

第1問 体温の調節に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ヒトやラット(ネズミ)などの哺乳類では、外界の温度の変化に体温が左右されないように、体温を一定に保つ仕組みが備わっている。体温が低下すると、間脳の(ア)にある体温調節の中核から、交感神経とホルモンを介して指令が出される。それらが協調してからだの反応を制御し、体温を上昇させるように働く。

体温調節中枢により感知された体温低下の情報は、(1)交感神経を介して(イ)に伝えられ、(ウ)の分泌が促進される。(ウ)は心臓の拍動を速めたり、(2)肝臓や筋肉での代謝を促進することによってからだの発熱量を増加させる。一方、ホルモンによる制御では、体温調節中枢からの指令によって(エ)から(オ)が分泌され、(カ)が刺激されることにより(3)チロキシンの分泌が増加する。チロキシンも(ウ)と同様に、肝臓や筋肉での代謝を促進する。しかしながら、(4)血液中のチロキシンの量が多くなると(ア)や(エ)は、それに反応してチロキシンの分泌を抑制するように働く。このような調節により血液中のチロキシン濃度は適正な範囲に維持されている。

チロキシンによる代謝の調節を調べるために、実験1~3を行った(表1)。ラットから(カ)を抽出し、10日後にラットの代謝量を調べたところ、何もなかったラットに比べて代謝量の低下が観察された(実験1, 2)。実験2のラットでは血液中にチロキシンは検出されなかった。一方、(カ)を抽出後5日目から、チロキシンを5日間注射したラットでは、10日後の代謝量の低下は観察されなかった(実験3)。チロキシンは生理食塩水に溶かしてラットに投与した。(6)これらの実験結果から、(カ)から分泌されるチロキシンは、ラットの代謝を促進するように働いていると推定した。

表1

	(カ)の抽出	注射	10日後の代謝量
実験1	しない	しない	変化なし
実験2	する	しない	低下した
実験3	する	チロキシンを5日間投与	変化なし
実験4	①	②	低下した
実験5	③	④	変化なし

問1 文中の(ア)~(カ)に適語を記せ。

問2 下線部(1)について、交感神経はここで記された反応の他に、体表面にある効果器に直接働きかけて体温の低下を防いでいる。体表面からの放熱量を減少させる効果器の反応を2つ記せ。

問3 下線部(2)について、

- i) 肝臓や筋肉で熱の産生量を増加させる代謝にはどのようなものがあるか。そのような代謝の例を1つ記せ。
- ii) チロキシンや(ウ)の他に、肝臓や筋肉の代謝を促進するホルモンを1つ記せ。

問4 下線部(3)について、

- i) チロキシンは、チロシンというアミノ酸2つが縮合したものに、ある元素が3~4個付加した構造をしている。この元素の名称を記せ。
- ii) チロキシンが過剰に分泌されるために起こる疾患の名称を記せ。

問5 下線部(4)について、このようなしくみを何と呼ぶか、その名称を記せ。

問6 下線部(5)について、ラットの代謝の調節に対する(カ)およびチロキシンの役割を明らかにするためには、実験1~3だけではまだ十分とはいえない。

- i) 実験3に対する実験2のように、実験結果の原因を明らかにするために、目的とする条件以外は本実験と同一の条件で行う実験のことを何と呼ぶか、その名称を記せ。
- ii) 実験1~3で得られた推論を確かなものにするためには、さらに実験4, 5を行う必要がある。表1の①~④の空欄に適する語句を次の(a)~(e)から選び、それぞれ記号で記せ。記号は重複して選んでも構わない。

- (a) する (b) しない (c) チロキシンを5日間投与
(d) 生理食塩水のみ5日間投与 (e) 水のみ5日間投与

問7 (カ)を抽出してから10日後に代謝量の低下が観察されたラットにおいて、

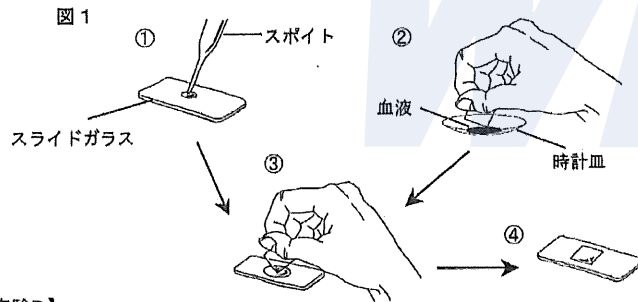
- i) (カ)の抽出前に比べて、血液中で最も増加していると推定されるホルモンは何と考えられるか、その名称を1つ記せ。
- ii) i)で答えたホルモンが増加する理由を簡潔に記せ。

第2問 浸透圧に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

浸透圧の大きさを表すときに化学や物理学では、気圧 (atm) やパスカル (Pa) もしくは N/m^2 などの単位が用いられるが、医学や生物学ではオスモル (Osm) という単位が用いられることが多い。ある溶液の浸透圧が 1 Osm というとき、それは 1 モル/l の非電解質が溶けている理想的な水溶液の浸透圧を表している。この単位を用いて、ヒトの体液の浸透圧を表すと、0.3 Osm となる。ヒトの体液の浸透圧はこの値でほぼ一定に保たれるように、血しょうの浸透圧を腎臓で調節するしくみがある。血しょうの浸透圧が変化した場合、血球細胞がどのような影響を受けるのかを知る目的で、以下の実験A (図1) と実験Bを行った。

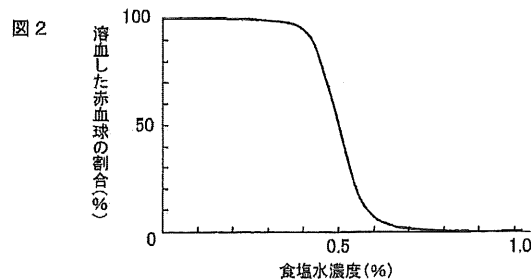
【実験A】

- ① 水と食塩水 (0.6%, 0.9%, 1.2% いずれも重量%) を用意し、スポイトを用いてこれらの液をスライドガラスに1滴ずつたらす。
- ② 凝固阻止したヒトの血液を時計皿に取り、カバーガラスの角に少量の血液をつける。
- ③ ①のスライドガラス上の水、および各濃度の食塩水にカバーガラスの角につけた血液を触れさせることによって、各液に血液を混ぜる。
- ④ 各スライドガラスを軽く攪拌した後、カバーガラスをかけて顕微鏡で観察する。



【実験B】

0%から1.0%の間で、さまざまな濃度の食塩水を用意し、実験Aと同様の方法で食塩水に血液を混ぜて観察した。各濃度の食塩水の中で、溶血した赤血球の割合を計測した。その結果をグラフにしたものが図2である。



問1 実験Aにおいて、水と各濃度の食塩水の中で、赤血球はどのように観察されたか。その様子を簡潔に記せ。赤血球の体積に変化があった場合には、単に、膨らむ、縮む、と定性的に表現するだけでなく、(もとの体積の)何%に膨らむ、何%に縮む、のように赤血球の体積の変化も計算して定量的に記すこと。体積の変化は小数点以下を四捨五入して%で表せ。

- i) 水
- ii) 0.6%食塩水
- iii) 0.9%食塩水
- iv) 1.2%食塩水

問2 実験Bの結果から、およそ半分の赤血球が溶血するときの食塩水の濃度はどれくらいか、記せ。

問3 ヒトの場合、体液と等張である0.9%食塩水は生理食塩水と呼ばれている。ただし、水に溶けている食塩 (NaCl) すべてが水溶液中で、 Na^+ と Cl^- に解離しているわけではない。ヒトの体液の浸透圧を0.3 Osmとして、生理食塩水中のNaClの解離度を計算し、小数点以下2桁まで求めよ。ただし、NaとClの原子量はそれぞれ、23、35.5として計算せよ。

問4 ヒトの赤血球を食塩水ではなく、0.9%のスクロース液 (重量%) につけると、実験Bの結果から判断して赤血球はどのようにになると予想されるか。問1と同様にその変化を記せ。ただし、スクロースの分子量は 342 として計算せよ。

問5 カエルの生理食塩水は0.65%である。カエルの赤血球を0.9%の食塩水につけた場合、赤血球はどのようになるか。問1と同様にその変化を記せ。

問6 ヒトの赤血球を70%のエタノールにつけると、どのようにになると予想されるか、簡潔に記せ。

問7 ヒトの赤血球の細胞膜ではナトリウムポンプが絶えず働いており、細胞の浸透圧維持に重要な役割を果たしている。0.9%の食塩水につけたヒトの赤血球を、ナトリウムポンプの阻害剤で処理すると、赤血球はしだいに膨らみ、やがて溶血する。その理由を簡潔に記せ。

第3問 ヒトの免疫系に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ヒトは、ウイルスや細菌など病原体が体内に侵入しないように、いくつもの防御機構を備えている。

第1の防御機構は、体表面における障壁である。直接外界と接する皮膚や消化管・気管の表面は、細胞どうしが密に結合した(ア)組織から形成され、体内への病原体の侵入を防いでいる。気管支の表面では、細胞表層にある(イ)の動きによって、異物を体外へ排出している。また、(1)涙、汗、鼻汁には、細菌の細胞壁を破壊する酵素が含まれており、これも病原体の侵入を防ぐのに役立っている。

第2の防御機構は、食作用を有する細胞(食細胞)が病原体を排除する機構である。これは、生まれながらにもっている機構で、(ウ)免疫という。皮膚の傷口などから病原体が体内に侵入すると、マクロファージや(エ)細胞は、病原体を食作用によって処理する。また、食細胞は病原体の侵入部位に炎症反応を生じさせ、結果として血液中から多数の免疫関連物質や白血球がそこに集まり、病原体の排除を促進するように働く。病原体を取り込んだ(エ)細胞は、その後、リンパ節などへ移動し、第3の防御機構を誘導する。

第3の防御機構は、ヘルパーT細胞がかなめとなって、各種リンパ球が病原体を特異的に排除する機構で、(オ)免疫という。この防御機構は、(エ)細胞などが取り込んだ病原体の抗原を細胞表面に提示し、この抗原情報をヘルパーT細胞が受け取ることで始まる。抗原情報を受け取ったヘルパーT細胞がB細胞を活性化させ、抗体を産生して病原体を排除する機構を(カ)性免疫といい、またヘルパーT細胞がキラーT細胞を活性化させ、直接病原体を排除する機構を(キ)性免疫という。

(カ)性免疫では、抗原情報を認識したB細胞は活性化を受け、抗体産生細胞となる。抗体は(ク)と呼ばれるY字状のタンパク質であり、(2)図3に示すように、長い(ケ)と短い(コ)という2種類のポリペプチドから構成される。抗原結合部位を含む(サ)の領域は、抗体ごとに異なる構造をとり、100万種類以上存在するといわれる各抗原に対応することができる。B細胞から放出された抗体は、抗原と特異的に結合して抗原抗体複合体をつくり、その結果、病原体の感染性が弱くなったり、食細胞による食作用が高まったりすることで、病原体は排除される。この一連の過程が一次応答である。

活性化を受けたリンパ球の一部は、免疫記憶細胞となって体内に残るため、再び同じ病原体が侵入した場合は、速やかに(オ)免疫反応が誘導される。この(3)2回目以降の免疫反応を二次応答といい、このしくみを利用して感染症を予防する手段が、予防接種である。

(4)予防接種では、死滅させた、あるいは弱毒化した病原体などを接種することで、あらかじめ一次応答を起こさせて、体内に免疫記憶細胞をつくらせる。その結果、実際に病原体の侵入が起こったときには、速やかに強い二次応答が誘導されるため、感染症を防ぐことができる。

(5)予防接種を世界規模で実施することで、感染症を根絶させる努力が続けられている。

図3

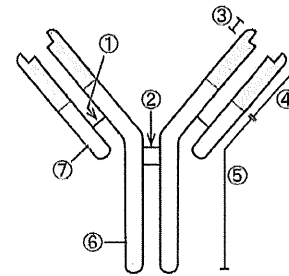
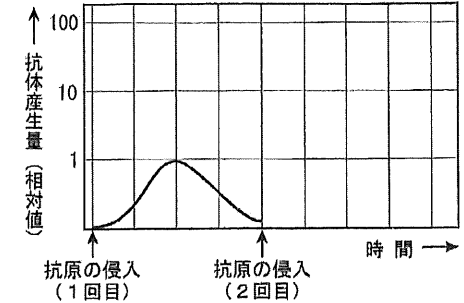


図4



問1 文中の(ア)～(サ)に適語を記せ。

問2 下線部(1)について、この酵素の名称を記せ。

問3 下線部(2)について、(ケ)～(サ)の構造に相当する部位は、図3の①～⑦のどれに相当するか。それぞれ適当なものを1つずつ選び、その番号を記せ。

問4 下線部(3)について、一次応答における抗体の産生量変化を図4に示す。2回目に同じ抗原が体内に侵入した際における、抗体の産生量変化を解答欄のグラフに描け。

問5 下線部(4)に関連して、ツベルクリン反応について記した次の文の()の中から、それぞれ適当な語句を選び、その番号を記せ。

ツベルクリン反応とは、(a: ①結核菌 ②ジフテリア菌 ③大腸菌 ④破傷風菌)のタンパク質を(b: ⑤動脈 ⑥静脈 ⑦筋肉 ⑧皮膚)に注射し、赤く腫れるかどうかで、(a)に対する免疫の有無を判断する検査法で、(c: ⑨即時型 ⑩遅延型)アレルギーを利用している。結果が陰性の場合には、(d: ⑪死滅 ⑫弱毒化)させた(a)を接種し、免疫をつける。

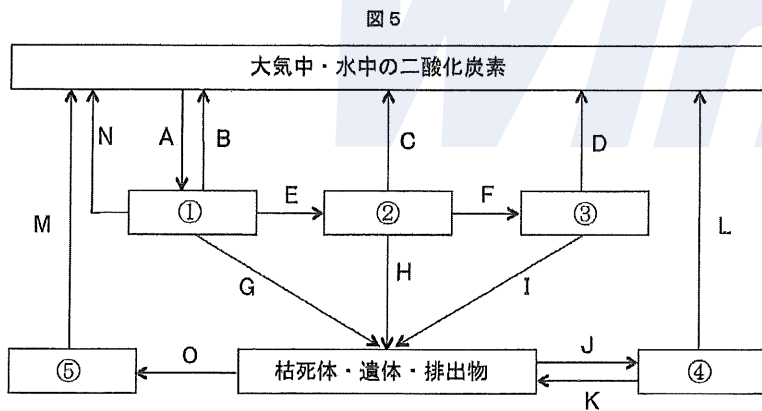
問6 下線部(5)について、1980年に世界保健機構(WHO)が根絶を宣言した感染症は何か、その名称を記せ。

第4問 炭素は地球規模で大きな循環をしている。図5は地球上の炭素循環における生物過程（ヒトの活動も含む）を模式的に示したものである。矢印は炭素の流れの方向、矢印につけられたA～Oの記号は、それぞれの過程で放出または吸収される年間の炭素量を表す。ただし、MとNはヒトの活動によるものをさし、文中と図中の①～④は同じものをさしている。次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

大気中や水中に含まれる二酸化炭素は（①）に吸収され、有機物の合成に利用される。この作用の代表的な例は、緑色植物による（ア）である。生産された有機物は、食物連鎖を通して、植物食性動物のような（②）、動物食性動物のような（③）へと移っていく。枯死体・遺体・排出物の有機物は、微生物のような（④）によって最終的に無機物に変えられる。

また、好気性の生物は（イ）によって体内の有機物を分解しているが、このとき生じる二酸化炭素は体外に排出され、大気中や水中などに戻される。したがって、⁽¹⁾（ア）と（イ）という生物の代謝は、地球上の炭素の循環にとって極めて重要な役割を果たしている。

19世紀以降、⁽²⁾ヒトの活動により炭素循環に変化が見られるようになり、⁽³⁾大気中の二酸化炭素の濃度はしだいに増加してきている。



問1 文中の（①）～（④）に、生態系におけるそれぞれの役割を示す適語を記せ。

問2 文中の（ア）と（イ）の代謝をそれぞれ何と呼ぶか、その名称を記せ。

問3 下線部（1）について、（ア）と（イ）の代謝は化学反応式で示すと、それぞれ1つの反応式の逆反応とみなすことができる。（ア）と（イ）の代謝を示す反応式を1つの式で表せ。

問4 （ア）と（イ）の代謝で、二酸化炭素を取り込む回路名と、放出する回路名をそれぞれ1つずつ記せ。

問5 MとNの矢印で示される二酸化炭素の放出について、

i) ⑥は何か、適語を記せ。

ii) Nの放出は何によるものか、適語を記せ。

問6 下線部（2）について、大気中の二酸化炭素の増加にはMとNの他に、もう1つのヒトの活動を無視できない。それは何か。図中の記号を使って簡潔に説明せよ。

問7 炭素循環では②と③の両方に位置づけられる生物を、次の(a)～(g)からすべて選び、記号で記せ。

- (a) クワガタムシ (b) カマキリ (c) フナ (d) カラス
- (e) ウサギ (f) シカ (g) クマ

問8 下線部（3）について、現在の大气中の二酸化炭素濃度はどれくらいか。小数点以下2桁まで%で記せ。

問9 次のi)～iv)に示す炭素量の総和はどのような式で表すことができるか。A～Oを用いて記せ。ただし、ヒトの活動も含めるものとする。

- i) 緑色植物の年間成長量に含まれる炭素量
- ii) 植物食性動物の年間成長量に含まれる炭素量
- iii) 大気中・水中に年間に蓄積される炭素量
- iv) ④が有機物を無機物にする年間の炭素量