

令和4年度 入学試験問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～16
化 学.....	17～31
生 物.....	32～49
地 学.....	50～60

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

生 物

1 次の文章Ⅰ、Ⅱを読み、問1～問8に答えよ。

Ⅰ 生物は、体内に取り込んだ物質を分解することで、エネルギー産生に関わる① ATP などを得たり、より複雑な化合物を合成する材料を得たりする。このような生体内での化学反応を円滑に進行させるために、酵素が生体触媒としてはたらいている。例えば、肉類に多く含まれるタンパク質は、胃液に含まれるペプシンや、すい液中のトリプシンやカルボキシペプチダーゼなどの酵素により② ペプチドやアミノ酸にまで分解される。一方、米に多く含まれる 1 は、口腔内で 2 に含まれるアミラーゼによりデキストリンやマルトースへと分解され、腸液中のマルターゼの作用でマルトースは 3 にまで分解される。小腸から血中に取り込まれ肝臓に運ばれた 3 は、異化作用によりピルビン酸にまで分解されるとともに、その過程で ATP と NADH が生じる。この最終生成物の一つである ATP は、反応の初期段階を触媒する酵素であるホスホノルクトキナーゼの活性を阻害する。このような機構により、ATP が十分に存在する場合、一連の反応の進行が抑制される。これを負の 4 調節という。

問 1 下線部①について、ATP のエネルギーを必要とする現象や反応として適切なものを次の(ア)～(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) ホタルの発光
- (イ) 抗原と抗体との結合
- (ウ) ヘモグロビンと酸素との結合
- (エ) チラコイドでの光合成の反応
- (オ) 筋肉の収縮

問 2 文章中の 1 ~ 4 にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 3 下線部②~④の酵素について、以下の問に答えよ。

下線部②~④の各酵素について、pHと酵素反応速度との関係として最も適切なものは、それぞれ図1中の線(a)~(e)のどれか。正しい組み合わせを表1の(ア)~(カ)から1つ選び、記号で答えよ。

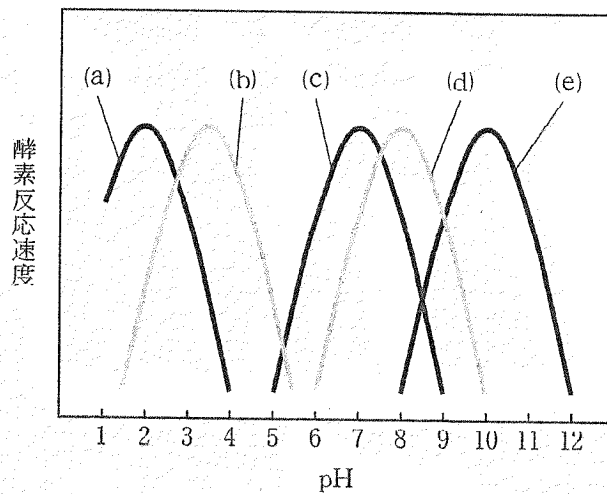


図1 pHと酵素反応速度との関係

表1

記号	② ペプシン	③ トリプシン	④ アミラーゼ
(ア)	(a)	(h)	(e)
(イ)	(a)	(b)	(c)
(ウ)	(a)	(d)	(c)
(エ)	(b)	(e)	(c)
(オ)	(b)	(a)	(d)
(カ)	(c)	(h)	(d)

問 4 過酸化水素(H_2O_2)を分解する酵素であるカタラーゼの作用を調べるために、以下の実験をおこなった。この実験に関する以下の問に答えよ。

ニワトリの肝臓 10 g を乳鉢ですりつぶし、蒸留水 10 mL を加えたものをガーゼでこして、カタラーゼの酵素液とした。反応液 A として酵素液 3 滴をそれぞれ試験管に入れたものを 7 本準備した。あらかじめ各温度(10, 20, 30, 40, 50, 60, 70℃)で保温した 3% 過酸化水素水 5 mL を各試験管に加えて気泡の発生(気体 X の発生)を観察した。過酸化水素水を加えて 10 分後に気泡の高さを測定し、1 分間あたりの気体 X の発生速度を算出した。過酸化水素水の温度(反応温度)と気体 X の発生速度との関係について、反応液 A では図 2 中の(イ)のような結果が得られた。なお、加える過酸化水素水の濃度を 2 倍希釈した場合でも、反応液 A における気体 X の発生速度は変わらなかった。

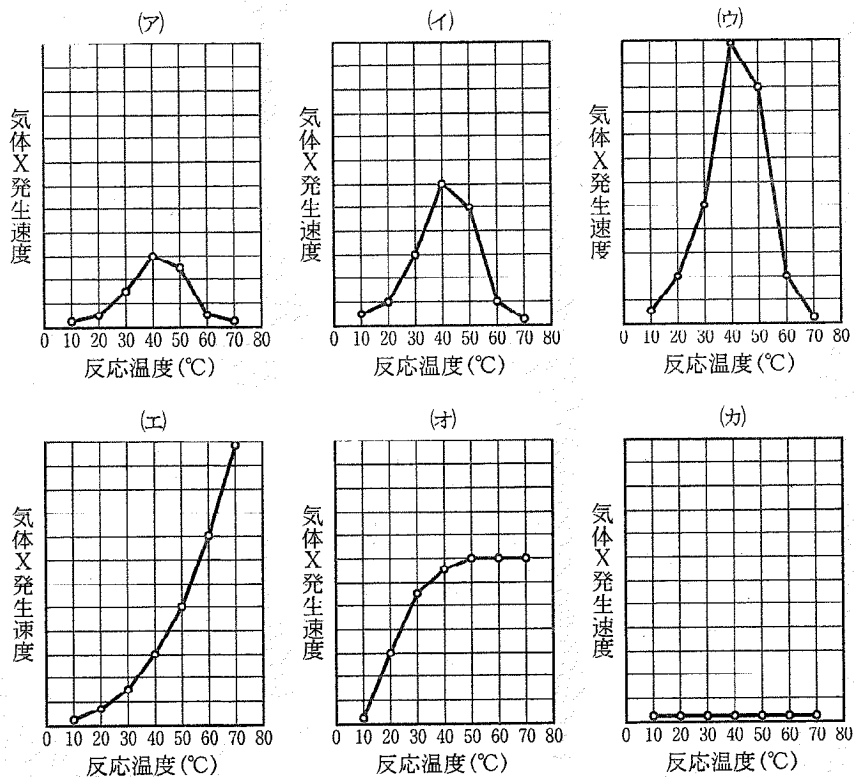


図 2 反応温度と気体 X 発生速度との関係

- (1) 下線部⑤の観察において、気体 X が発生した試験管の上部に火のついた線香を差し込むと激しく燃えた。試験管内に発生した気体 X は何か。名称を答えよ。
- (2) 図 2 中の実験結果(i)から、反応液 A では 50℃以上になると気体 X の発生速度が低下していることが読み取れるが、それはなぜか。その理由を 40 字以内で説明せよ。
- (3) 反応液 A の実験条件を次の(a)~(c)に変更し、さらに実験をおこなった。各実験条件における気体 X の反応温度と発生速度との関係として最も適切なのはどれか。図 2 中の(ア)~(カ)から 1 つ選び、それぞれ記号で答えよ。
- (a) 用いる酵素液を、あらかじめ沸騰浴中で 10 分間加熱したものに変更した。
- (b) 用いる酵素液を、すりつぶしたニワトリの肝臓 10 g に 5 mL の蒸留水を加えて調製したものに変更した。
- (c) 用いる過酸化水素水を 2 倍の濃度に変更した。ただし、pH は同じになるように調整した。

II およそすべての生物には、概日リズムの生物時計が備わっている。18世紀にフランスの天文学者デマイラン(DeMairan)は、オジギソウの葉が日中広がるのに対し、夕暮れ時には垂れ下がることを見出した。このオジギソウを用いた実験が生物時計発見のはじまりとされる。

⑥ シアノバクテリアの KaiC タンパク質は、細胞内において ATP を加水分解し KaiC 自身をリン酸化する。細胞内においてリン酸化された KaiC の割合は 24 時間周期で変動しており、概日リズムを刻んでいる。概日リズムは温度で周期が変化しない特別な仕組みを備えており、この性質を温度補償性という。

⑦ 種子植物が花をつけるためには、花のもととなる Λ が形成される。

Λ の形成は日長の変化に応答して起こることが多く、この性質を B という。植物は厳密に日長をはかっており、そのしくみとして 1 日の時刻を知る生物時計を利用している。このように植物は日長や気温変化の環境条件から、繁殖に最適な季節を感知する。

哺乳類は脳内に生物時計を備えており、ヒトの生物時計は 24 時間よりもやや長い概日リズムの特性を示す。生物時計は生体機能を昼夜の環境変化に適応させ、生体の恒常性を保つ。

問 5 下線部⑥について、オジギソウの葉における昼夜運動(図3)が生物時計による概日リズムであることを証明するにはどのような実験が必要か、50字以内で説明せよ。

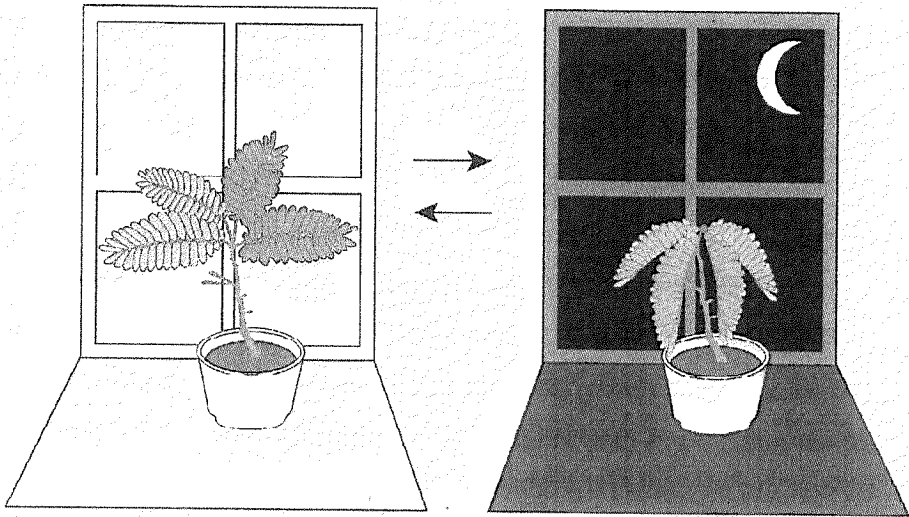


図3 オジギソウの葉における昼夜運動

問 6 下線部⑦について、生物時計が温度によって周期変化しない意義について60字以内で説明せよ。

問 7 文章中の と にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 8 下線部⑧について、普段規則正しく毎朝6:00に起床する人が、自分自身の生物時計に従って1週間生活すると、1週間後の起床時刻は何時何分になるか、思考過程と共に時刻を答えよ。ただし被検者の生物時計は一定の24.8時間周期であり、変化しないものとする。

2

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

体内の環境は、様々なしくみにより私たちが意識しなくても一定の範囲に調節され、エネルギー代謝などを支えている。

1902年、ベイリスとスターリングは十二指腸で作られる物質が血液を介してすい臓に作用すると、すい液が分泌されることを見出した。この物質は、と命名され初めて発見されたホルモンである。特定のホルモンが作用する器官の中の細胞には、そのホルモンと結合する受容体がある。

哺乳類における体内環境の調節では、体温の調節のように、自律神経系と内分泌系が同時に、しかも連携しながら調節をしている例が多く見られる。自律神経系を使ったホルモン分泌の調節で最も重要な役割を持つ中枢神経系の領域が間脳である。例えば、体液の塩類濃度などの変化は間脳の視床下部で直接感知され、その信号は主に2種類の経路で視床下部から脳下垂体前葉や脳下垂体後葉へ伝えられ、腎臓での尿量の調節などにより血圧の維持がおこなわれる。

自律神経系では神経を使った制御のために秒単位での迅速な反応が可能であり、内分泌系ではゆっくりとした持続的な作用を引き起こす。血液中に分泌されるホルモンの量は非常に少ないが、大きな作用を及ぼすことから、分泌量は正確に調節されている。

血糖濃度はこのような内分泌系と自律神経系の共同作業によって一定の範囲内に保たれている。血糖は各組織の細胞内に取り込まれ、呼吸によって分解され、エネルギー分子ATPを供給する。呼吸運動の中枢は脳幹のにあり、心臓の拍動、血液量など生命維持に欠かせない機能を支配している。

問 1 文章中の 1 ~ 3 にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2 ホルモンについて、正しいものを以下の(ア)~(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 一般に水溶性ホルモンは細胞膜を通過できないため、水溶性ホルモンの受容体は細胞膜に存在する。
- (イ) ホルモンは植物や原核生物には存在せず、動物にのみ存在する。
- (ウ) ホルモンは外分泌腺から分泌され、個体内および同種の個体間で作用する。
- (エ) ホルモンはすべて体内で遺伝子から転写と翻訳を経て生成するペプチドである。
- (オ) 脂溶性ホルモンの受容体は、細胞質または核内に存在し、遺伝子の発現を調節することがある。

問 3 下線部①について、図1は寒冷時の体温調節のために生じる体内での反応の概略を示している。以下の問に答えよ。

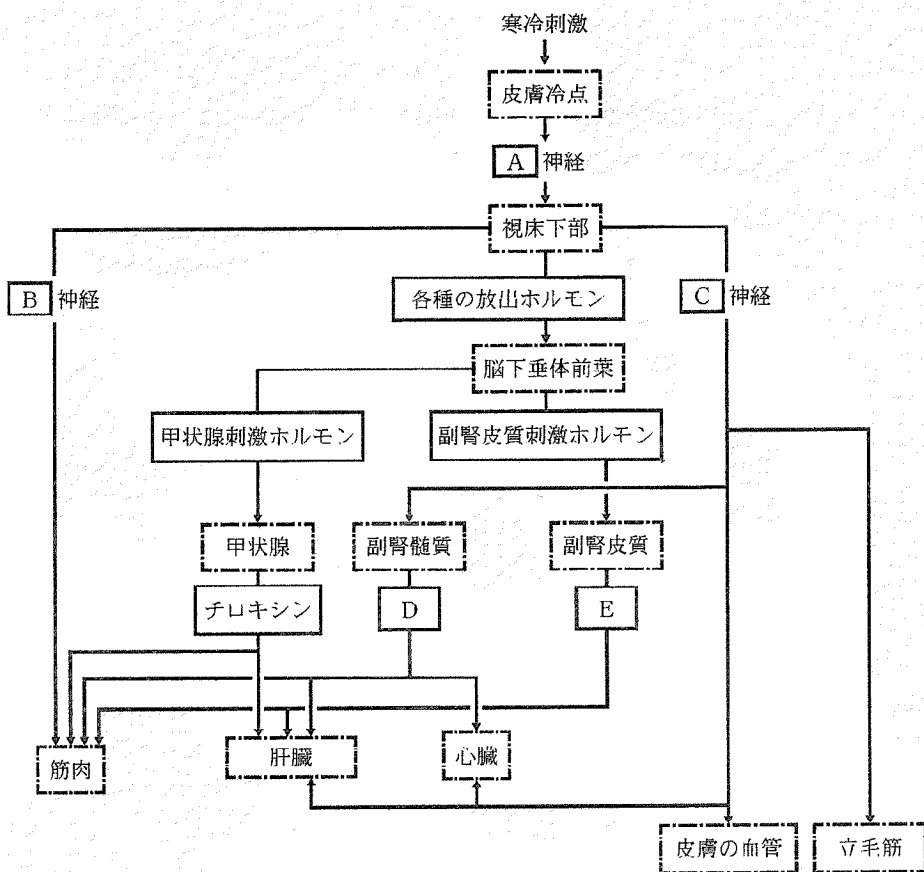


図1 寒冷時の体温調節のために生じる体内での反応

(1) 図1中の ~ にあてはまる最も適当な神経名を記せ。

(2) 図1中の および にあてはまる最も適当なホルモン名を以下の(ア)~(カ)から選び、それぞれ記号で答えよ。

- (ア) 成長ホルモン (イ) 糖質コルチコイド (ウ) オーキシシン
(エ) アドレナリン (オ) 鉱質コルチコイド (カ) バソプレシン

(3) 寒冷時に体温調節のために、様々な組織が反応を示す。図1中の肝臓、皮膚の血管のそれぞれが示す反応を以下の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えよ。

記号	肝臓	皮膚の血管
(ア)	糖質、脂質の合成を促進	拡張
(イ)	糖質、脂質の合成を促進	収縮
(ウ)	糖質、脂質の分解を促進	収縮
(エ)	糖質、脂質の分解を促進	拡張

問 4 下線部②について、図2は、健康な人、I型糖尿病患者、II型糖尿病患者の食事による血糖濃度と血液中のホルモンXの濃度の、時間的変化を測定した結果を示している。以下の問に答えよ。なお、食事をとった時間を0時間とする。

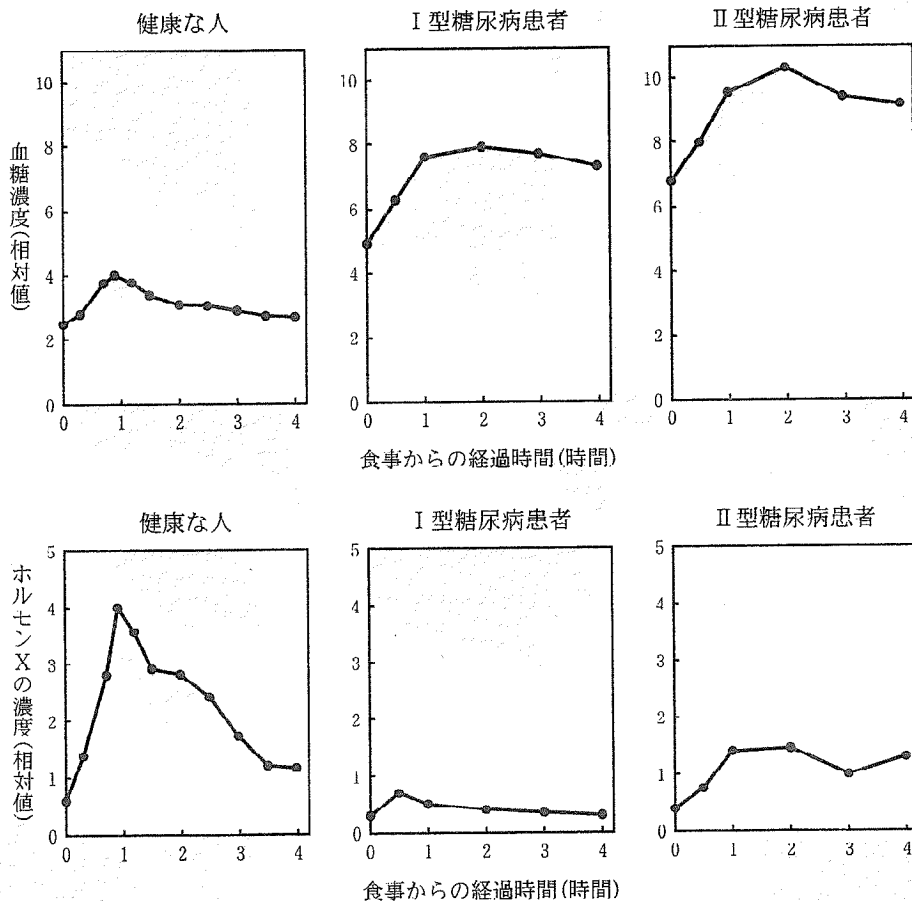


図2 健康な人と糖尿病患者の食事による血糖濃度と血液中のホルモンX濃度の時間的変化

- (1) ホルモンXとして最も適当なホルモン名を記せ。
- (2) 図2について、I型糖尿病患者とII型糖尿病患者の特徴は、大きく異なる。それぞれの患者の特徴についてグラフから読み取れることを、それぞれ60～100字で述べよ。

問 5 下線部③について、以下の問に答えよ。

生物が呼吸により呼吸基質の炭素をすべて二酸化炭素にするのに外部から取り入れる酸素の量は、呼吸基質に含まれている炭素と酸素の割合により異なる。呼吸商を計測することで、呼吸基質として何が使われているかを推測することができる。炭水化物、タンパク質、脂肪の呼吸商はそれぞれ 1.0、0.8、0.7 であることが知られている。

(1) 図 3 のような実験装置を用意し、次の(i)~(iii)の手順で生物 C の呼吸基質を呼吸商から調べた。

- (i) 三角フラスコ A, B に同量ずつ生物 C を入れる。
- (ii) 活栓を同時に閉じて、一定時間後に、それぞれのメスピペットの着色液の動きから、各三角フラスコ内の気体の減少量(mm^3)を測定する。ただし、温度による影響がないように三角フラスコ A, B とともに恒温器に入れる。三角フラスコ A には、生物に影響がないようにして水酸化カリウム (KOH) 水溶液を二酸化炭素 (CO_2) 吸収剤として小さい容器に入れておく。三角フラスコ B には、同量の水を小さい容器に入れておく。測定条件下では呼吸以外の代謝は起きていない。
- (iii) 気体の減少量は表 1 となった。

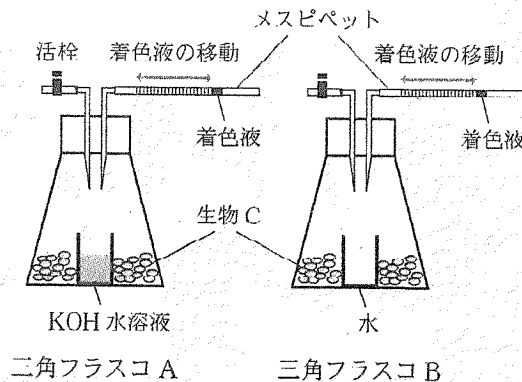


図 3 実験装置

表1 三角フラスコ A、B の気体の減少量

三角フラスコ	気体の減少量(mm ³)
A (KOH 水溶液を入れる)	491
B (KOH 水溶液を入れない)	10

- ① 三角フラスコ A、B の気体の減少量はそれぞれ何を示すか答えよ。
- ② 生物 C の呼吸商を四捨五入して小数点第 2 位まで算出せよ。解答欄には計算の過程も記入せよ。また、生物 C が呼吸基質として何を主に利用しているかを答えよ。
- (2) ある雑食性動物の食べ物 X は、タンパク質、炭水化物や他の成分の混合物であり、下記の i) と ii) であることが判明している。この時のタンパク質と炭水化物以外の他の成分について、呼吸商を四捨五入して小数点第 2 位まで算出せよ。解答欄には計算の過程も記入せよ。
- i) 2 g のタンパク質が完全に呼吸で消費された時、1.9 L の酸素が吸収され、0.32 g の窒素が尿中に移行した。
- ii) 食べ物 X が完全に呼吸で消費された時、酸素 500 L が吸収され、二酸化炭素が 434.5 L 放出され、窒素 32 g が尿中に移行し、炭水化物に消費された酸素は 200 L であった。また、食べ物 X にはタンパク質以外に窒素成分は含有しない。
- (3) 一般にヒトの場合、1 日に使用する ATP の量は細胞 1 個あたり 0.83 ナノグラム(1 ナノグラムは 1 g の 10 億分の 1 の重さ)で、1 人あたり 50 kg に相当する。1 人あたりの ATP の存在量が 50 g である時、ATP は 1 分子につき、1 時間におよそ何回、合成・分解を繰り返すと考えられるか小数点以下を四捨五入して答えよ。ただし、ATP と ADP の間の合成・分解以外にこれらの分子の代謝は起きないものとする。解答欄には計算の過程も記入せよ。

3 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

ある空間内に生息し、互いに交流のある同種個体の全体を個体群といい、それがもつ遺伝子の全体を 1 という。個体群の大きさは、それを構成する個体の総数で表され、一定面積あるいは体積あたりの個体数を特に個体群密度という。個体群の大きさを推定する方法にはいくつかある。その代表的なものとして区画法と標識再捕法があり、対象とする生物種によって使い分ける必要がある。

① ② 個体群の大きさは常に一定ではなく、季節や年などの時間の経過に伴い変動する。また、個体数の増加を個体群の 2 という。たとえば、えさの入ったびんの中では、ショウジョウバエの雌雄2個体からはじまった個体群は、はじめ高い増殖率を示すが、個体数が増すにつれてその増殖率は低トしていく。このように、個体群密度が個体群の増殖率に影響することを 3 という。また、③ 個体群密度に応じて同一種の形態や行動、生理などの諸形質にまとまった、顕著な変化が生じる現象を 4 という。たとえば、トノサマバッタでは、数世代にわたって個体群密度が高い状態が続くと、体長に対する前翅長が相対的に A、体長に対する後肢長が相対的に B 成虫となる。

個体群は、さまざまな発育段階または年齢の個体から成り立っているのが普通である。ある時点における個体群内の個体を年齢に分けて、それぞれの個体数を若い順に下から積み上げて示したものを 5 といい、個体数が増加期にある場合には幼若型を、個体数が減少期にある場合には 6 型を、個体数が安定している場合には安定型を示すことが多い。

問 1 文章中の 1 ~ 6 にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2 文章中の A と B にあてはまる語句の正しい組み合わせを以下の(ア)~(エ)から選び、記号で答えよ。

記号	A	B
(ア)	小さく	小さい
(イ)	小さく	大きい
(ウ)	大きく	小さい
(エ)	大きく	大きい

問 3 下線部①について、以下の問に答えよ。

(1) 2種類の生物に対して区画法による調査を行った。その結果、A種は、各個体とその生息場所のうち特定の場所にかたまっている分布に対して、B種は、各個体の分布が他個体の分布と無関係で、その配置が確率的に決まっていることがわかった。それぞれの分布様式を何というか、名称を記せ。

(2) ある日、ある海岸の岩礁帯がんしょうたいに生息するイワフジツボとイソガニについて、50 cm × 50 cm の方形枠を使った区画法による調査を行った。その結果、イワフジツボでは個体数を推定できたが、イソガニでは推定できなかった。イソガニで個体数を推定できなかった理由を、生活様式の違いに言及しながら、70 字以内で説明せよ。

問 4 下線部②について、次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ある池に生息するコイについて、標識再捕法による調査を行った。はじめに、この個体群から 50 個体のコイを捕獲し、そのすべてに標識を取り付けてから池に戻した。数日後、100 個体を捕獲したところ、標識の付いた個体は 20 個体であった。ここでは、標識再捕法を行ううえで必要な条件はすべて満たしたものである。

- (1) 標識を取り付けたコイの再捕獲を、放流直後ではなく数日後とした理由を、35 字以内で簡潔に説明せよ。
- (2) この個体群の総個体数を推定せよ。

問 5 下線部③について、以下の問に答えよ。

- (1) 問題文で述べた飼育環境下にあるショウジョウバエにおいて、個体数が増すにつれて、個体群の増殖率が低下する理由を、「個体群密度が高まると、」からはじまる文章で、70 字以内で説明せよ。
- (2) 植物における同様の現象に関する法則のひとつとして、最終収量一定の法則がある。この法則はどのような傾向を示すものか、「個体の重量は、」からはじまる文章で、60 字以内で説明せよ。
- (3) 個体数が増すにつれて、個体群の増殖率が上昇することもある。このことを示す語句として最も適当なものを、以下の(ア)～(オ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|------------|----------|-----------|
| (ア) 自己間引き | (イ) 片利共生 | (ウ) アリー効果 |
| (エ) 環境形成作用 | (オ) 近交弱勢 | |

4 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

生物の形質(表現型)に現れる進化の多くは、ダーウィンの提唱した自然選択説によって方向付けられてきたと考えられる。一方、自然選択がはたらかない場合でも、集団内での遺伝子頻度が偶然に左右されて変化する。このことを **A** という。タンパク質のアミノ酸配列やDNAの塩基配列など、生体分子レベルに見られる変異に注目すると、その多くは生存や繁殖に有利でも不利でもなく、**A**によって集団内に広まっていく。

系統的に異なる生物に由来するタンパク質のアミノ酸配列やDNAの塩基配列を比較すると、比べた2種類の進化的な分岐時間に応じて配列の違い(変異)の程度が変化することが知られている。すなわち、配列の違いは種が分かれてからの期間が短いほど小さいが、分かれてからの期間が長いほど大きくなる。

1990年にはDNAの塩基配列を用いた分子系統解析により、現存する生物は②3つのドメインと呼ばれる最上位の分類単位のいずれかに属することが示された。酸素発生の光合成を行う生物として、最初に誕生した種類は「細菌」ドメインに属するものだったが、その後「真核生物」ドメイン内にも見られるようになったと考えられている。

問1 文章中の **A** にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問2 **A** の影響は、集団の大きさによってどのように変化するか、30字以内で簡潔に記せ。

問3 下線部①にあてはまる進化学説の名称、ならびにその学説を提唱した日本人科学者の氏名を記せ。

問4 DNAの塩基配列に突然変異が起き、アミノ酸を指定するコドンが変化しても、下線部①にあてはまることがある。2つの場合をあげ、それぞれ50字以内で説明せよ。

問 5 下線部①に関連する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

脊椎動物ではヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列を比較すると、141個のアミノ酸のうち、ヒトとウマでは18か所で違っている。今から8,000万年前にヒトとウマが共通の祖先から分岐したと考えると、進化の過程でヘモグロビン α 鎖の相同な場所のアミノ酸1個について、1年あたりに置換の起こる率はどのくらいになるか。置換する速度は一定であると仮定して求めよ。ただし、共通の祖先から分岐した後、ヒトとウマでは互いに同数ずつ異なる場所にアミノ酸の置換が起きたと仮定する。8,000万年 $=8 \times 10^7$ 年として計算過程も記入し、四捨五入して、整数 $\times 10$ の n 乗の形で答えを求めよ。

問 6 下線部②に関する以下の問に答えよ。

- (1) 下線部②に記されていないドメインの名称も明記した上で、3つのドメインが共通の祖先(起源生物)から分岐した順序が分かるように、系統関係を簡潔に作図せよ。
- (2) この系統解析に用いられた生体分子の名称、およびその分子が選ばれた理由を40字以内で記せ。
- (3) 下線部②に記されている酸素発生型の光合成生物の進化の考え方(学説)の名称を答えるとともに、その学説について、DNAの塩基配列にもとづく根拠をあげながら、200字以内で説明せよ。
- (4) 酸素発生型光合成細菌に属す生物種の名称を以下の(ア)~(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|----------|------------|
| (ア) アマモ | (イ) コレモ | (ウ) シyajクモ |
| (エ) ネンジュセ | (オ) イカダモ | |