

入学試験問題

理科



(配点 120 点)

平成 29 年 2 月 26 日 9 時 30 分—12 時

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- 2 この問題冊子は全部で 84 ページあります(本文は物理 4～25 ページ, 化学 26～37 ページ, 生物 38～61 ページ, 地学 62～84 ページ)。落丁, 乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答には, 必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
- 4 解答は, 1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。
- 5 物理, 化学, 生物, 地学のうちから, あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。
- 6 解答用紙の指定欄に, 受験番号(表面 2 箇所, 裏面 1 箇所), 科類, 氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。
- 7 解答は, 必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。
- 8 解答用紙表面上方の指定された()内に, その用紙で解答する科目名を記入しなさい。
- 9 解答用紙表面の上部にある切り取り欄のうち, その用紙で解答する科目の分のみ 1 箇所をミシン目に沿って正しく切り取りなさい。
- 10 解答用紙の解答欄に, 関係のない文字, 記号, 符号などを記入してはいけません。また, 解答用紙の欄外の余白には, 何も書いてはいけません。
- 11 この問題冊子の余白は, 草稿用に使用してもよいが, どのページも切り離してはいけません。
- 12 解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 13 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

生 物

第1問

次の文1と文2を読み、IとIIの各問に答えよ。

[文1]

DNA・RNA・タンパク質はすべて高分子であり、それぞれを構成する単位の並びからなる配列情報を有する。これら3つの配列情報の間には、理論上、図1—1のように9通りの伝達経路が想定できる。しかし、現存する生物やウイルスにおいては、これらすべての伝達経路が存在するわけではない。

DNA・RNA・タンパク質を介して遺伝情報が発現する過程は、その各段階において様々な制御を受ける。そのような制御の一例として「RNA干渉」があげられる。RNA干渉とは、真核生物の細胞内に二本鎖のRNAが存在すると、その配列に対応する標的 mRNA が分解されてしまうという現象である。無脊椎動物や植物などにおいて、RNA干渉は生体防御機構として重要な役割を果たしていることが知られている。

RNA干渉において、長い二本鎖RNAは、まず「ダイサー」と呼ばれる酵素によって認識され、端から21塩基程度ごとに切り離される。こうして作られた短い二本鎖RNAは、次に「アルゴノート」と呼ばれる酵素に取り込まれる。アルゴノートは、短い二本鎖RNAの片方の鎖を捨て、残ったもう片方の鎖に相補的な配列をもつ標的 mRNA を見つけ出して切断する。その後、切断された標的 mRNA は別のRNA分解酵素群によって細かく分解される。このように、RNA干渉には二本鎖RNAの存在だけではなく、様々なタンパク質のはたらきが不可欠である。

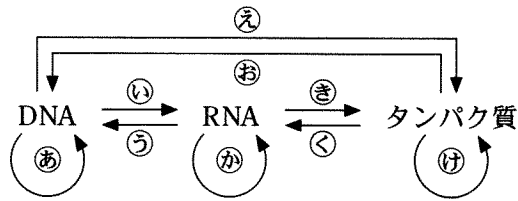


図1—1 DNA・RNA・タンパク質という3つの配列情報間の伝達経路

実験1 ショウジョウバエ(ハエと略す)のRNA干渉に関わるタンパク質Xおよびタンパク質Yの機能欠失変異体ハエ(*x*変異体ハエおよび*y*変異体ハエと呼ぶ)をそれぞれ作製し、野生型ハエとともに、一本鎖RNAをゲノムとしてもつFウイルスまたは大腸菌を感染させた。その結果、図1—2のような生存曲線が得られた。一方、未感染の場合の14日後の生存率は、野生型ハエ、*x*変異体ハエ、*y*変異体ハエのすべてにおいて、98%以上であった。また、感染2日後の時点において、Fウイルスまたは大腸菌に由来する21塩基程度の短いRNAがハエの体内に存在するかどうかを調べたところ、表1—1に示す結果となった。

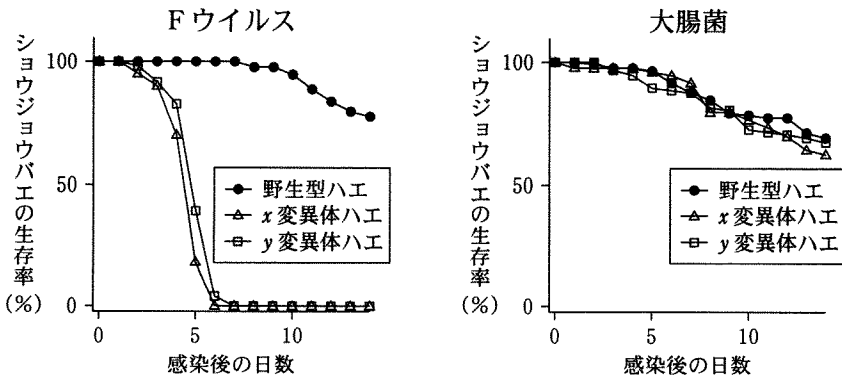


図1—2 Fウイルスまたは大腸菌感染後のショウジョウバエの生存曲線

表1—1 感染2日後のショウジョウバエ体内における短いRNA

	野生型ハエ	<i>x</i> 変異体ハエ	<i>y</i> 変異体ハエ
Fウイルス由来の短いRNA	有	有	無
大腸菌由来の短いRNA	無	無	無

実験2 Fウイルスのゲノムには、ウイルス固有のB2と呼ばれるタンパク質をコードする遺伝子が存在する。B2タンパク質の機能欠失変異体Fウイルス(Δ B2Fウイルスと呼ぶ)を作製し、野生型ハエに感染させたところ、野生型Fウイルスと比べて Δ B2Fウイルスはほとんど増殖できなかつた。一方、 x 変異体ハエや y 変異体ハエに Δ B2Fウイルスを感染させた場合は、野生型Fウイルスと同程度の顕著な増殖が確認された。

また、FウイルスのB2遺伝子を取り出し、野生型ハエの体内で強制的に発現させた。すると、そのようなハエにおいては、B2遺伝子を強制発現させていない通常の野生型ハエと比べて、Fウイルスだけではなく一本鎖RNAをゲノムとしてもつ他のウイルスも顕著に増殖しやすくなった。一方、 x 変異体ハエや y 変異体ハエにおいては、その体内でFウイルスのB2遺伝子を強制発現させてもさせなくても、Fウイルスやその他の一本鎖RNAウイルスの増殖の程度に違いはなかつた。

[文2]

生命科学の研究においては、同じ親から生まれた雄と雌の交配(兄妹交配)を数十世代繰り返すことで得られた近交系(純系)のマウスが広く用いられている。近交系のマウスは集団の中からどの個体をとっても遺伝的にほとんど同じであるため、生命科学研究で大きな問題となりうる遺伝的な個体差を最小化し、実験の精度を向上させることができる。しかし、近交系マウスにおいても、世代を経るたびに一定の頻度で突然変異が生じており、大きな表現型の変化として現れる場合がある。

ある近交系のマウスを兄妹交配しながら飼育していたところ、血液中の白血球におけるT細胞の割合が顕著に少ない数匹の個体が見つかった⁽¹⁾。これらのマウスは、病原菌のいない清浄な飼育環境では野生型マウスと同程度に発育し、身体のサイズや繁殖能力に問題はなかった。また、T細胞以外の白血球の数には異常はみられなかった⁽²⁾。そこで、これらのマウスどうしを交配し、子孫マウス集団中の個体を調べたところ、血液中の白血球におけるT細胞の割合が、元の近交系マウスと比べて同程度(表現型A)、約1/5(表現型B)、約1/20(表現型C)、という3群に分かれた(図1—3左)。さらに、それぞれの個体の血縁関係と、A、B、Cの表現型を示した家系図(図1—3右)を作成したところ、これらのマウスは飼育の過程で生じた突然変異体と考えられた。

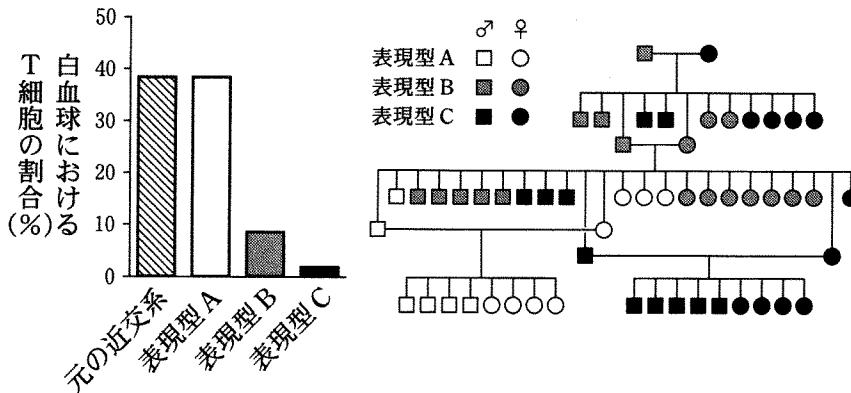


図1—3 マウスの血液中の白血球におけるT細胞の割合(左)と家系図(右)

実験3 血液細胞を死滅させる線量の放射線を照射したマウス(レシピエント)に対し、別のマウス(ドナー)の骨髄細胞を移植すると、ドナー由来の細胞がレシピエントの体内で分化して新たな血液細胞を構成し、キメラマウスができる。表現型 A, B, C それぞれのマウスから骨髄細胞を採取して表現型 A の別のマウスに移植した。また、表現型 A のマウスから骨髄細胞を採取して表現型 B のマウスと表現型 C のマウスに移植した。作製したキメラマウスについて、血液中の白血球における T 細胞の割合を調べた(図1-4)。

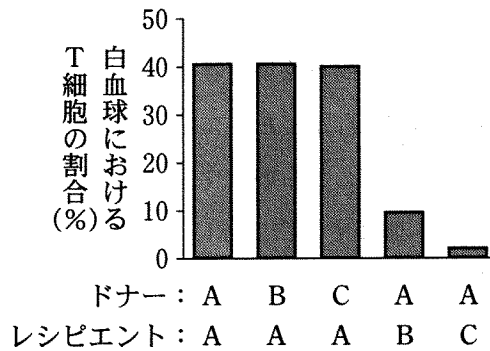


図1-4 キメラマウスの血液中の白血球における T 細胞の割合

実験4 表現型 C のマウスのゲノムを調べたところ、タンパク質 Z をコードする遺伝子 Z の塩基配列にアミノ酸置換をもたらす一塩基変異が見つかった。遺伝子 Z の機能を調べるため、遺伝子組換え技術を用いて、元の近交系マウスのゲノムから遺伝子 Z を取り除いたノックアウトマウスを作製した。遺伝子 Z ノックアウトマウスの血液中の白血球における T 細胞の割合は、元の近交系マウスや表現型 A のマウスと同程度であった。

〔問〕

I 文1について、以下の小問に答えよ。

A 図1—1の㉓の過程の基本的な仕組みを、以下の語句をすべて用いて3行程度で説明せよ。同じ語句を繰り返し使用してもよい。

mRNA, tRNA, リボソーム, アミノ酸, コドン, ペプチド結合

B 下線部ア)について。以下の問(a)と(b)に答えよ。

(a) 「セントラルドグマ」という言葉は、現在では「遺伝情報はDNA→RNA→タンパク質と一方向に流れる」という概念を指すものとして説明されることが多い。しかし、1956年にフランシス・クリックがセントラルドグマについて記したメモには、以下のように記述されている。

3つの要素から成り立つ原理。

セントラルドグマとは「情報が一度タンパク質分子になってしまえば、そこから再び出て行くことはない」ということ。

DNA・RNA・タンパク質という配列情報間の伝達経路を示す図1—1の㉓～㉗の矢印のうち、このメモにおいてクリックが存在しないと主張したと考えられるものをすべて選べ。

(b) 図1—1の㉓～㉗の矢印のうち、自然界に現存する生物やウイルスにおいて、その存在が確認されていないものをすべて選べ。

C 実験1と2の結果から、タンパク質Xとタンパク質Yは、それぞれ何であると考えられるか。以下の選択肢(1)~(6)から1つ選べ。

選択肢	タンパク質X	タンパク質Y
(1)	ダイサー	アルゴノート
(2)	ダイサー	B2
(3)	アルゴノート	ダイサー
(4)	アルゴノート	B2
(5)	B2	ダイサー
(6)	B2	アルゴノート

D 実験1と2の結果を考察した以下の文中の空欄1~7に当てはまるもっとも適切な語句を、以下の選択肢①~⑮から選べ。同じ選択肢を繰り返し使用してもよい。解答例：1—①, 2—②

実験1において、野生型ハエと比べて x 変異体ハエや y 変異体ハエでは、
1 の感染に対する生存率が顕著に低下していることから、ショウジョウバエは、もともと 2 の機構を利用して 1 に抵抗していると考えられる。2 は 3 に対して起こる現象であるので、1 は一時的に 3 の状態をとるような複製様式、すなわちRNAを鋳型にして 4 を行う複製様式をとっていると考えられる。

また実験2の結果から、FウイルスのB2タンパク質には、5 がもつ 6 の機構を 7 するはたらきがあると考えられる。

- | | | |
|------------|----------|----------|
| ① ショウジョウバエ | ② Fウイルス | ③ 大腸菌 |
| ④ 促進 | ⑤ 抑制 | ⑥ 維持 |
| ⑦ 一本鎖DNA | ⑧ 二本鎖DNA | ⑨ 一本鎖RNA |
| ⑩ 二本鎖RNA | ⑪ DNA合成 | ⑫ RNA合成 |
| ⑬ タンパク質合成 | ⑭ RNA干渉 | ⑮ 抗体産生 |

II 文2について、以下の小問に答えよ。

A 図1—3から、この変異マウスの遺伝様式を推測することができる。以下の図1—5に示す交配をした場合に、生まれた子マウスが表現型Cの雌の個体である確率を分数で答えよ。

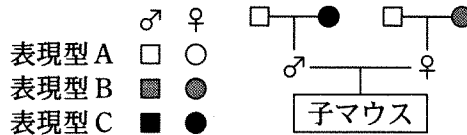


図1—5 変異マウスの交配

B 下線部(イ)・(ウ)について。以下の文中の空欄8～15に適切な語句を記入せよ。解答例：8—○○，9—△△

T細胞は、個々の異物を特異的に認識して排除する 免疫系の中心的存在であり、ヒトの生体防御において重要な役割を担っている。そのため、たとえば がT細胞に感染してその機能を低下させると、微生物感染に対する生体防御が大きく損なわれる。一方、 免疫系では、 などの白血球が貪食(食作用)によって異物を分解する。

免疫系は全ての動物に備わっているが、 免疫系は脊椎動物にのみ備わる。

脊椎動物と無脊椎動物では、循環系のしくみも大きく異なっている。脊椎動物では動脈と静脈が で連絡しており、 血管系と呼ばれる。一方、昆虫などの多くの無脊椎動物では が存在せず、血液・ ・リンパ液の区別がない 血管系となっている。

C 実験3の背景と結果に関連する以下の(1)~(5)のうち、適切なものを2つ選べ。

- (1) すべてのT細胞は、造血幹細胞からつくられる。
- (2) T細胞の核を用いて作製されたクローンマウスは、多様なT細胞抗原受容体を発現し、正常な免疫機能をもつ。
- (3) 表現型CのマウスではT細胞以外の白血球数は正常であるため、体内に侵入した異物に対する抗体は正常につくられる。
- (4) 表現型B、Cのマウスでは骨髄細胞に異常があるため、つくられるT細胞の数が減少している。
- (5) 表現型B、Cのマウスでは胸腺に異常があるため、T細胞の成熟が妨げられる。

D 実験4の結果から、この変異マウスの原因変異について複数の解釈が考えられる。以下の(1)~(4)から、実験結果の解釈として不適切なものを1つ選べ。

- (1) 遺伝子Zノックアウトマウスでは、タンパク質Zの発現が消失するが、その機能は別のタンパク質によって補われている。
- (2) 実験4で見つかった変異によって、タンパク質Zの構造が変化し、別のタンパク質のはたらきが妨げられる。これがT細胞の減少の原因である。
- (3) 実験4で見つかった変異は、T細胞の減少とは何ら関係はなく、原因変異は別に存在する。
- (4) 実験4で見つかった変異によって、タンパク質Zの発現が消失する。これがT細胞の減少の原因である。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第2問

次の文1と文2を読み、IとIIの各問に答えよ。

〔文1〕

植物や緑藻など、光合成を行う生物は、光のエネルギーを利用してCO₂を固定し、糖をはじめとする有機物をつくることができる。この過程は、大きく2つの段階に分けられる。第一段階では、葉緑体のチラコイド膜にある光化学系が光を吸収して、H₂Oから電子を引き抜き、この電子を順次伝達しながら、ストロマからチラコイド内腔へH⁺を運ぶ。電子は最終的に補酵素のNADP⁺に渡され、NADPHが生じる。また、H⁺の運搬によって形成されたH⁺濃度勾配に従い、H⁺がチラコイド内腔からストロマへ流れ込むときに、これと共役してADPからATPが合成される。第二段階では、第一段階で生産されたNADPHとATPを使って、CO₂を固定し糖を合成する一連の反応が進行する。

光合成でつくられた糖からは、様々な有機物が派生する。光合成生物は、こうして得た有機物を体の素材に用いるほか、一部を基質として呼吸を行い、エネルギーをATPの形で取り出していろいろな生命活動に利用する。全体を見ると、光合成生物では、光合成で光のエネルギーを有機物の化学エネルギーに変換し、このエネルギーを呼吸で取り出していることになる。

光合成はCO₂を消費してO₂を発生し、呼吸はO₂を消費してCO₂を発生するため、両者を行う光合成生物では、気体交換はそれぞれの活性を反映した複合的なものとなる。逆に言えば、気体交換の詳しい分析から、光合成と呼吸の動態を推定することができる。

〔文2〕

植物の体は、光合成器官の葉と、それ以外の器官の茎や根からなる。植物は光合成で得た有機物を、これらの器官の構築に振り向けて成長していく。光合成量を増やしてより早く成長するには、葉への物質分配を高め、葉の割合を大きくした方がよいが、周りの植物と光をめぐって競争している環境では、茎を伸ばして

葉を高い位置で展開するために、茎への物質分配も重要である。自立性の植物では、葉の量に応じて茎を太くしなければ葉をしっかりと支えられないので、このことが茎への物質分配の下限を規定し、葉への物質分配を制約している。これに対し、他の植物などを支柱とする「つる植物」では、自分の茎で葉の重量を支えなくてすむので茎を細くでき、その分茎への物質分配の下限が緩和されるとともに、分配される物質当たりの茎の伸長量が増大する。これらの点で、つる植物は早くまた高く成長するのに有利であると言える。

つる植物は、支柱に絡みついたり巻きついたりするために、特別な器官や性質を発達させている。巻きひげは絡みつくための器官の代表例で、様々なつる植物に見られる。巻きひげは、葉または茎が特殊化したものである。巻きひげなどを使わずに、茎全体で支柱に巻きつくようなつる植物も多い。このようなつる植物では、茎の先端が円を描くように動く回旋運動(図2-1)を、支柱の探索に利用している。茎が回旋運動を行いながら成長し、何か支柱になるものに接触すると屈曲して巻きつくのである。巻きひげの形成にせよ、支柱の探索にせよ、相応のコストがかかるはずであるが、進化上何度もつる植物が出現していることは、成長上の有利さがこのコストを上回る場合が多いことを示唆している。

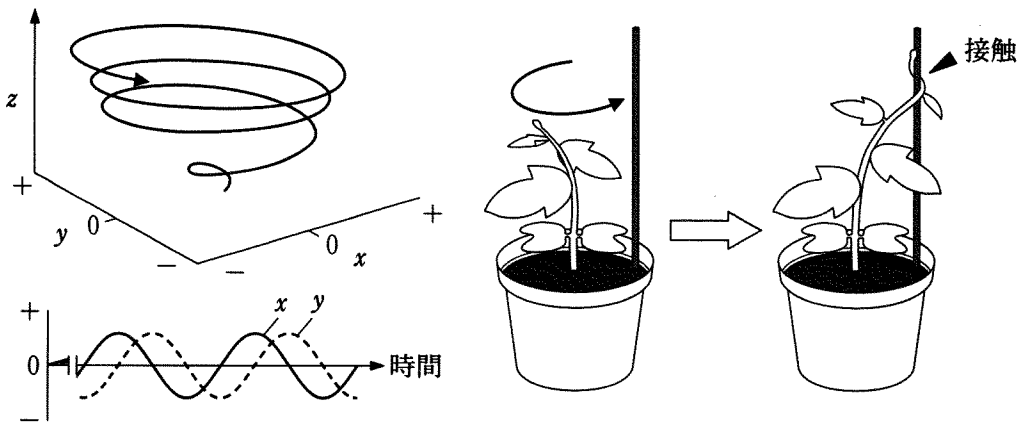


図2-1 つる植物 W の回旋運動と支柱への巻きつき

左上は、 xyz 空間における回旋運動中の茎先端部の軌跡。左下は、茎先端の x 座標と y 座標の変化が示す、水平方向の往復振動パターン。右は、回旋運動をしていた茎が支柱に接触して巻きつく様子。

〔問〕

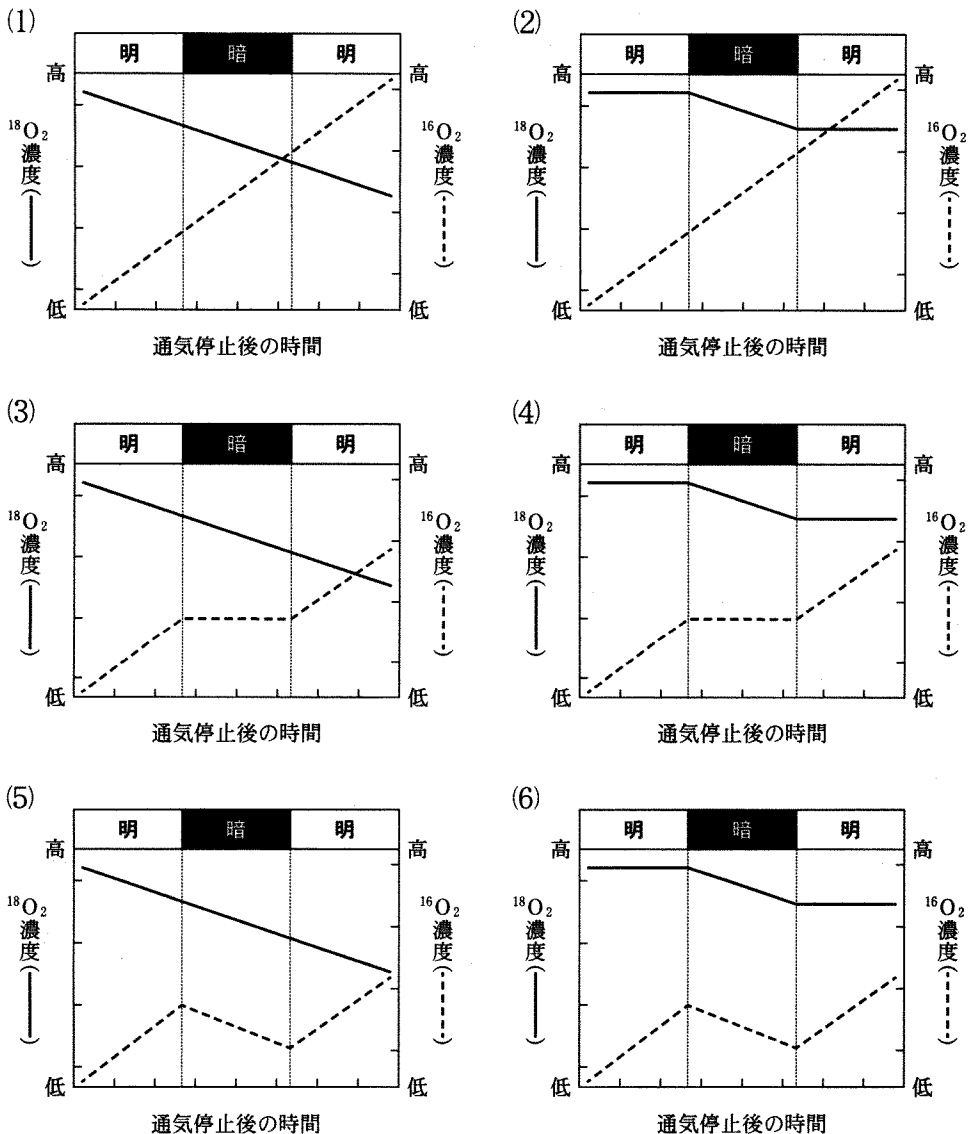
I 文1について、以下の小問に答えよ。

A 下線部(ア)・(イ)のように、光化学系の電子伝達では H_2O からの電子を受けてNADPHが生じるが、自発的な酸化還元反応では逆にNADPHからの電子を受けて H_2O が生じ、エネルギーが放出される。このエネルギーをNADPH 1分子当たり α とする。下線部(ウ)も自発的な反応とは逆であり、自発的にはATPからADPが生じ、エネルギーが放出される。このエネルギーをATP 1分子当たり β とする。通常、光合成では、2分子の H_2O から始まる電子伝達に伴い、3分子程度のATPが合成される。下線部(エ)では、1分子のグルコースの合成に相当する反応に、12分子のNADPHと18分子のATPが使われる。下線部(オ)では、1分子のグルコースを基質とする呼吸により、最大38分子のATPが合成される。これらを踏まえると、1分子のグルコースの合成に相当する光合成では、光化学系に吸収された光のエネルギーと α 、 β について、どのような大小関係が考えられるか。以下の(1)~(10)から、もっとも適切なものを選べ。

- (1) 光エネルギー $< 12\alpha + 18\beta < 38\beta$
- (2) 光エネルギー $< 38\beta < 12\alpha + 18\beta$
- (3) $12\alpha + 18\beta < \text{光エネルギー} < 38\beta$
- (4) $38\beta < \text{光エネルギー} < 12\alpha + 18\beta$
- (5) $12\alpha + 18\beta < 38\beta < \text{光エネルギー}$
- (6) $38\beta < 12\alpha + 18\beta < \text{光エネルギー}$
- (7) $18\beta < \text{光エネルギー} < 12\alpha < 38\beta$
- (8) $18\beta < \text{光エネルギー} < 38\beta < 12\alpha$
- (9) $12\alpha < 18\beta < \text{光エネルギー} < 38\beta$
- (10) $18\beta < 12\alpha < \text{光エネルギー} < 38\beta$

B 下線部(カ)について。光合成と呼吸の活性を同時に調べるための実験として、単細胞緑藻の培養液に $^{18}\text{O}_2$ を通気し、通気を止めた後に、光条件を短時間に明→暗→明と切り替えながら、培養液中の $^{18}\text{O}_2$ 濃度と $^{16}\text{O}_2$ 濃度の変化を測定することを考える。測定開始時点では与えた $^{18}\text{O}_2$ 以外に ^{18}O を含む物質は培養液中に存在しないとされたとき、 $^{18}\text{O}_2$ 濃度と $^{16}\text{O}_2$ 濃度はどう変化すると推測されるか。以下の(1)~(6)から、もっとも適切なものを選べ。

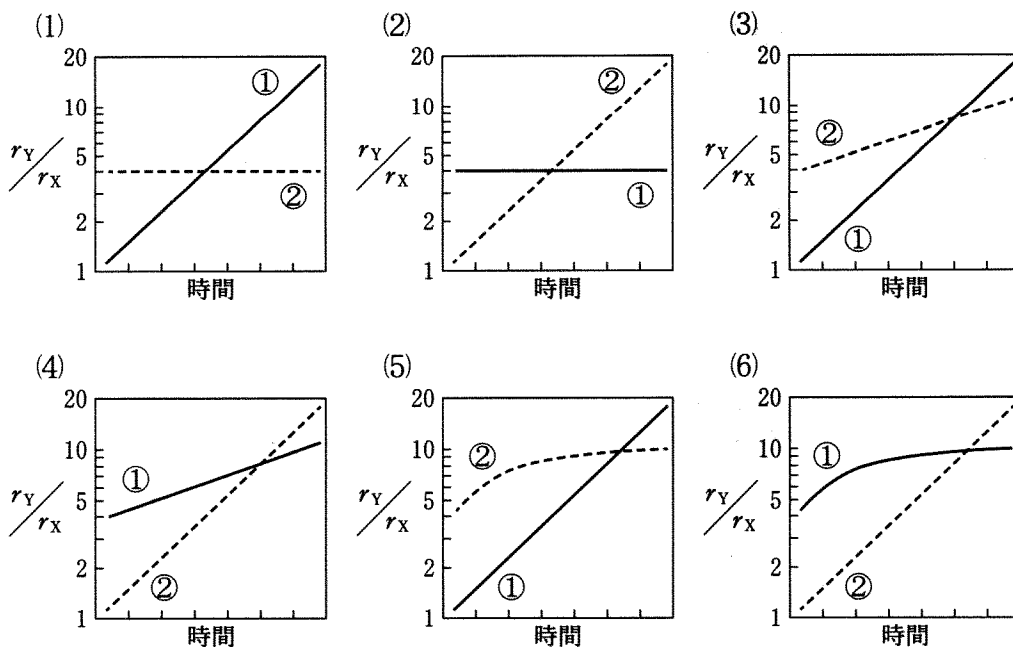
(注) ^{16}O と ^{18}O は酸素原子の安定同位体。天然ではほとんどが ^{16}O 。



II 文2について、以下の小問に答えよ。

A 下線部(キ)について。茎の伸長は、光などの様々な環境要因や、体内の植物ホルモンの調節されている。茎の伸長の抑制にはたらく光受容体を1つ、茎の伸長を促進させる作用をもつ植物ホルモンを2つ答えよ。

B 下線部(ク)について。植物個体が光合成で有機物を生産する速度は、その時点で個体をもつ葉の量に比例し、生産した有機物は、葉とそれ以外の器官に一定の割合で分配されて、各器官の成長に使われるものとする。今、茎の長さ・重量比(長さ/重量)が1の自立性植物Xと、茎の長さ・重量比が4のつる植物Yを想定し、Yの成長戦略として、茎への物質分配をXの1/4に減らして、葉への物質分配をXの2倍にする場合(戦略①)と、各器官への物質分配をXと同じにする場合(戦略②)の2通りを考える。XとYの茎の伸長速度をそれぞれ r_x 、 r_y としたとき、2つの戦略(①と②)で r_y/r_x の変化パターンはどのようになるか。戦略①を実線、戦略②を破線で表したグラフとしてもっとも適切なものを、以下の(1)~(6)から選べ。



C 下線部(ケ)・(サ)について。巻きひげで支柱に絡みつく植物と、巻きひげをもたず茎全体で支柱に巻きつく植物の例を、それぞれ1種ずつあげよ。ただし、種名は、標準的な和名のカタカナ表記とすること。解答例：巻きひげ—〇〇，茎全体—△△

D 下線部(コ)について。下の図(図2—2)は、植物Zの巻きひげの外観と横断面を示している。Zの巻きひげは茎が特殊化したものなのか、葉が特殊化したものなのか。この図から判断し、根拠とともに3行程度で述べよ。

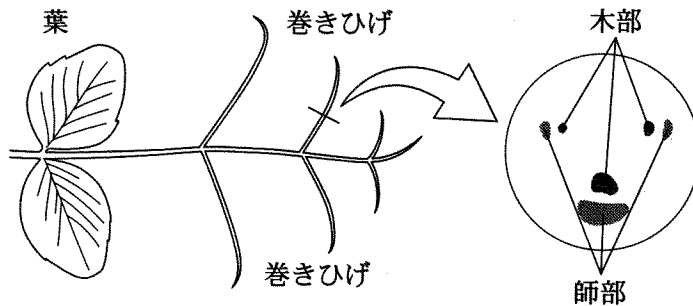


図2—2 植物Zの巻きひげ

左は巻きひげとその周辺部の外観(葉の表側から見たもの)。右は巻きひげ横断面の拡大図(左の図の紙面手前側が横断面の上側になるように示している)。

E 下線部(シ)について。最近の研究から、回旋運動に重力屈性が関与することがわかってきている。有力な仮説では、重力屈性は図2—1左下に示すような往復振動を生み、その結果回旋運動が起きるとされる。しかし、茎の重力屈性の基本を、「茎は重力に対して鉛直上方向に向かおうとする一定の強さの負の重力屈性を示し、重力と茎がなす角度を伸長域で感知し、ずれがわずかでもあるとすみやかに屈曲する」こととすると、この基本通りでは往復振動は生じない。どの点がどのように異なっていたら、往復振動が生じると考えられるか。以下の(1)~(5)から、もっとも適切なものを選びよ。

- (1) aの点が異なり、鉛直斜め上方向に向かおうとする。
- (2) bの点が異なり、強さに周期的な変動がある。
- (3) cの点が異なり、茎の先端だけが感知する。
- (4) dの点が異なり、ずれが十分に大きくなないと反応しない。
- (5) eの点が異なり、応答に時間的遅れがある。

F 下線部(ス)について。植物の屈曲反応には、屈曲の方向が刺激の方向に依存する屈性と、依存しない傾性がある。つる植物の茎が支柱に巻きつくときの屈曲反応は、接触屈性のように見えるが、接触傾性の可能性も考えられる。接触傾性である場合、茎の屈曲が支柱に巻きつく方向に起きるのはどのように説明できるか、2行程度で述べよ。

G 下線部(セ)について。下の図(図2-3)は、植物のあるグループについて、DNAの塩基配列情報に基づいて作られた系統樹と、つるに関する形質をまとめたものである。このグループの祖先となった植物はつる性ではなかったとして、グループ内の進化における形質変化の回数を最少とするには、形質の変化がどのように起きたと考えたらよいか。たとえば、「aとbでつる性の獲得が起き、cとdでつる性の喪失が起きた。」というように、図中の記号a~kを使って答えよ。なお、形質変化の回数が最少となる形質変化の起き方が複数ある場合は、それら全てを答えること。

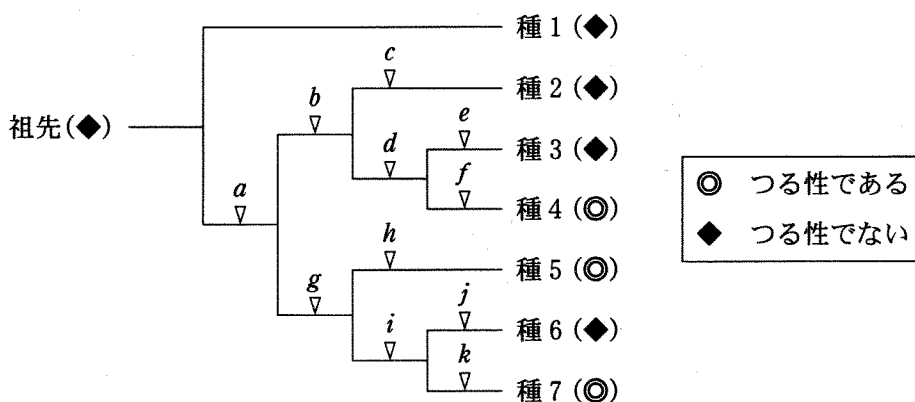


図2-3 植物のあるグループ(種1~種7)の系統樹とつるに関する形質

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第3問

次の文1と文2を読み、IとIIの各問に答えよ。

〔文1〕

生物が様々な異なる環境へ適応して、共通の祖先から数多くの種に多様化することを という。相互作用している複数種の生物が、互いに影響を与えながら進化することを という。動物における種間の相互作用としては、行動を介した交渉による直接的相互作用や、同じ餌を利用することで一方の種が他方の種に間接的な影響を与えるものなどがある。生物群集において、ある種が占める生息場所、出現時期や活動時間、餌の種類などの生息条件を という。食性が共通するなど、 が近い種間では激しい種間競争が生じ、一方の種がもう一方の種を駆逐する が起こる事がある。しかし、ある食性の動物にとって、同じ食性の他種の存在が有利にはたらく間接的な相互作用も存在することが明らかになってきた。

〔文2〕

アフリカのタンガニイカ湖に生息する魚類には、他魚種の鱗^{うろこ}を主食とする種がいる。鱗を食べる魚は、鱗を食べられる魚の後方から忍び寄り、体側から襲いかかって鱗を一度に数枚はぎ取る。魚種AとBはどちらも魚種Cを襲って鱗を食べるが、2種の襲い方は大きく異なる。どちらの種もゆっくり泳ぎながら探索し、種Cを見つけると、種Aは底沿いに忍び寄り、遠くから突進する。種Bはあたかも無害な藻食魚のような泳ぎ方で種Cに近寄り、至近距離からいきなり襲いかかる。種Cは、種AまたはBの接近を常に警戒しているため、種AやBが単独で襲いかかった場合の鱗はぎ取りの成功率は20%程度である。ところが^(ア)種AおよびBの採餌成功率は、状況に応じて異なった(図3-1)。

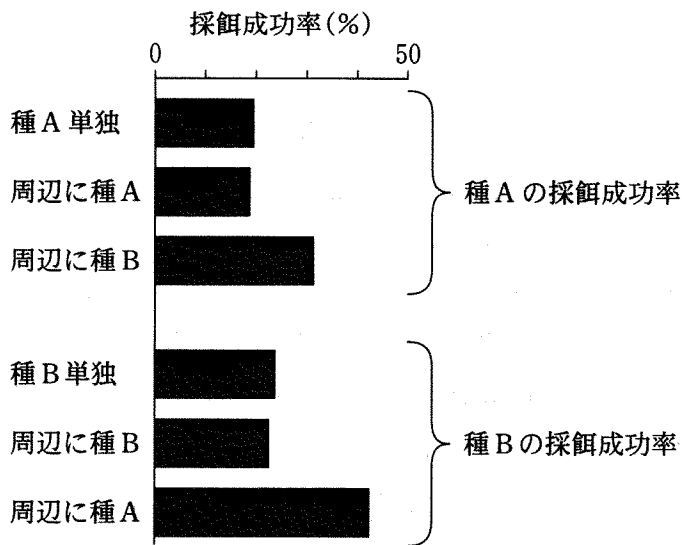


図 3—1 鱗を食べる種 A と B が種 C から鱗をはぎ取ることに成功した割合
 単独で襲いかかった場合、種 C の周辺に同種もしくは別種がいた場
 合で比較した。

種 A や B の口を観察すると、魚の口は右や左に大きく曲がっていた(図 3—
 2)。口が右に曲がった個体の胃袋からは、種 C の左の体側からはぎ取った鱗の
 みが出現し、口が左に曲がった個体からは右の体側からはぎ取った鱗のみが出現
 した。つまり、個体ごとに口の曲がりに応じて食べやすい体側からのみ鱗をはぎ
 取っているのである。

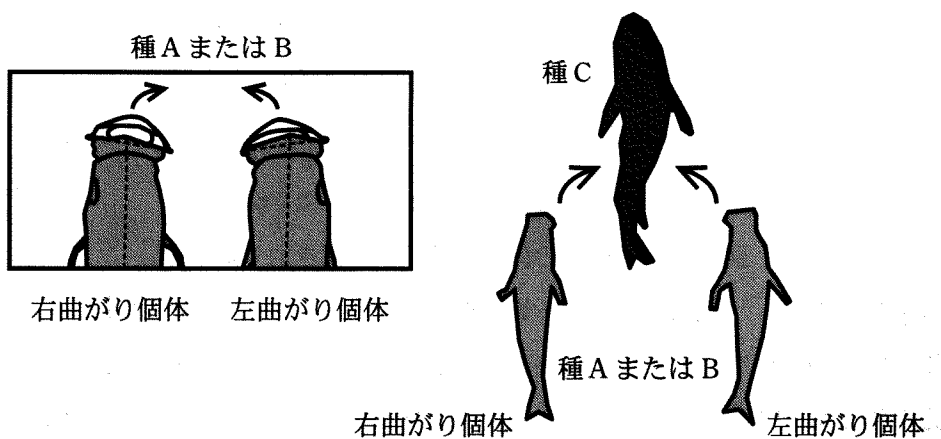


図 3—2 口が右や左に曲がった個体とそれぞれの鱗はぎ取り方法を上から見た図

種 A および B において、口が左に曲がった親どうしの組み合わせから生まれた子は、すべて口が左に曲がった個体となった。口が右に曲がった個体どうし、あるいは右に曲がった個体と左に曲がった個体を親とする子の口の曲がる向きを調べたところ、単一の遺伝子座にある対立遺伝子に支配される左曲がり劣性のメンデル遺伝を⁽¹⁾すると考えられた。

個体群中で口が左に曲がった個体と右に曲がった個体がどのような比率で存在するのかを調べるため、種 A と C のみが生息する場所で種 A を十数年間調べたところ、口が左に曲がる個体の割合は 40 から 60 % の間を 4 ~ 5 年の周期で変動し、平均はほぼ 50 % となった。

鱗をはぎ取られた種 C の体にはしばらくの間痕跡が残るため、どちら側の体側から鱗をはぎ取られたかを調べることができる。種 A と C のみが生息する場所⁽²⁾で、種 C に残る痕跡を、右と左それぞれの体側で複数年にわたって数えたところ、年によって結果が異なった(図 3—3)。

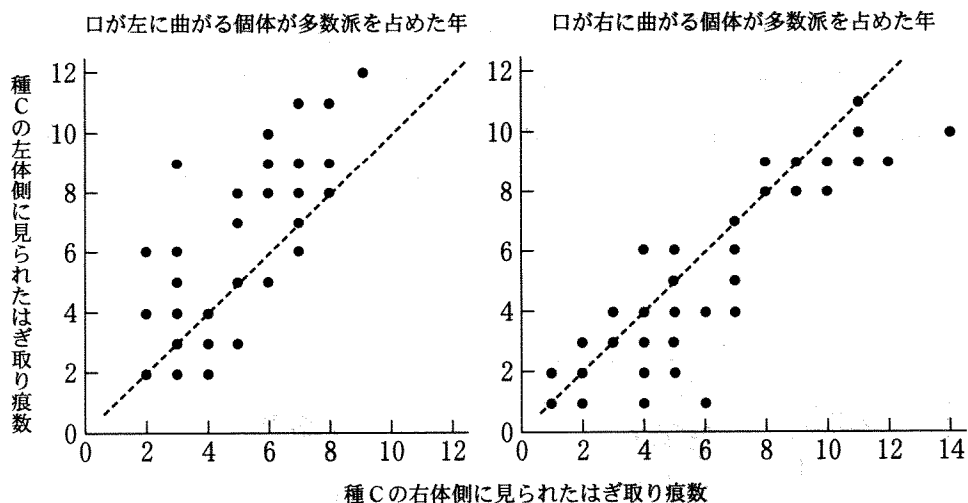


図 3—3 種 C の体側に見られたはぎ取り痕数

口が左に曲がった個体が種 A の多数派を占めた年(左パネル)と右に曲がった個体が種 A の多数派を占めた年(右パネル)を比較した。破線は右体側と左体側に見られるはぎ取り痕数が同じであった場合を示す。1つの点は種 C の 1 個体における値を示す。

〔問〕

I 文1について、以下の小問に答えよ。

A 空欄1～4にあてはまるもっとも適切な語句を、以下の選択肢①～⑬の中から選べ。解答例：1—①, 2—②

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① 最適条件 | ② 共存 | ③ 弱肉強食 |
| ④ 適者生存 | ⑤ 生態的地位 | ⑥ 食物連鎖 |
| ⑦ 競争的排除 | ⑧ 間接効果 | ⑨ 生物多様性 |
| ⑩ 共進化 | ⑪ 適応放散 | ⑫ 収束進化 |
| ⑬ 食物網 | | |

B 2種間の相互作用には、以下の表に記す組み合わせが存在する。2種間の関係を表す語句(1)～(6)それぞれに対応する組み合わせとしてふさわしいものを、表の①～⑤の中から選べ。解答例：(1)—①, (2)—②

- | | | |
|----------|----------|--------|
| (1) 片利共生 | (2) 寄生 | (3) 競争 |
| (4) 中立 | (5) 相利共生 | (6) 捕食 |

		生物2にとって		
		利益	不利益	どちらでもない
生物1にとって	利益	①	②	③
	不利益	②	④	偏害
	どちらでもない	③	偏害	⑤

II 文2について、以下の小問に答えよ。

A 下線部(ア)について。採餌成功率が状況に応じてどのように異なったか、図3—1から読み取れる傾向を2行程度で説明せよ。

B 図3—1のような結果がもたらされた理由を、鱗をはぎ取られる種Cの行動面から2行程度で説明せよ。

C 下線部(イ)がなり立つとして、口が右に曲がった個体どうしが親となる場合、生まれる子の理論上の比率として考えられるものを以下の(1)~(7)からすべて選べ。

- (1) 右曲がり：左曲がり = 1 : 0 (2) 右曲がり：左曲がり = 0 : 1
(3) 右曲がり：左曲がり = 2 : 1 (4) 右曲がり：左曲がり = 1 : 2
(5) 右曲がり：左曲がり = 3 : 1 (6) 右曲がり：左曲がり = 1 : 3
(7) 右曲がり：左曲がり = 1 : 1

D 下線部(ウ)について。図3—3に見られたはぎ取り痕数の左右の偏りがもたらされた理由として正しいものを、以下の(1)~(3)から1つ、(4)~(6)から1つ選べ。

- (1) 種Cはどちらの体側も守るべく防御を左右均等に配分した。
(2) 種Cは種Aの多数派からの襲撃に対する防御に専念した。
(3) 種Cは種Aの少数派からの襲撃に対する防御に専念した。
(4) 種Aの多数派と少数派は同程度の採餌成功率であった。
(5) 種Aの多数派は高い採餌成功率であった。
(6) 種Aの少数派は高い採餌成功率であった。

E 下線部(ウ)について。鱗を食べる魚が配偶相手を選択する際に、口が右に曲がった個体の数が左に曲がった個体の数を大きく上回っている場合は、口が左に曲がった個体はどちらのタイプの個体を選択するのが子の生存に有利となるか答えよ。またその理由を2行程度で答えよ。

F 種 A と C のみが生息する場所では、種 A における口が左に曲がった個体の割合は数年周期の振動を示した。種 A と B と C が生息する場所で、種 A と B における口が左に曲がった個体の割合を十数年間調べたところ、どちらの種においても 50 % を中心とする数年周期の振動を示し、さらにそれらの振動はほぼ同調した。模式的に示すと図 3—4 のようになる。この現象に関する考察として不適切なものを、以下の(1)~(4)から 1 つ選べ。

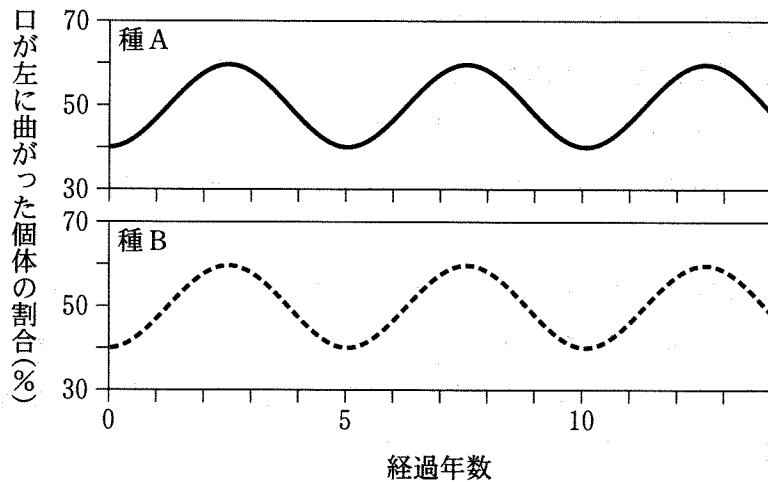


図 3—4 口が左に曲がった個体が種 A および B に占める割合の年変動

- (1) 採餌成功率が高い個体の繁殖成功率は高まるが、その子が鱗を食べるようになるまでの時間が、振動周期に影響を及ぼす。
- (2) 襲い方が異なる種 A と B の共存や、口の曲がりの左右性という種内二型は、種 C の警戒を介した頻度に依存した自然選択によって維持されている。
- (3) 種 A の個体数が種 B よりもはるかに多い場合、種 A における口が左に曲がった個体の割合に応じて、種 C は防御のやり方を変えている。
- (4) 種 A の個体数が種 B よりもはるかに多い場合、種 A における口が左に曲がった個体の割合は、種 B の採餌成功率を左右しない。