

生 物

1 次の文を読み、下記の間〔1〕～〔5〕に答えよ。

タンパク質は多数のアミノ酸が直鎖状に結合したものであり、構成するアミノ酸の種類と配列^{a)}順序の違いによって多くの種類がある。細胞内のさまざまな代謝を進行させる 酵素^{b)}や、体内に侵入した病原体から体を防御する 抗体^{c)}はタンパク質である。また、血液凝固に関係するフィブリンや病原大腸菌の産生するベロ毒素もタンパク質である。フィブリンは、 から酵素 の作用によって生じ、赤血球などを包みこんで と呼ばれる血液の固まりをつくる。一方、ベロ毒素はタンパク質の合成を阻害する。タンパク質の合成は、タンパク質と の複合体である と呼ばれる細胞小器官において進行する。ベロ毒素は、 中の のヌクレオチドを加水分解する酵素であり、このため細胞のタンパク質合成が停止する。それぞれのタンパク質のアミノ酸配列は、DNA の遺伝情報にもとづいている。「DNA 中の 1 つの遺伝子が 1 つの酵素の合成を支配する」という 一遺伝子一酵素説^{d)}が提唱されている。

問〔1〕 文中の ～ に適切な用語を入れよ。

問〔2〕 下線部 a) に関して、タンパク質のアミノ酸配列が部分的に変化した場合、その機能を失うことがある。この理由を述べよ。

問〔3〕 下線部 b) に関する次の問いに答えよ。

- (イ) 傷口に過酸化水素水をつけて消毒すると泡が出る。これは、ある酵素の働きによるものである。この酵素の名称と、そのとき起こる化学反応を反応式で記せ。
- (ロ) 一般に、酵素はそれぞれ特定の種類の物質にしか働かない。この性質を何というか答えよ。
- (ハ) 酵素がある物質に作用するとき、この物質に似た構造の別の物質がいっしょに存在すると、酵素の作用が阻害されることがある。この理由を述べよ。
- (ニ) 呼吸の過程に働く脱水素酵素を含む溶液について調べたところ、この酵素は盛んに脱水素反応を触媒していた。しかし、この溶液をセロハン膜の袋に入れて透析すると、その脱水素酵素の働きが見られなくなった。この理由を述べよ。

問〔4〕 下線部 c) に関して、抗体は、外部から体内に侵入してきた異物(抗原)と抗原抗体反応を行う。この反応は、抗原がはじめて侵入してきたときに比べ、二度目の抗原侵入のときの方が強くなる。この理由を述べよ。

問〔5〕 下線部 d) に関して、カビの生育に必要な物質 A の合成に関する実験を行った。物質 A は前駆物質 B から物質 C および D を中間物質として 3 行程の反応で合成される。また、それぞれの行程には酵素 X, Y または Z が関与している。カビの酵素 X, Y または Z の遺伝子を欠損した変異株をつくり、最少培地を用いて物質 A, C および D の要求性について調べ、表 1 の結果を得た。

表 1

欠損遺伝子	物質要求性
酵素 X の遺伝子	物質 A または C の添加で生育
酵素 Y の遺伝子	物質 A を添加したときのみ生育
酵素 Z の遺伝子	物質 A, C, D いずれかの添加で生育

この結果から、前駆物質 B から物質 A が合成される過程で生じる中間物質を C, D の記号で、また、それぞれの反応を触媒する酵素を X, Y, Z の記号で解答欄に記入せよ。なお、最少培地は前駆物質 B を含むが、物質 A, C および D を含まない。

2 次の文を読み、下記の問〔1〕～〔4〕に答えよ。

生物が生きていくためにはエネルギーが必要である。その源は太陽の光エネルギーであり、緑色植物によって取り込まれ、有機物がもつ化学エネルギーに変換される。その反応が光合成であり、葉の細胞内の **ア** にあるクロロフィルなどの光合成色素が光エネルギーにより活性化されるのがその第一段階である。活性化した光合成色素の働きで一連の反応が引き起こされ、その過程で ATP が合成される。ATP は ADP とリン酸に分解され、そのとき放出されるエネルギーを利用して、**イ** から植物体内に取り込まれた二酸化炭素を材料に、デンプンなどの有機物が合成される。^{a)}

植物によりつくられた有機物は、直接または間接的に多くの生物の栄養源となる。有機物は呼吸により分解されると、その過程で ATP が合成される。この反応は、**ウ** で働く解糖系や、**エ** 内のクエン酸回路と **オ** ^{b)} によって行われる。ATP は必要に応じて分解され、そのとき放出されるエネルギーは、筋収縮、能動輸送、物質合成など、さまざまな生命活動に利用される。

問〔1〕 文中の **ア** ～ **オ** に適切な用語を入れよ。

問〔2〕 植物の葉は、下線部 a) のように光合成によって二酸化炭素を吸収し、呼吸により二酸化炭素を放出する。次の実験は、植物の葉の二酸化炭素吸収量を調べたものである。これらの実験に関する問(i)～(iv)に答えよ。

実験 1 : 試験管の中に湿ったろ紙と 1 cm^2 に切り取った葉片を入れ、試験管の口をゴム製のふたで閉じ、試験管内の二酸化炭素濃度が 1% になるように注射器で二酸化炭素を注入した。試験管を異なる光の強さのもとで照射して、10 分後の試験管内の二酸化炭素濃度を測定した。

実験 2 : 試験管内の二酸化炭素濃度を 0.2% にして、他は実験 1 と同じ条件で実験した。

実験 3 : 葉片をあらかじめ煮沸した後、実験 1 と同じ条件で実験した。

実験 4 : 葉片を除草剤を含む液に 1 時間つけた後、実験 1 と同じ条件で実験した。

10 分間で減少した二酸化炭素量を重量に換算した結果が表 1 である。

表 1

光の強さ (ルクス)	試験管内の二酸化炭素の 減少量 (μg)			
	実験 1	実験 2	実験 3	実験 4
0	-2	-2	0	-2
4000	2	2	0	-2
6000	4	4	0	-2
8000	6	4	0	-2
10000	8	4	0	-2
12000	8	4	0	-2

- (イ) 実験1の結果を解答欄の図中にグラフとして図示せよ。このとき、縦軸に目盛りも記入せよ。
- (ロ) この植物が1%の二酸化炭素濃度で成長するには何ルクスより強い光が必要か。
- (ハ) 光の強さが9000ルクスのとき、試験管内の二酸化炭素濃度が1%の場合は0.2%の場合と比べて何倍の二酸化炭素を光合成により消費しているか。
- (ニ) これらの実験から、実験4で用いた除草剤は植物の葉にどのような作用をおよぼすか説明せよ。

問〔3〕 筋収縮に関する次の文を読み、 ～ に適切な語句を入れよ。

筋細胞には下線部b)のATP合成系があるが、筋が強く収縮するとこの合成系だけではATPが不足する。このとき、ADPとあらかじめたくわえられていた からATPが合成されることによって収縮が維持される。ATPは筋収縮に必要なではあるが、筋細胞内にあれば常に筋収縮が起こるわけではない。筋肉の収縮と弛緩は Ca^{2+} によって調節され、筋細胞内の Ca^{2+} 濃度が とき収縮が起こり、 Ca^{2+} 濃度が とき弛緩が起こる。

問〔4〕 赤血球の膜にはATPを利用してイオンの能動輸送を行うタンパク質Aがある。次に示す実験結果をもとに、問(イ)～(ハ)に答えよ。

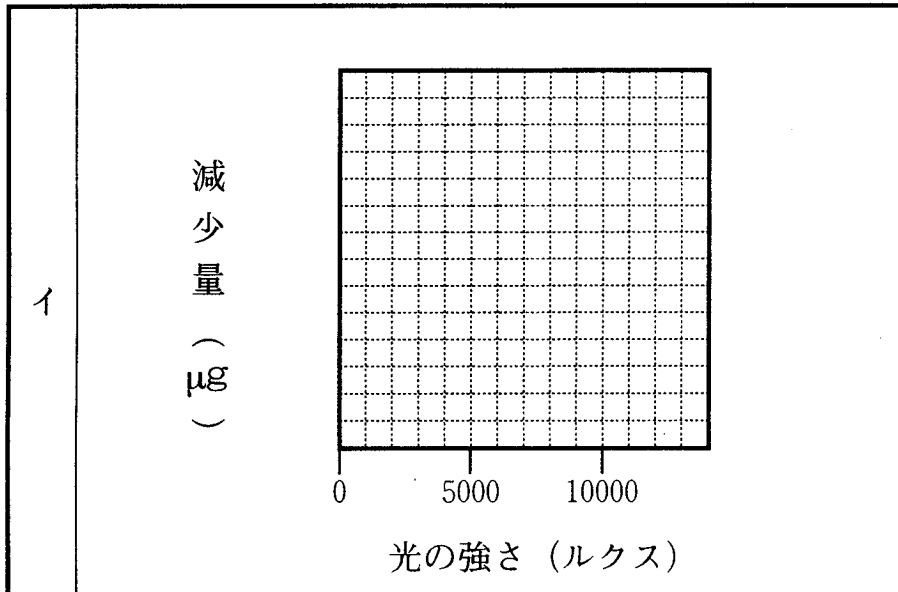
表2

実験結果：表2は、ヒトの血液を用いて、赤血球と血しょう中の K^+ と Na^+ の濃度を測定した結果である。この血液に、タンパク質Aの働きを阻害する物質や呼吸を阻害する物質を加えると、いずれの場合も赤血球中の K^+ と Na^+ の濃度は血しょうと同じになった。

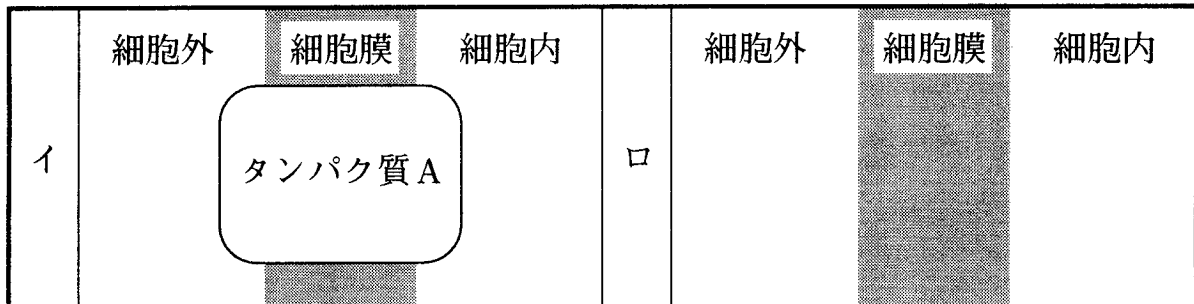
	イオン濃度 (相対値)	
	K^+	Na^+
血しょう	5	140
赤血球	155	2

- (イ) 下線部c)およびd)に示した物質を加えないとき、タンパク質Aは K^+ と Na^+ をどの方向に輸送しているか。その向きを K^+ の場合は \longrightarrow を、 Na^+ の場合は \rightarrow を用いて解答欄の図中に図示せよ。
- (ロ) 下線部c)に示した物質を加えると、 K^+ と Na^+ は赤血球膜をどの方向に移動するか。その向きを K^+ の場合は \longrightarrow を、 Na^+ の場合は \rightarrow を用いて解答欄の図中に図示せよ。
- (ハ) 下線部d)に示した物質を加えたとき、赤血球と血しょうの K^+ と Na^+ の濃度が同じになった理由を説明せよ。

問〔2〕



問〔4〕



3 次の文を読み、下記の問〔1〕～〔4〕に答えよ。

生物個体が発生してから死亡するまでの全生活過程を生活史という。有性生殖を行う動物の一生は、卵と精子が合体して受精が成立することにより始まり、器官形成、成長、繁殖を行い、最後に死に至る。これらの過程はどの動物にも共通するものであるが、成長速度、繁殖を開始する年齢、繁殖1回あたりの産卵(子)数、卵(子)の大きさ、および寿命は動物種によって大きく異なる。これらの違いは、動物種の特性に応じて、その生息環境でより多くの子孫を残すことができるように進化してきたためと考えられる。

脊ついで動物の1回の産卵(子)数を調べてみると、動物種によってその数はさまざまである。この産卵(子)数も、産まれた卵(子)が発育につれてどれだけ生き残り、繁殖を開始する年齢をむかえることができるかに大きくかかわっていると考えられる。

問〔1〕 下線部 a)に関する次の問いに答えよ。

- (ア) 卵と精子が形成される過程で、通常の細胞分裂と異なった様式の細胞分裂が起こる。この分裂様式の名称を記し、その特徴を2つ述べよ。
- (イ) 卵形成と精子形成の違いについて述べよ。

問〔2〕 下線部 b)について、ほ乳類であるヒトと両生類であるイモリの発生初期の形態を比較すると、尾などの共通する形態が観察される。

- (ア) ヒトにおいて、この時期にだけ観察されるイモリと共通する形態を尾以外に1つ記せ。
- (イ) 脊ついで動物の初期発生で見られるこのような類似性をもとにヘッケルが唱えた説を説明せよ。

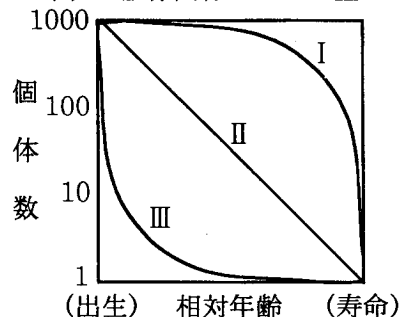
問〔3〕 下線部 c)について、各動物における産卵(子)数を表1に示している。また、図1にこれらの動物の生存曲線を3つの型(I～III)として模式的に示している。

- (ア) I～IIIのそれぞれの型の生存曲線を示す動物を表1から2つずつ選べ。
- (イ) I型の生存曲線を示す動物において、幼齢時の死亡率が低い原因を説明せよ。

表1. 動物の産卵(子)数

動物名	産卵(子)数
マンボウ	約1億
ヒキガエル	約5000
トカゲ	8～13
コウテイペンギン	1
キジ	8～12
ニホンザル	1(産子)

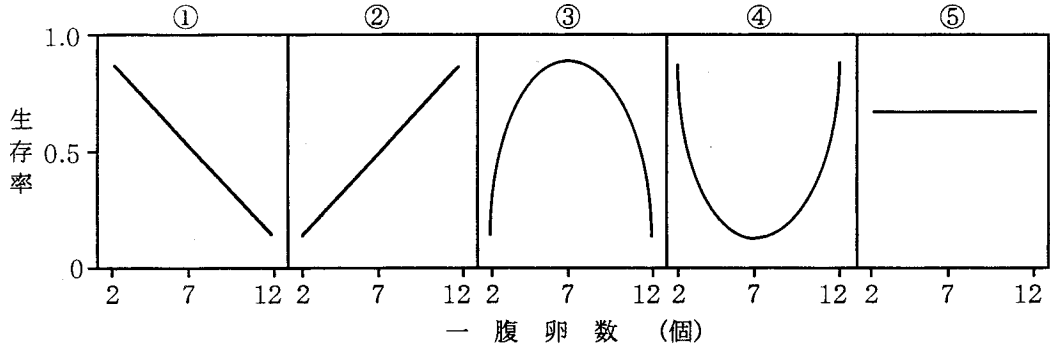
図1. 生存曲線の3つの型



問〔4〕 下線部 d)に関する次の問(ア)と(イ)に答えよ。

(ア) ある地方におけるシジュウカラの一腹卵数(1個体が1回の繁殖で産む卵数)は2～12個とさまざまであったが、7個が最も多かった。これは、7個産んだときに巣立つ雛の数をもっとも多いためと考えられた。この地方における一腹卵数と卵が雛となり巣立つまでの生存率の関係は、どのように表されるか。図2に示した模式図①～⑤から1つ選べ。

図2. 一腹卵数と生存率の関係



(イ) 以下の文中の ～ に数式を入れよ。

シジュウカラは、親鳥に産卵されて1年で繁殖可能になる。毎年、繁殖時期に合計 a 個の卵を産むシジュウカラの個体群があり、この個体群の生存曲線を調べたところ、問〔3〕の図1に示したⅡ型であった。この個体群において、1年間あたりの生存率を r とすると、産卵されてから1年後の繁殖時期まで生き残るシジュウカラの個体数 L_1 は と表すことができる。同様に、2年後の繁殖時期まで生き残る個体数 L_2 は , 3年後の繁殖時期まで生き残る個体数 L_3 は となる。また、1歳(繁殖可能になってからの1年間)で死亡するシジュウカラの個体数 D_1 は , 2歳で死亡する個体数 D_2 は , 3歳で死亡する個体数 D_3 は となる。以上のことから、1年間に死亡するシジュウカラの成鳥(1歳以上の個体)は; $D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n =$ となる。ここで、 $0 < r < 1$ であるため、 $n + 1$ が限りなく大きい場合 ar^{n+1} は0と近似できる。したがって、1年間に死亡するシジュウカラの成鳥は と表すことができる。一方、毎年成鳥になるシジュウカラの個体数は である。このことから、この個体群の個体数は一定で変化しないことがわかる。