

生 物

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。1 ～
3 は必須問題である。4 と 5 は、どちらか一つを選択して解答せよ。
選択した問題を、解答用紙内の問題番号を○で囲んで示せ。(4 を選択した例

4)

○で選択問題を示した問題のみを採点する。両方を選択した場合は採点しない。

1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

細胞を構成する物質のうち最も多いものは水であり、動物細胞ではついで多いものはタンパク質である。タンパク質は多数のアミノ酸がペプチド結合により連なったものであり、生命活動においてさまざまな機能を担っている。それらのうち、酵素とよばれるタンパク質は化学反応の速度を上昇させるが、それ自体は変化することがない生体内の (ア) である。

タンパク質のアミノ酸配列は遺伝子として暗号化されており、生体内では必要に応じて、ゲノム DNA 上の遺伝子部分は mRNA に (イ) されリボソーム上でタンパク質に (ウ) される。

近年、バイオテクノロジーの急速な進歩とともに 目的の遺伝子領域を短時間で増幅する方法が開発され、さまざまな場面で活用^aされている。この方法では、2種類のプライマーとよばれる短い1本鎖 DNA 断片、目的の遺伝子領域を含む DNA、4種類の (エ) ^b、および酵素を加えて反応させることにより、目的の長さの DNA を短時間に増幅することができる。

一方、組換え DNA 技術を用いると目的とするタンパク質を人工的に生産^cすることができる。すなわち、目的の遺伝子を下線部 a の方法で増幅した後、大腸菌内の DNA とは独立に増殖する小型の環状 DNA である (オ) に組込む。ついで、これを 大腸菌に導入することにより、目的のタンパク質を生産^dできる。

さまざまなタンパク質のうち、酵素は我々の生活においていろいろな用途で使用されている。たとえば、洗濯洗剤中にはセルロースを分解するセルラーゼ、タンパク質を分解するプロテアーゼなどが配合されている場合がある。また、酵素反応などの生物の特性を利用している とよばれる装置には、酵素や微生物を水に不溶なアルギン酸のカルシウム塩からなるゲル状のカプセル内に閉じ込め、連続的に酵素反応を行い物質の合成や分解を行うものがある。

問 1 文中の ~ に適切な語を入れよ。

問 2 遺伝子とタンパク質に関する以下の文を読み、正しいものの記号をすべて選択せよ。

- (ア) 真核細胞では1つの遺伝子から一次構造が異なる複数のタンパク質がつくられる場合がある。
- (イ) 真核細胞では合成途中の mRNA 上でもタンパク質がつくられている。
- (ウ) 真核細胞の核内にタンパク質は存在しない。
- (エ) 真核細胞では核外でタンパク質がつくられる。
- (オ) DNA の 5' 末端の「5」という数字は、五炭糖の炭素の位置を番号で示している。

問 3 下線部 a の方法で

は、通常、設定温度が異なる連続する3つのステップ(順番にA, B, Cとする)を1サイクルとしてこれをくり返し行うことにより遺伝子を増幅する。図1は、下線部 a の反応様式について図示したものであり、1サイクル目はステップA~Cのそれぞれにおける反応液中のDNAの状態を、2および3サイクル目についてはステップC後のDNAの様子を示している。なお、図中の*

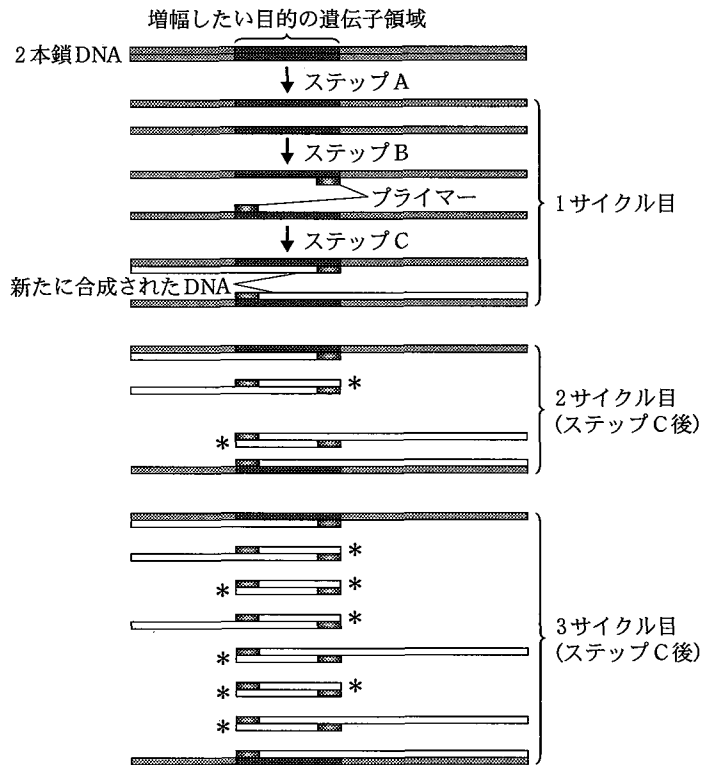
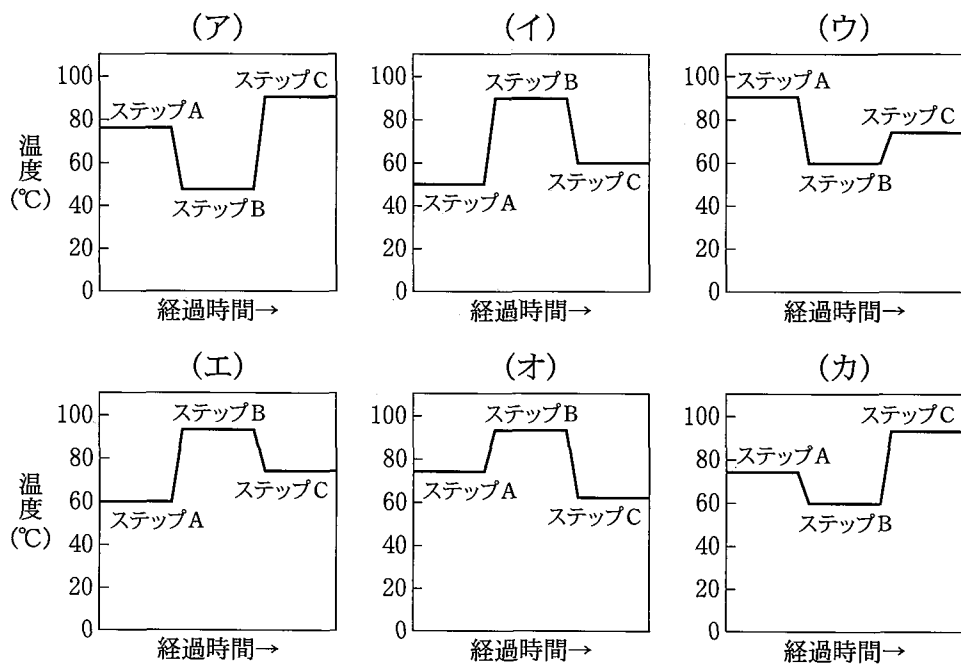


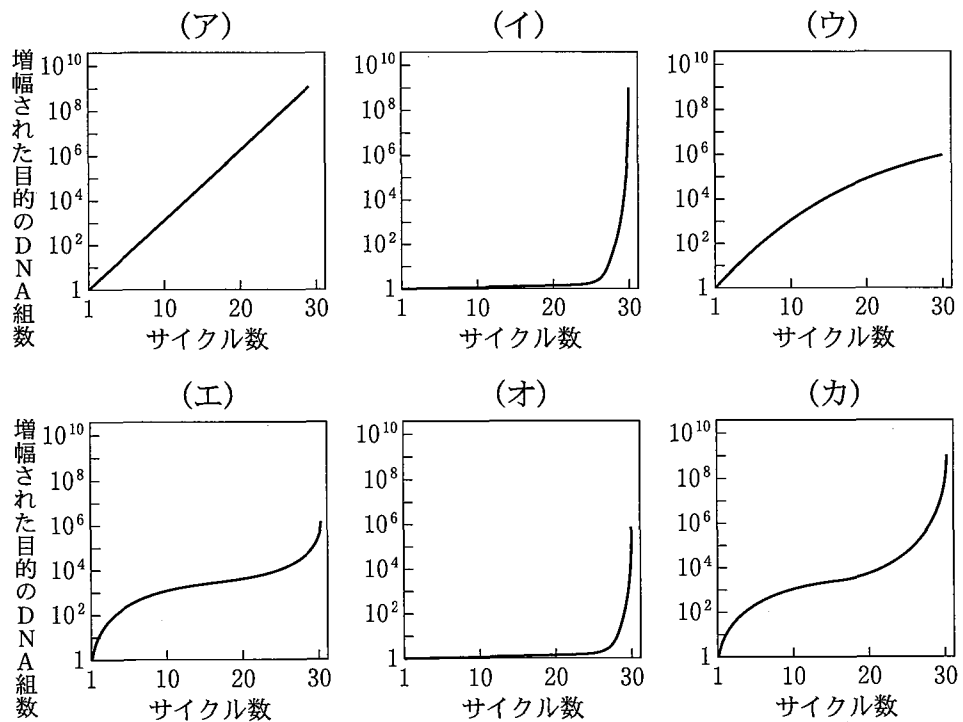
図1 下線部 a の方法の概略

印は、増幅された目的の長さのDNAを示している。

(1) 図1の1サイクル目のステップA~Cの適切な温度変化を示すグラフを以下の(ア)~(カ)から1つ選択せよ。



(2) 目的の遺伝子領域を含む DNA が反応液中に 1 個だけ存在する場合、30 サイクルの間に増幅された遺伝子の数は理論的にはどのように増加すると予測されるか。適切なグラフを以下の(ア)~(カ)から 1 つ選択せよ。なお、目的の長さの 1 本鎖 DNA を 2 個で 1 組と数えることとする。たとえば、図 1 の 2 サイクル目には 1 組の目的の DNA が増幅されている。また、反応中の酵素反応速度に変化はなく、基質やプライマーが不足することもないものとする。



(3) 下線部 b の酵素の名称を述べよ。

(4) 下線部 a の方法が開発された当初は下線部 b の酵素を各サイクル終了後に加えていたが、その後、方法は改良され現在ではそのような操作を行う必要はなく、下線部 b の酵素は最初の反応液に加えるだけでよい。これは、ある特別な性質をもつ酵素が使われるようになったためであるが、その性質とは何か述べよ。

問 4 下線部 c の操作では、制限酵素とよばれるタンパク質がよく利用されている。この酵素はさまざまな細菌由来のものが使用されているが、本来、細菌内においてはどのような役割を担っているか述べよ。

問 5 下線部 d によるタンパク質生産法の利点を 2 つ挙げよ。

2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

すい臓は腹部奥深くにみられる大きな外分泌腺であり、発生の過程で、将来の消化管にあたる [ア] がふくらみ出て形成される。すい臓の腺細胞の分泌物は、すい臓内のすみずみにのびた細い管に入って合流をくり返し、やがて、太いすい管に集まり、アルカリ性のすい液として十二指腸に注ぐ。すい液のはたらきは長い間不明であったが、1856年、フランスの生理学者クロード・ベルナールは、イヌやウサギから採取したすい液に、ぶた肉の油脂(ラード)を加える実験によって、この分泌液が [イ] を含むことを明らかにした。すい液を採取するには、動物を適切な麻酔で眠らせ、すい管にポリエチレンの管を差し入れて、腹部消化器官に向ってのびる [ウ] を電気刺激し、管から流れ出る液を試験管に集めればよい。こうした分析の結果、すい液は、さまざまな食物成分の消化に欠かせないことが実証されている。

また、すい臓は、 [エ] とグルカゴンを放出し [オ] を調節する内分泌腺でもある。 [エ] は、ラテン語で「島」を意味する言葉から名付けられた。実際、すい臓の内分泌細胞は、小集団をなして小島のように点在している。1869年、ドイツの医学生 [カ] が行ったようにして、ある種のインクを動物のすい管からすい臓内へ慎重に注入し、顕微鏡で観察すると、今日、彼の名前でよばれる内分泌細胞の島が見分けられる。

問 1 文章中の [ア] ~ [カ] に適切な語句を入れよ。

問 2 多くの腺にみられる、下線部 a, b のようなはたらきをする管の名前を答えよ。

問 3 下線部 c の実験について、以下の(1)～(2)に答えよ。

(1) 油脂を加えたすい液を、どの温度に保つのが適当か。(A)～(D)から 1 つ選び記号で答えよ。

(A) 4℃ (B) 20℃ (C) 40℃ (D) 60℃

(2) 実験過程でみられる、液の性状変化と、液中の化学反応について、40 字以内(句読点を字数に含む)で説明せよ。

問 4 下線部 d の電気刺激で引き起こされるどのような現象が、すい液の分泌に結びつくと考えられるか。適切なものを以下の(A)～(H)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) すい臓の腺細胞の膜電位が変化する。
- (B) すい臓内でグルカゴンが放出される。
- (C) すい臓内でノルアドレナリンが放出される。
- (D) すい臓内でアセチルコリンが放出される。
- (E) 胃液の分泌が抑制される。
- (F) 胃液の分泌が促進される。
- (G) 血圧が上がる。
- (H) 血圧が下がる。

問 5 医学部保健学科 2 年生の北海太郎君は、下線部 e のようにしてウサギのすい管から青インクを注入し、さらに、すい臓に入る血管に赤インクを注入して、顕微鏡標本を作成した。次頁の図は、その観察スケッチである。2 種類のインクは、それぞれ注入された管の内腔を満たし、腔外には漏れ出ていない。この図で、内分泌細胞の「島」はどれか。もっとも可能性が高いものを、(A)～(D)から 1 つ選び記号で答えよ。

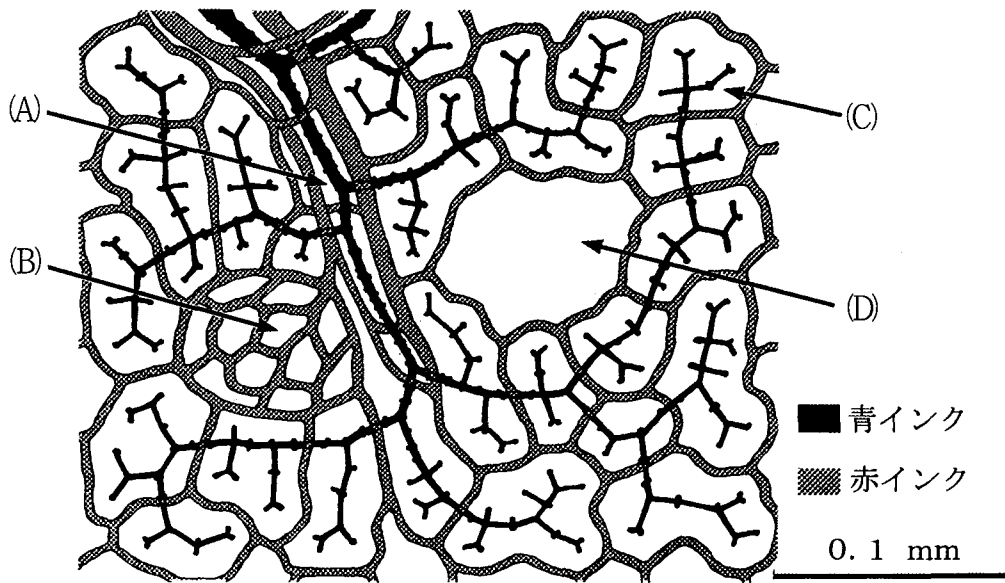


図 ウサギすい臓のインク注入標本

問 6 食物消化の過程をさまざまな生物間で比較した以下の文章を読み、(1)~(2)の間に答えよ。

単細胞生物のゾウリムシは、食物を細胞膜で包むようにして取り込み、
 とよばれる細胞小器官の中で分解して栄養分を利用する。

淡水にすむ は、内外2枚の細胞層でできた、比較的単純なつくりの多細胞生物である。 は、口から食べた餌を原始的な腸である の中、つまり細胞外で消化するが、 の内面をおおう消化細胞は、上に述べた単細胞生物に似たやり方で、未消化物を取り込むこともできる。

成長したヒトのからだでは、食物消化の全過程が消化管の内腔で行われ、たとえば、デンプンはグルコースにまで分解される。腸の細胞は、こうした分解物を によって細胞内に取り入れ、未消化物の取り込み活動は行わない。

- (1) 文章中の ~ に適切な語句を入れよ。
- (2) ヒトのからだをつくる細胞で、下線部 f のような取り込み活動を盛んに行うものがある。例となる細胞名を1つ答えよ。

3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

水は植物のからだの大部分を占める構成成分であり、生体内の化学反応に深くかかわっている。そのため、水は植物の生命活動にとって必要不可欠な存在である。以下の現象も、植物の生命活動に水がかかわることを示した一例である。

市販の液体肥料を用いて水耕栽培しているトマトの培養液に食塩を加えたら、トマトの個体がしおれた。これは、食塩を培養液に加えたことにより、トマトの細胞よりも培養液が (ア) 張になって細胞が (イ) したことが原因である。これによって細胞の膨圧が (ウ) したためにトマトの個体がしおれた。この (イ) によって、細胞内の浸透圧は通常の生育時に比べて (エ) していた。さらに、トマトの個体がしおれたとき、葉の光合成速度が一時的に低下したこともわかった。^a

しかし、そのまま水耕栽培を続けたら、トマトの個体はしおれから回復して元の状態に戻った。^b

問 1 (ア) ~ (エ) の空欄に適切な語を入れよ。

問 2 (1) トマトの個体がしおれているとき、葉から採取した表皮組織を光学顕微鏡で観察した。このとき、細胞ではどのような様子が観察されるか、漢字 5 文字で答えよ。

(2) この表皮組織を真水に浸したら、細胞ではどのような様子が観察されるか、漢字 5 文字で答えよ。

問 3 (1) トマトがしおれていく過程において、細胞の膨圧と浸透圧の変化を表したグラフを図示せよ。なお、グラフの縦軸は圧力 ($\times 10^5$ Pa)、横軸は原形質の体積 (等張液中の原形質の体積を 1 としたときの相対値) とし、浸透圧の最小値を 5×10^5 Pa、最大値を 12.5×10^5 Pa、原形質の体積 (相対値) の最小値を 0.9、最大値を 1.2 として作図すること。また、膨圧と浸透圧の変化がそれぞれどれに相当するのか、図中に明記すること。

(2) 植物細胞の吸水力はどのように表されるか、簡潔に答えよ。

問 4 下線部 a の現象が起きた理由について以下の 2 つの説明が考えられる。空欄に適切な語を入れ、説明文を完成させよ。

<説明 1> 水不足に陥ったトマトは、葉の を閉じて による水の損失を減らした。すると、 から の取り込みも抑えられ、光合成速度が低下した。

<説明 2> 培養液に食塩を加えたことによって、培養液中で正電荷の イオンや負電荷の イオンの濃度が高まり、根を通じてこれらのイオンがトマトの体内に取り込まれた。そのため、細胞質でこれらのイオン濃度が一時的に高まったために代謝活性が低下し、光合成にも影響を及ぼした。

問 5 食塩を添加した後、培養液中の食塩濃度が大きく変化していないにもかかわらず、下線部 b の現象が起きた理由として以下のような説明が考えられる。空欄に適切な語を入れ、説明文を完成させよ。

<説明> 培養液に添加した食塩の濃度が比較的低かったため、トマトは培養液中の食塩濃度の上昇に反応し、細胞の代謝にとって なイオン濃度の上昇を抑えるとともに、細胞にとって有用な溶質を積極的に することで細胞内の浸透圧をさらに させた結果、 よりも の方が高張となり、細胞の吸水力が回復した。

以下の 4 と 5 は選択問題である。どちらか一つを選び解答せよ。どちらを選択したか示すために、解答用紙の問題番号を○で囲んでから解答すること。

(4 を選択した例 4)

【選択問題】

4 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

生物集団の遺伝的多様性を調べる場合、染色体の特定の位置(遺伝子座)にある対立遺伝子の種類とその頻度をめやすにすることがある。最近の DNA 分析技術の発展により、遺伝子座によっては、DNA 領域の塩基配列の長さに多様性があることがわかっており、その DNA 領域の塩基配列の長さの違いを対立遺伝子とみなすことがある。この場合、その遺伝子座において、対立遺伝子間の優劣関係はない。つまり、2種類の対立遺伝子をもつヘテロ接合体は、長さの異なる2種類の塩基配列をもつ個体として識別される。

そこで、ある恒温動物1種の集団について、上記のような DNA 塩基配列の長さの多様性をもつ1つの遺伝子座 A を調べた。その結果、長い DNA 塩基配列および短い DNA 塩基配列という2種類の対立遺伝子がみつき、各々を対立遺伝子 A_1 、対立遺伝子 A_2 と名づけた。この動物集団の各世代においてその遺伝子型の頻度を調べると、興味深いことに、以下のような性差がみられた。すなわち、オスでは、 A_1 のみをもつ個体、 A_2 のみをもつ個体、および、 A_1 と A_2 の両方をもつ個体がある一定の頻度でみられた。一方、メスでは、 A_1 と A_2 の両方をもつ個体はみられず、 A_1 または A_2 のどちらか一方のみをもつ個体のみがみられた。

また、任意に交配し個体数が十分大きいこの動物の集団では、各世代において、 A_2 の頻度が 0.30 であることがわかっている。

(ア) が成立していると考えられる。

問 1 文中の について、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) に入る適切な語句を記せ。
- (2) 何らかの原因により集団の個体数が極端に減少し、その後、繁殖して増加した際に、 からはずれて次世代における対立遺伝子の頻度が偶然により大きく変化することがある。その変化を何というか、記せ。
- (3) 集団において、世代の経過とともに遺伝的多様性が変化し、 からはずれていく要因として適切なものを以下からすべて選び、その記号を記せ。
- (A) 対立遺伝子の種類や頻度が異なる別の集団から個体に移入してくること。
 - (B) 近縁種における対立遺伝子に突然変異が生じること。
 - (C) この集団のオスの繁殖力と別の集団のオスの繁殖力との間に差が生じること。
 - (D) この集団内で突然変異により新しい対立遺伝子が生じること。
 - (E) この集団のメスの繁殖力と別の集団のメスの繁殖力との間に差が生じること。

問 2 この動物種が分類される門および綱を記せ。

問 3 この動物種の性決定の特徴について、以下のキーワードをすべて用いて 40 字以内(句読点を含む)で記せ。キーワードは複数回用いてもよい。

キーワード

問 4 下線部 a の集団において、遺伝子座 A に関するオスおよびメスの遺伝子型とその頻度(小数点以下第二位まで求めよ)を記せ。

【選択問題】

5 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ある地域にすむ、同じ種類の生物の個体の集団を という。ある草原のバッタの集団やある池のメダカの集団などが である。 において、単位面積や単位体積などで示される単位生息空間当たりの個体数を という。

同じ場所に生活する異なる種類の をまとめたものが である。 内の の間では、いろいろな種間関係が生じている。たとえば、生活上の要求が似ていて の重複の大きな種間では種間競争が起こる。また、一方の種が他方の種の餌となる種間関係は捕食と被食の関係といわれる。

内の捕食と被食の関係を表したものを食物網という。食物網上の位置を示すのが である。その第一段階をしめるのが緑色植物など独立栄養生物である生産者である。この生産者を食べる一次消費者が第二段階、そして一次消費者を食べる二次消費者が第三段階、さらにこれを食べる三次消費者が第四段階となる。通常、 が上がるにつれ、個体数や生物量が少なくなっていく。また、 の数はふつう4～5をこえることはない。これは、 を一段階上がるごとに、移行する物質とエネルギーの量が急激に減少することが原因である。

問 1 文中の ～ に適切な語句を入れよ。

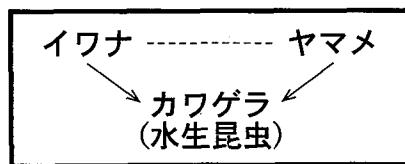
問 2 下線部 a に示されている を推定するためによく用いられる方法を 2 種類あげ、それぞれの方法はどのような生態的な特徴を有する生物に適用するのが好ましいか述べよ。

問 3 以下に示す生物名のリストには、種間競争および捕食と被食の関係をもつ3つの生物が含まれている。その3つの生物名を選び出し、以下の例1および例2にならい、種間競争の関係にある生物名を点線で、捕食と被食の関係にある生物名を捕食者から被食者に向かう矢印でつないで示せ。

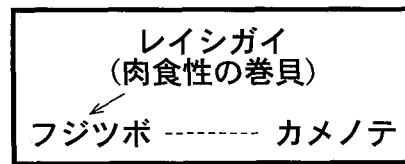
(生物名のリスト)

ケンミジンコ, タニシ, ライオン, アブラムシ, ミジンコ, ケイ藻(植物プランクトン), ナミテントウ, タンポポ, アオザメ, アザラシ

例 1



例 2



問 4 下線部cに示された現象は、隣接する (オ) の間の物質とエネルギーの収支から理解できる。下線部bに示された一次消費者から二次消費者を介して三次消費者にいたる物質とエネルギーの収支において、二次消費者の摂食量と被食量はどのような式で表現できるか。以下の①から⑫を用い、解答例にならって二次消費者の摂食量と被食量をそれぞれ示す式を解答欄に記せ。ただし、正しい式は2つずつある。

- | | |
|----------------|----------------|
| ① 三次消費者の同化量 | ⑦ 一次消費者の摂食量 |
| ② 三次消費者の被食量 | ⑧ 一次消費者の同化量 |
| ③ 三次消費者の成長量 | ⑨ 一次消費者の成長量 |
| ④ 三次消費者の死滅量 | ⑩ 一次消費者の死滅量 |
| ⑤ 三次消費者の不消化排出量 | ⑪ 一次消費者の不消化排出量 |
| ⑥ 三次消費者の呼吸量 | ⑫ 一次消費者の呼吸量 |

(解答例) 二次消費者の摂食量 = ① + ② ÷ ④