

## 生物基礎・生物 (5 問)

### 注 意 事 項

- 1 字数制限のある設問については、句読点、アルファベット、数字を含めた字数で答えること。

〔 I 〕 ホルモンを受容体に関する次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

人体を構成する細胞の数はおよそ数十兆個と推定されている。このすべての細胞が適切な活動を続けるためには体内環境が一定に保たれることが重要であり、自律神経系や内分泌系による調節が行われている。内分泌腺から放出されたホルモンは血液によって運ばれ、離れた場所にある標的細胞の機能を調節する。ある種のホルモンは標的細胞の細胞内にある受容体と結合して作用を発揮する。また、<sup>(a)</sup>異なる性質をもつ別種のホルモンは標的細胞の細胞表面にある受容体と結合して作用を発揮する。

細胞膜は、主に  とタンパク質からできており、厚さは 1 mm の  程度である。両親媒性分子である  は二重層を形成しており、 性の部分<sup>(c)</sup>を二重層の外側に向け、 性の部分を内側に向けている。ホルモンの細胞膜透過性と受容体の存在部位はこの二重層の構造と関連づけて理解することができる。

問 1 文章中の  ，  ，  にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2 文章中の  にあてはまる最も適切な数値を次の①～⑤のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- ①  $1/10 \sim 1/20$                       ②  $1/100 \sim 1/200$                       ③  $1/1,000 \sim 1/2,000$   
④  $1/10,000 \sim 1/20,000$                       ⑤  $1/100,000 \sim 1/200,000$

問 3 下線部(a)に関して、以下の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 副腎から分泌され、細胞内にある受容体と結合して作用を発揮するホルモンの名称を二つ答えよ。

問(2) 細胞内にある受容体がホルモンと結合したときの性質として最も適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- ① グリコーゲンと結合してセカンドメッセンジャーの産生を促進することがある。
- ② グリコーゲンと結合して遺伝子の転写を促進することがある。
- ③ DNA と結合してセカンドメッセンジャーの産生を促進することがある。
- ④ DNA と結合して遺伝子の転写を促進することがある。
- ⑤ RNA と結合してセカンドメッセンジャーの産生を促進することがある。
- ⑥ RNA と結合して遺伝子の転写を促進することがある。

問 4 下線部(b)に関して、このような性質をもつホルモンが細胞内ではなく細胞表面に受容体をもつ理由を細胞膜の構造と関連づけて 30 字以内で答えよ。

問 5 下線部(c)に関して、1972 年にシンガーとニコルソンは両親媒性分子の二重層を基本構造とし、タンパク質などが膜内を移動する生体膜の構造モデルを提唱した。このモデルの名称を答えよ。

このページは白紙です。

〔Ⅱ〕 遺伝子発現と酵素に関する次の文章(A・B)を読み、問1～問4に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

文章 A

生物の形質に深くかかわる物質として、タンパク質がある。タンパク質は細胞内では遺伝子発現によって合成される。遺伝子発現に重要な役割をもつ物質は、DNAとRNAなどの  である。 は、いずれも糖・  ・  の3種の化合物が結合してできた  という化合物が多数結合してできているが、DNAは糖が  であり、これに対してRNAは  である。また、DNAの  はアデニン・グアニン・シトシン・チミンの4種類であるのに対し、RNAはチミンの代わりに  が含まれる。遺伝子発現によって合成されるタンパク質の種類は非常に多く、組織構造の維持、物質輸送や免疫などの重要な役割を担っているだけでなく、生体内で化学反応を触媒している。

化学反応を触媒するタンパク質を酵素というが、酵素は特定の化合物に対する反応性が高い。酵素反応において、酵素は活性部位で基質と結合するが、活性部位の立体構造は基質の立体構造に対応している。そのため、基質の構造によく似た物質が同時に存在した場合、酵素反応が阻害されることがある。この現象を酵素反応の  阻害という。ある種の酵素は、活性部位ではなく  部位に阻害物質が結合することで、酵素の立体構造が変化し、反応が阻害される。このような酵素を  酵素という。

問1 文章中の  ～  にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

## 文章 B

血液や肝臓などの組織中には、カタラーゼという酵素が含まれている。カタラーゼは過酸化水素を水と酸素に変換する反応を触媒する。<sup>(a)</sup>ニワトリの肝臓片をすりつぶして調製した抽出液 I を過酸化水素水に加えて反応させると酸素が発生する。この抽出液 I を用いてカタラーゼに関する実験を行った。<sup>(b)</sup>1%、2%、4% および 6% (体積パーセント濃度) の過酸化水素水がそれぞれ入った試験管に、抽出液 I を加えて反応を開始させた。なお、抽出液 I のタンパク質濃度、添加量、pH や反応温度は一定条件にした。一定時間ごとに生成した酸素量を測定した結果、反応時間と酸素の生成量の関係は図 1 のようになった。なお、過酸化水素濃度が 4% と 6% の場合、同じ結果が得られた。反応開始 30 分後では、いずれの試験管においても酸素の発生が認められなかった。<sup>(c)</sup>しかし、それらの試験管に過酸化水素水を加えたところ、さらに酸素の発生が認められた。

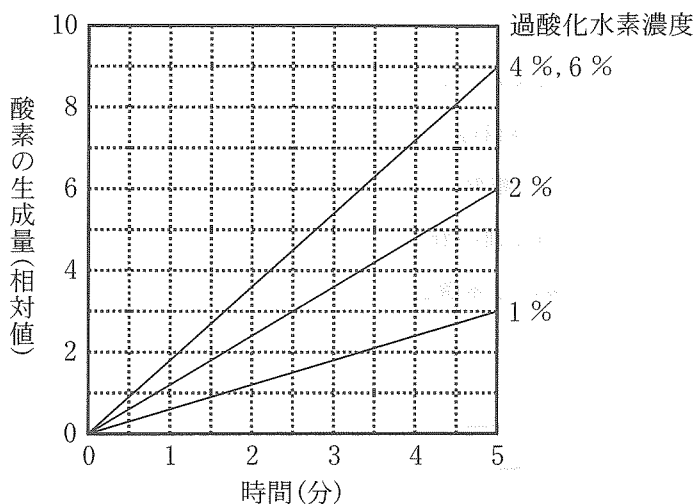


図 1

問 2 下線部(a)に関して、カタラーゼはどの種類の酵素に該当するか、次の①～⑤のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- ① 加水分解酵素      ② 酸化還元酵素      ③ 転移酵素  
④ 脱炭酸酵素      ⑤ 合成酵素

問 3 下線部(b)に関して、以下の問(1)～問(3)に答えよ。

問(1) 抽出液 I の一部を 100℃ で加熱したものを抽出液 II とする。抽出液 II を過酸化水素水に加えた場合、ほとんど酸素は発生しない。その理由を 30 字以内で答えよ。

問(2) 過酸化水素濃度を 5% で反応を開始した場合、反応開始から 5 分間における酸素の生成量は過酸化水素濃度 1% と比較して何倍になると予測されるか答えよ。過酸化水素濃度以外は図 1 が得られた実験と同じ条件で行ったものとする。

問(3) 過酸化水素濃度が 2% のとき、抽出液 I に含まれるタンパク質濃度を 2 倍にして実験を行った。反応開始から 2.5 分間における予測される酸素の生成量を相対値で答えよ。なお、抽出液 I に含まれるタンパク質濃度以外は図 1 に示す結果が得られた実験と同じ条件で行い、酸素の生成量は時間とともに直線的に増加するものとする。

問 4 下線部(c)に関して、酸素の発生が認められなかった理由を 20 字以内で答えよ。

〔Ⅲ〕 植生と生物多様性に関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

陸上の多くの部分は植物でおおわれ、地域によって異なる植生がみられる。ある地域の植生は時間経過とともに変化し、最終的に安定した状態になる。例えば、日本列島<sup>(a)</sup>を含む東アジアの多雨地域では、森林植生が成立する。安定した状態にある植生であっても、強風や火災、干ばつなどの自然災害によって攪乱<sup>(b)</sup>を受けるが、これらの攪乱が生物多様性の維持に重要な役割をもつことが知られている。一方、人為的な攪乱<sup>(c)</sup>によっても生物多様性は影響を受け、その程度や内容によって多様な環境の維持に役立つ場合もあれば、外来生物の侵入・定着を促してしまう場合もある。

外来生物は本来その場所にいなかった生物であり、外来生物の侵入とそれにとまなう在来生態系に与える影響が近年世界中で知られるようになってきている。安定した状態にある植生には本来、外来生物は侵入しにくい。しかしながら、環境条件の変化により外来生物が定着可能となり、結果として在来生態系が変化する場合がある。<sup>(d)</sup>

問1 下線部(a)に関して、このような現象を何と呼ぶか、その名称を答えよ。また、裸地が生じると、はじめに地衣類やコケ植物などが生え、土壌が形成され始めると維管束植物も侵入する。こうした環境の変化に対応して定着する維管束植物がもつ性質を二つあげ、それぞれ15字以内で答えよ。

問2 下線部(b)に関して、このような状態を何と呼ぶか、その名称を答えよ。また、安定した状態の植生が森林植生の場合、優占する樹種がもつ性質を二つあげ、それぞれ15字以内で答えよ。



問 3 下線部(c)に関して、異なる三つの視点がある。その一つに遺伝的多様性があげられる。残り二つの多様性の名称を答えよ。

問 4 下線部(d)に関して、ニホンジカが生息する森林を想定して、以下の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) この森林でニホンジカの個体数が増加した場合、ニホンジカが食物として好む樹木の生物量はどのように変化するか答えよ。

問(2) ニホンジカが食物として好む樹木が在来植物で、ニホンジカが食物として好まない樹木が外来植物の場合、この森林でニホンジカの個体数が増加すると、森林にどのような変化が起こることが考えられるか。考えられる変化を、理由も含めて 60 字以内で説明せよ。

問 5 次の文①～⑤のうちから正しいものをすべて選び、番号で答えよ。

- ① 瀬戸内海沿岸の暖かさの指数が 120 の場所では、最終的に安定した植生になると、一般的にブナやミズナラが優占する。
- ② 植生は時間経過とともに変化し、生物の遺骸の分解や岩石の風化とともに土壌が失われていく。
- ③ 里山は人の手が加わることで適度な規模の攪乱を定期的を受け、生物多様性が高く保たれている。
- ④ 温帯域の湖沼は土砂などが堆積して陸地化が進み、湿原を経て草原へと移り変わり、最終的には森林となる。
- ⑤ 人類は生態系からさまざまな恩恵を受けており、これを生態系サービスと呼ぶ。

〔IV〕 魚類の生息域と遺伝に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

コイ科の希少魚 A が生息している川に 100 年前ごろ堰<sup>せき</sup>が建設された。そのため堰が建設された周辺に生息していた希少魚 A の生息域は堰の上流と下流に分かれ、二つの個体群が形成された。このように人間の活動によって生物の移動がさまざまにげられ、小さな生息域に分かれていくことを生息域の  という。

堰の下流域には湿地帯が多く、希少魚 A の個体群にとって産卵場や幼魚の成育場になっている。また、魚食性の外来魚は少なく、希少魚 A の幼魚や成魚も多数みられる。一方、堰の上流域には湿地帯が少なく、魚食性の外来魚が数多く生息しており、希少魚 A の幼魚はほとんどみられない。

堰の上流と下流の個体群からさまざまな大きさの幼魚や成魚を採集し、その鱗<sup>うろこ</sup>から年齢を調べた。それをもとに、二つの個体群について年齢毎の個体数の分布を示す  を作図した。その結果、堰の下流の個体群は安定型で、上流の個体群は  型になった。

堰の上流と下流の個体群を用いて、複数の遺伝子座における遺伝子型を調べた。その結果、堰の上流の個体群は下流の個体群にくらべ、すべての遺伝子座で  接合を示す個体の割合が高かった。このことから堰の上流の個体群では、個体数が減少したことによって近親交配が進んでいると思われた。  
(a)

問 1 文章中の  ～  にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2 下線(a)に関して、近親交配が進むと生存に有害な遺伝子が表現型として現れ、繁殖力や生存率が低下することがあるが、この現象を何と呼ぶか。その名称を答えよ。

問 3 一般に、魚類の産卵数は多いが、発育初期の死亡率が非常に高い。そのため、発育初期の生残率は個体群の個体数に大きな影響をあたえる。図1の実線は堰の下流の個体群における世代内の生存曲線を示したものである。この場合、堰の上流の個体群の生存曲線は図中の破線で示した①～③のどれになるか、最も適切なものを選び、番号で答えよ。

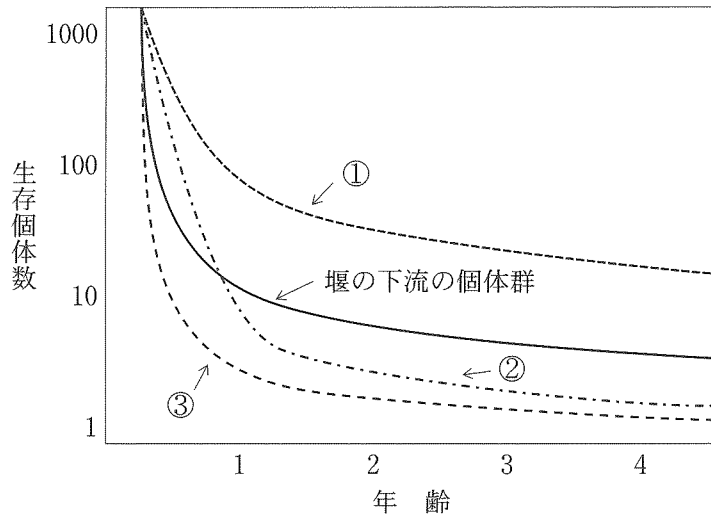


図1

問 4 堰の上流の雄から得た精子のべん毛に奇形が認められた。一般に、このような精子の奇形は受精能力の低下をまねく。このことを検証するために以下の実験を行った。

- 1) 堰の上流の雄 10 尾と下流の雄 1 尾とともに、堰の下流の雌 1 尾を同じ水槽で飼育し、自然産卵させた。
- 2) 雌の放卵時に 11 尾の雄が、同じ距離から、同時に、ほぼ同量の精子を放出することを観察し、100 粒の受精卵を得た。
- 3) 受精卵は順調に発生し、すべてがふ化して仔魚になった。
- 4) 自然産卵に用いた雄 11 尾と雌 1 尾、仔魚 100 尾について、一つの遺伝子座における遺伝子型を調べた。

その結果、

- ・下流の雌の遺伝子型は ab だった。
- ・上流の雄 10 尾の遺伝子型は全て aa だった。
- ・下流の雄 1 尾の遺伝子型は bc だった。
- ・仔魚 100 尾の遺伝子型は、ab が 25 尾、ac が 25 尾、bb が 25 尾、bc が 25 尾だった。

これらの実験結果から、堰の上流から入手した雄 10 尾の精子は受精にほとんど関与していない可能性が高いと判断した。このように判断した理由を 50 字以内で答えよ。

このページは白紙です。

〔V〕 生命の起源および進化・系統に関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

土星の衛星であるエンケラドスには地球外生命体の存在が期待されている。2015年、NASAの土星探査機カッシーニは、エンケラドスから宇宙空間に吹き出す水を観測した。その成分を分析したところ、エンケラドスには  が存在する可能性が高いことが分かった。さらに、探査の結果、水以外に二酸化炭素、水素、メタン、  といった成分が検出された。それらの成分はミラーの実験でアミノ酸など有機物を合成するために用いられた気体と類似している。

地球に存在する生命の多くは、太陽光エネルギーに依存しているが、地球の深海にある  では、水素をエネルギー源にして二酸化炭素からメタンを作り出す微生物(メタン菌)が一次生産者として生息するなど、太陽光エネルギーに依存しない独特な生態系が存在する。このことから、太陽光エネルギーがほとんど届かないエンケラドスでも生命体の存在に必要な環境が整っているものと考えられる。さらに  は生命の起源の場所として有力であるという考えもある。約40億年前に地球上で最初の生命体が誕生したと考えられるが、原始地球において生命的な活動がRNAを中心として行われていた可能性がある。このRNAワールド仮説が支持されている理由の一つは、RNAが遺伝情報を保存する機能だけでなく  としての機能ももつからである。生命が誕生した当初の地球環境は嫌氣的であったが、次第に酸素濃度が上昇し約20億年前に真核生物が出現した。その細胞の小器官であるミトコンドリアと葉緑体は、それぞれ宿主細胞に  と  が細胞内共生して生じたと考えられている。

現在、地球には多様な生物が存在する。1969年にホイタッカーによって提唱された五界説では、生物は栄養摂取の方法などに基づいて分類されている。それに対して、1990年にウーズらによって提唱された3ドメイン説に従うと全生物は、バクテリア、メタン菌が属する 、そして真核生物の三つに大きく分かれる(図1)。この事実は、リボソームRNAの塩基配列に基づいた分子系統樹から発見された。

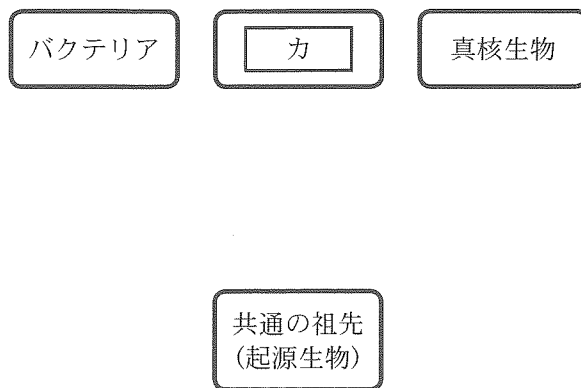


図 1

問 1 文章中の  ～  にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2 文章中の  ～  にあてはまる最も適切な語句を次の [ ] 内から選んで答えよ。

[植物, 動物, 原生生物, 化学合成細菌, 好気性細菌, 嫌気性細菌, 硝酸菌, 根粒菌, シアノバクテリア, 菌類, 緑色硫黄細菌, 紅色硫黄細菌, 好熱菌, アーキア]

問 3 下線部(a)に関して, すべての生物にみられる共通した特徴を三つ答えよ。

問 4 下線部(b)に関して, ミトコンドリアと葉緑体ではどちらが先に形成されたと考えられるか, その名称を答えよ。また, なぜそう考えたか, 60字以内で答えよ。

問 5 下線部(c)に関して, 解答用紙の図に直線を 3 本記入して, 図中の共通の祖先(起源生物)およびそれぞれのドメインの系統的な位置を表わす系統樹を作成せよ。その際, 分岐位置を明瞭に示すこと。

このページは白紙です。