

第 1 問

問 1 いずれの細胞にも存在し、細胞と外界とを仕切っているものは細胞膜(ア)である。細胞壁は植物細胞と原核細胞がもつ。また、真核生物である動物細胞と植物細胞に存在し、膜に包まれ、その内部に DNA を含む構造は核(イ)である。なお、原核細胞には核という構造はなく、DNA は膜に包まれていない。

問 2 真核細胞の核やウ・工のように、細胞質基質中に存在する構造体は細胞小器官であり(①は不適、②は適当)、それぞれが特定の機能を分担している。なお、細胞液は、液胞を満たす液体である。原核細胞は細胞小器官をもたず(③は適当)、単純な構造をしている。また、動物細胞と植物細胞に共通して存在する細胞小器官は核やミトコンドリア(ウ)であり、植物細胞に存在するのは葉緑体(工)である。これらの細胞小器官は膜に包まれている(④は適当)。

問 3 酵素は主にタンパク質からなり、それ自身は変化せずに化学反応を促進する触媒であり、主に生体内ではたらく。酵素がはたらきかける物質である基質(オ)は、酵素に結合して酵素-基質複合体となり、その後酵素により生成物(力)に変えられると、酵素から解離する。基質と活性部位は鍵と鍵穴のような関係にあり、酵素は特定の基質にのみはたらく、基質特異性(キ)という性質をもつ。

問 4 同化や異化によって、生体内で物質が合成または分解されることを代謝という。ミトコンドリア(ウ)では複雑な物質を単純な物質に分解する時に生じるエネルギーを用いて ATP を合成する異化(呼吸)が行われ、葉緑体(工)では光エネルギーを利用して ATP が合成され(㊦は正)、その ATP を分解したエネルギーを利用して単純な物質から複雑な物質を合成(㊧は正)する同化(光合成)が行われる。

第2問

問1 DNAを構成する基本単位は塩基・糖(デオキシリボース)・リン酸からなるヌクレオチドと呼ばれる構造である。ヌクレオチドは規則的につながり、糖とリン酸が交互に並んだ(⑥は不適)鎖となり、この2本鎖から互いに向き合うように位置した塩基が、相補性にしがった塩基対をつくることで二重らせん構造を形成している。塩基の相補性とは、特定の2つの塩基どうし(AとT、GとC)が結合しやすい性質のことであり、AとT、GとCの割合は生物の種によらずほぼ等しい(⑦は不適)。

問2 DNAが複製されるときには2本鎖が1本ずつに分離し、それぞれの鎖が鋳型となり新しい鎖が合成され、もとの鋳型となった鎖と新しく合成された鎖が塩基対をつかって2組の新しい2本鎖DNAとなる。この複製のしくみは、新しい2本鎖DNAの一方はもとからあった鎖であることから、半保存的複製と呼ばれる。したがって、I鎖とII鎖(①)、III鎖とIV鎖(⑥)は、それぞれ新しい2本鎖DNAの組み合わせなので誤りである。また、I鎖とIII鎖(②)、II鎖とIV鎖(⑤)は塩基が相補性に従って結合することができない(同じ塩基配列となっている)ので誤りである。

問3 細胞内でタンパク質が合成されるときには、DNAの塩基配列がRNAの一種であるmRNAの塩基配列に転写(ア)され、mRNAの塩基配列がタンパク質のアミノ酸配列に翻訳(イ)される。このようにDNAの遺伝情報(DNAの遺伝子)にもとづきタンパク質が合成されることを遺伝子の発現(ウ)という。なお、セントラルドグマとは『DNA→RNA→タンパク質』のように一方向に遺伝情報が伝えられるという、生物における基本原則のことである。

問4 工がある鎖はI(III)鎖と同じ塩基配列である。したがって、工と相補性の塩基はII鎖の左から3番目のGなので、工はCである。才は転写の鋳型とならないDNA鎖にあり、(TとUの違いはあるが)mRNAと同じ塩基配列である。つまり、才はmRNAのプロリンを示す3塩基の並びのうちの1番目の塩基と同じであるので、問題の表よりCとなる。mRNAの転写の鋳型となるDNA鎖にある力は、グルタミン酸を示す3塩基の並びのうちの2番目のAと相補的な塩基なのでTとなる(力はDNAの塩基なのでUではない)。キはプロリンを示す3塩基の並びのうちの3番目の塩基だが、表より4種類の可能性がある。そこでDNA2本鎖から考える。前に述べたように、mRNAの塩基配列は転写の鋳型とならないDNA鎖と同じなので、DNAの2本鎖の上側の鎖の左から6番目の塩基がTであることから、mRNA鎖にあるキの塩基はUとなる。

第3問

問1 脊椎動物の神経系には、脳と脊髄からなる中枢神経系と、そこから出て体中に伸びる末梢神経系が存在する。末梢神経系は、中枢から運動器官に情報を伝える運動神経と、感覚器官からの情報を中枢に伝える感覚神経、および内臓や分泌腺の機能を調整する自律神経系からなる(②が適当)。さらに、自律神経系は協調して恒常性を支えている交感神経と副交感神経から成り立っている。

問2 交感神経と副交感神経の関係は、アクセルとブレーキの関係に似ており、互いに拮抗的にはたらく場合が多い。主に、交感神経は興奮状態や活動状態にあるときにはたらし、それに対して副交感神経は休息や食事など生命維持活動を行うときにはたらいている。したがって、副交感神経がはたらくと心臓の拍動は抑制され、消化管の運動は促進される。また、交感神経は脊髄から、副交感神経は中脳・延髄・脊髄最下部から出るので、図中の(ア)は交感神経であり、延髄から出ている(イ)が副交感神経である。

問3 血糖濃度が低下すると、副腎髄質(工)は交感神経(ア)からの刺激を受け、アドレナリンを分泌してグリコーゲンの分解を促進する。また、血糖濃度が上昇すると、すい臓ランゲルハンス島のB細胞(力)は副交感神経からの刺激を受け、インスリンを分泌してグリコーゲンや脂肪の合成を促進する。

問4 脳下垂体から分泌される副腎皮質刺激ホルモン(キ)の作用を受けて、副腎皮質(ウ)から分泌される糖質コルチコイド(ク)は、筋肉などにはたらしかけてタンパク質からのグルコース生成を促進することで血糖濃度を上昇させる。また、交感神経(ア)の刺激により、すい臓ランゲルハンス島のA細胞(オ)から分泌されるグルカゴン(コ)は、肝臓においてグリコーゲンからのグルコースの生成を促進することで血糖濃度を上昇させる。

第4問

問1 異物から体を守るしくみを免疫といい，病原体などの異物を取り込む食細胞による食作用により，即座にさまざまな病原体に対してはたらく自然免疫と，リンパ球が主役となり体に侵入した病原体などの異物を特異的に排除する適応免疫(獲得免疫)に分類できる。自然免疫は生まれながらに備わっているが，適応免疫は生後に獲得する。

問2 免疫では，骨髄にある造血幹細胞(ア)からつくられる白血球が重要な役割を果たしている。白血球には，食細胞(イ)であるマクロファージ・樹状細胞・好中球などや，リンパ球であるT細胞・B細胞などの種類があり，これらの細胞はまとめて免疫細胞と呼ばれる。

問3・4 初めて侵入した抗原に対して体液性免疫がはたらいて抗体が産生され一次応答と呼ばれる反応が起こるが，リンパ球の活性化に1週間以上の日数が必要となる。活性化したT細胞やB細胞の一部は記憶細胞として体内に残っているので，再度侵入した同じ抗原に対して記憶細胞が増殖して短時間で体液性免疫がはたらくことができ，大量の記憶細胞の増殖により抗体も大量に産生される二次応答が起こる。したがって，実験のように細菌Aの注射後40日目の動物に2回目の細菌Aを注射すると，二次応答により大量の抗体が短時間で産生され，血液中の抗体濃度は(ウ)のグラフのようになる。しかし，40日目の動物に細菌Bを注射した場合には初めての抗原なので，一次応答が起こるので，血液中の抗体濃度の変化は1回目の細菌Aの注射の場合と同じようになる，つまり(エ)のグラフのようになる。

問5 予防接種は，人為的に一次応答を引き起こして体内に記憶細胞を産生させ，実際の病原体が体内に侵入したときに二次応答により発症を防ぐ，または発症しても症状を軽くすることを目的とするものである。人為的に一次応答を引き起こすために用いられるのが，病原体の抗原情報を保ったまま，病原性を弱めたり消失させたりした抗原(病原体)で，ワクチン(①)と呼ばれる。

第5問

問1 一次遷移は、火山の噴火直後などのように有機物がなく岩石だけで土壌が形成されていない裸地から始まる。一方、二次遷移は山火事や洪水、森林伐採などによって植生が破壊された場所から始まる(②・③は不適)。したがって、二次遷移では土壌がすでに形成されており、さらに土壌中には種子や地下茎が残っているので、裸地から始まる一次遷移に比べて進行が早い(④は不適)。

問2・3 一次遷移の初期には、乾燥しやすく栄養分の少ない裸地でも生育可能(問2④は適当)な先駆種(パイオニア種)が生育する(問2③は不適)。一次遷移の先駆種としては地衣類やコケ類などが知られている(問2①は適当)。次第にこれらの枯死体と風化した岩石から土壌が形成され、裸地からススキやイタドリなどの草本植物(問2④は適当)や木本植物が生育できる(問2②は適当)草原へと移り変わる。なお、植生を構成する植物のうち、量的な割合が高い種を優占種といい、ある地域では最終的にその気候に応じた植物が、優占種として生育する。草原では日当たりのよい環境で早く成長する陽生植物が生育して、ヤシャブシなどの低木林からクロマツなどの陽樹林が形成されるようになると、林床に届く光が減少して光合成が十分にできなくなった陽樹の幼木は成長できず枯死する。林床には日陰の環境でも生育できる陰生植物であるタブノキなどの陰樹の幼木が多くなり、その後、陽樹と陰樹が混在する混交林を経て陰樹林が形成される(問2⑤は不適)。なお、全体として大きな変化を示さなくなった状態が極相である(問3は①が適当)。

問4・5 陸上のバイオームは植生の外観(相観)から森林・草原・荒原に大別され、それぞれの植生を構成する植物の分布は年平均気温と年降水量の影響を受けている。熱帯・亜熱帯多雨林は年平均気温が20℃以上で降水量の多い地域に分布することから、目盛才は20℃となる。これにより、Aのバイオームの年平均気温は樹木が生育できない-5℃以下であることから荒原のツンドラ(⑥)となる。

問6～8 森林は木本が優占種となるバイオームであり、それぞれの森林を特徴づける樹木がバイオームの名称となっている。それぞれのバイオームを構成する樹木の特徴などを以下に示す。

針葉樹林(E)：寿命が長く耐寒性の高い、面積の狭い葉をもつ常緑樹。

夏緑樹林(F)：冬に落葉して寒さと乾燥に耐える落葉広葉樹。(問7では④、⑥が不適)

照葉樹林(G)：硬くて光沢のある葉をもつ常緑広葉樹。(問7では①、②が不適)

雨緑樹林(H)：乾季に落葉し，雨季に葉を茂らせる落葉広葉樹。(問7では⑤，⑥が不適)

硬葉樹林(I)：小型で厚く硬い葉で夏の乾燥に耐える常緑広葉樹。

熱帯・亜熱帯多雨林：樹高50m以上の多くの種類の常緑広葉樹が複雑な階層構造を形成。

このうち，雨季と乾季のある地域に分布する雨緑樹林と，冬に雨が多く夏の乾燥が激しい地中海性気候の地域に分布する硬葉樹林(問8では②が適当)は，日本には分布していない。

日本は降水量が豊富なので，一部の地域を除き日本の極相のバイオームは森林であり，気温がバイオームの分布を決める主な気候要因となる。日本の平均気温は，北上するほど低下するので，バイオームが南北方向に帯状に分布する水平分布が見られる。また，標高が100m上がるごとに気温が0.5～0.6℃低下するので，低地から高地にかけても水平分布と同様な分布がみられる(垂直分布)。

問9 熱帯多雨林は赤道付近に多く，光合成に必要な太陽光と降水量が1年を通じて十分に得られるので，熱帯多雨林に生育する植物種は多いが，サバンナでは乾季(十分な降水量を得られない時期)があり生育する種が限定されるので，種多様性は熱帯多雨林の方が高い(④は適当)。

個体数は少ないがその個体数の増減が，生態系全体に大きな影響を及ぼすような種はキーストーン種と呼ばれ，食物網の上位の種(アメリカ西海岸の生態系では，ラッコであり，ジャイアントケルプではない)であることが多いが(⑥は不適)，直接的に被食・捕食の関係がない生物種にも影響を与える(間接効果)。

私たちは人間だけで生きているわけではなく，二酸化炭素の吸収，食料や燃料の供給，気候変化の緩和など，生態系からさまざまな恩恵を受けており，これらをまとめて生態系サービスという(③は適当)。この恩恵を受け続けるためにも，生態系のバランスを保ち，多様性を維持してできるように，さまざまな形で生態系を保全する必要がある。