やらせん構造が失われて酵素タンパクはランダムコイルになる。ところが、尿素とβ-メルカプトエタノールを除くと、ランダムコイルは図1(a)と同じ三次構造に折りたたまれて、ほぼ100%酵素活性を取りもどすのである。一方、還元したリボヌクレアーゼを8M尿素の中で酸化してS-S結合が形成されてから尿素を除くと、大部分のSH基が誤った相手とS-S結合を形成するために、得られたリボヌクレアーゼの酵素活性は本来のもの1%しかない。以下の各問に答えよ。なお、図中の数字は124個のアミノ酸のうち、SH基を側鎖にもつアミノ酸の配置を示している。また、図1(a)の●—●はS-S結合を表している。

図1



- 問1. タンパク質によっては四次構造をもつものがある。四次構造をもつタンパク質の名称を1つあげよ。また、タンパク質の四次構造とは何か簡単に説明せよ。
- 問2. リボヌクレアーゼのようにS-S結合によって架橋されているタンパク質には、架橋されていないタンパク質に比べて、どのような利点があると考えられるか。
- 問3. S-S結合の形成に必要なSH基を側鎖にもつアミノ酸の名称を記せ。
- 問4. 図1の矢印(b)→(a)の変化は「再生」と呼ばれる。図1の矢印(a)→(b)の変化は何と呼ばれているか。
- 問5. 下線部について、反応液中から低分子のβ-メルカプトエタノールと尿素を除去する方法を述べよ。

問6. 1分子のリボヌクレアーゼにはSH基が全部で8個含まれている。8個のSH基を使えば4つのS-S結合が形成できる。ランダムコイルを尿素の中で酸化してS-S結合を形成させた場合のように、1分子のリボヌクレアーゼの8個のSH基を自由に組み合わせると、可能な組み合わせは全部で何通りになるか。

問7. ランダムコイルの状態から活性型のリボヌクレアーゼが再生されるとき、複数のS-S結合の組み合わせが可能なのに、実際には1通りの組み合わせしかできない。この結果はポリペプチド鎖がランダムコイルの状態から特有の立体構造に折りたたまれた後に、近傍のSH基の間でS-S結合ができると考えれば説明できる。この実験からタンパク質の折りたたみに関する、ある重要な一般原理が見出された。タンパク質の折りたたみに関する重要な一般原理とは何か、記せ。

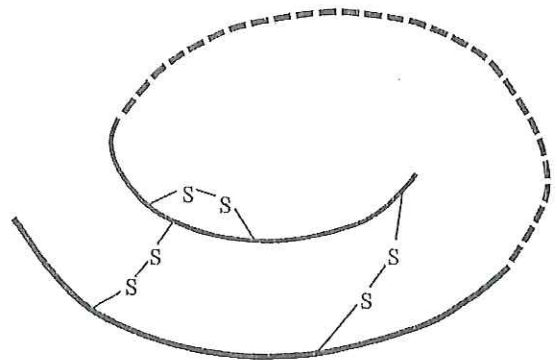
問8. 図1(b)のランダムコイルの状態で失われているのは、リボヌクレアーゼの一次構造、二次構造、三次構造のうちどれか。次の(ア)～(キ)より1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 一次構造のみ失われている (イ) 二次構造のみ失われている (ウ) 三次構造のみ失われている
 (エ) 一次構造と二次構造が失われている (オ) 二次構造と三次構造が失われている
 (カ) 一次構造と三次構造が失われている (キ) 一次構造、二次構造、三次構造とも失われている

問9. リボヌクレアーゼのポリペプチド鎖には両端がある。1番目のアミノ酸側の端と124番目のアミノ酸側の端はそれぞれどのようなになっているか。端がアミノ基の場合は $-NH_2$ と、端がカルボキシル基の場合は $-COOH$ と答えよ。

問10. インスリンはプロインスリン(図2)の形で合成され、プロインスリンから連結ペプチド(図2の点線の部分)が切除されると活性をもつインスリンに変わる。このインスリンをリボヌクレアーゼと同じように8M尿素と還元剤の β -メルカプトエタノールで処理すると、3ヶ所のS-S結合が切れて2本のポリペプチド鎖に分かれる。しかし、インスリンの場合は8M尿素と β -メルカプトエタノールを除いても、2～3%しか本来の形に再生しない。インスリンはなぜ再生しないのか、その理由を記せ。

図2



生物 問題 IV

生物は、外界からの異物の侵入を防いだり、侵入した異物を排除するしくみを備えている。異物を非自己物質と認識して、排除するしくみを免疫という。免疫は生まれつき備わっている自然免疫と、生後獲得していく獲得免疫とに分けられる。また、獲得免疫には抗体が関与する体液性免疫とリンパ球などが直接異物の排除に関与する細胞性免疫がある。体液性免疫はB細胞によって産生される抗体が抗原と特異的に反応し、抗体と結合した抗原を特殊な白血球が取り込むことによって排除する。また、抗体は血流にのって循環するとともに、だ液や腸内へ分泌され、新たな異物の侵入を阻止する。細胞性免疫は抗原によって刺激されたT細胞が病原体に感染した細胞や異物と認識した組織を見つけ出し、攻撃し排除する。このときに重要な役割を果たすのが細胞表面に存在する主要組織適合抗原とよばれるタンパク質である。そのため臓器移植を行う時にはできるだけ主要組織適合抗原の型が一致したもので行う。

獲得免疫はさまざまな病原体の抗原と自己の抗原を区別し、認識するために巧妙なしくみで多様性を作りだしている。ヒトのB細胞はそのしくみによって数千万種類もの抗体をつくりだすことができると考えられているし、T細胞の表面にある抗原を認識するタンパク質も同様の仕組みで多様性をつくっている。その中には自己を認識するものもあるため、細胞が分化し成熟していく過程において自己を攻撃する可能性のあるリンパ球は排除されていく。しかし、時には自己に対する抗体ができてしまい、自己免疫疾患をひき起こすことがある。例えば、重症筋無力症はアセチルコリン受容体に対する抗体ができてしまったために脱力がおこり、顕著に筋力が低下する疾患である。

免疫のしくみは、病気の予防、治療、診断にも利用できる。予防接種はあらかじめ病原性を消失させた病原体などをワクチンとして接種することで、発病を予防することができる。例えば、アフリカや南米の一部の国に旅行するためには黄熱の予防接種をする必要がある。治療法としては、毒ヘビにかまれたときなど緊急に毒素を排除しなければならない場合、あらかじめウマなどの動物につくらせた毒素の抗体を含む血清を注射する血清療法がある。診断としては病原体の抗原に対する抗体の量を測定することで病原体に感染しているかどうか分かる。

問1. 結核菌由来のタンパク質を皮下注射すると、結核菌に感染したことがあるヒトの場合は、1～2日後にその部分が赤くはれる。この反応をツベルクリン反応という。ツベルクリン反応は体液性免疫によるものか細胞性免疫によるものかを調べるため、ツベルクリン陽性のモルモットと陰性のモルモットを用いて次の実験を行った。次の(1)～(6)に「陽性」あるいは「陰性」のいずれか適切な方を選んで入れよ。ただし、答えが陽性の場合には＋と、陰性の場合には－と記せ。

ツベルクリン(1)のモルモットから血清を取り出し、ツベルクリン(2)のモルモットに注射したところ、ツベルクリン反応は(3)であった。一方、ツベルクリン(4)のモルモットのリンパ球をツベルクリン(5)のモルモットに注射した場合はツベルクリン反応は(6)になった。このことからツベルクリン反応にはリンパ球が関与していると考えられる。

問2. B細胞の抗体産生のしくみについて、次の(ア)～(オ)に適切な数字を記入せよ。

抗体は、免疫グロブリンとよばれるY字型のタンパク質で、(ア)本のH鎖と(イ)本のL鎖からできている。抗原と結合する部分は可変部とよばれ、抗体の種類によってアミノ酸配列が異なる。そのほかは定常部とよばれ、どの抗体でも同じである。限られた遺伝子から多様な抗原に対応できるのは、抗体の遺伝子が組換えられるからである。未熟なB細胞では、可変部をつくるための遺伝子は断片として存在し、グループを形成している。H鎖の可変部の遺伝子は(ウ)つの、L鎖の可変部の遺伝子は(エ)つのグループに分断されて存在し、B細胞が成熟するにつれ、それぞれの断片の中から1つだけ選ばれ遺伝子が組換えられる。このしくみのおかげで限られた遺伝子から膨大な種類の抗体をつくりだすことができる。また、成熟したB細胞は特定の組合せのH鎖とL鎖の遺伝子を持つことになり、成熟した1つのB細胞は(オ)種類の抗体しかつくることができない。

問3. アセチルコリン受容体に対する抗体が重症筋無力症をひき起こす理由について、次の(ア)～(オ)に適切な語句を記入せよ。

骨格筋は運動神経によって制御されており、運動神経の軸索の末端は骨格筋の表面で(ア)を形成している。興奮が伝わると神経終末から(ア)間隙にアセチルコリンが放出され、終板に存在するアセチルコリン受容体と結合する。アセチルコリン受容体にはチャンネル部位があり、アセチルコリンが結合するとチャンネルが開き(イ)が細胞内へ流入し、活動電位が生じる。活動電位の刺激によって(ウ)に蓄えられている(エ)が細胞質へと放出される。(エ)が(オ)と結合すると、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントが相互作用できるようになり、筋肉が収縮する。重症筋無力症患者のアセチルコリン受容体に対する抗体はこの神経と筋肉の接合部の情報伝達を妨げるため、脱力がおこる。

問4. ウマにつくらせた抗毒素血清を用いた治療は同じヒトには何度も行えない。その理由を記せ。

問5. 黄熱のワクチンは接種後10日から有効となり、その後10年間有効であるとされている。(a)なぜ接種後有効となるまでしばらく時間がかかり、(b)なぜ10年もの長期間有効であるのか、その理由をそれぞれ記せ。

問6. ヒトの主要組織適合抗原は同じ染色体上の近接した6つの遺伝子群(HLA-A, -B, -C, -DR, -DQ, -DP)によってつくられ、これらの遺伝子は優性・劣性の別なく発現する。それぞれの遺伝子群には多数の対立遺伝子が存在し、これら6つの遺伝子間では組換えはほとんど起こらないことが知られている。また、臓器移植に重要なのは6つの遺伝子のうちHLA-A, -B, -DRの3つの遺伝子である。以下の問に答えよ。

(a) 同じ両親から生まれた子の中で主要組織適合抗原が完全に一致する可能性は何分の1か。

(b) 臓器移植に重要な主要組織適合抗原の3つの遺伝子群にそれぞれ20種類の対立遺伝子が存在すると仮定すると、他人と3つのHLAが完全に一致する可能性は何分の1か。