

理 科

15:00~17:30

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は 60 ページある。このうち、「物理」は 2～11 ページ、「化学」は 12～28 ページ、「生物」は 29～53 ページ、「地学」は 54～60 ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た 2 科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

| 学部・系・群・学科・専攻<br>科 目 | 総 合 入 試 |         |         |         |         | 学 部 別 入 試 |         |           |          |         |       |         |         |         |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|----------|---------|-------|---------|---------|---------|
|                     | 理 系     |         |         |         |         | 医 学 部     |         |           |          |         | 歯 学 部 | 獣 医 学 部 | 水 産 学 部 |         |
|                     | 数学重点選抜群 | 物理重点選抜群 | 化学重点選抜群 | 生物重点選抜群 | 総合科学選抜群 | 医 学 科     | 保 健 学 科 |           |          |         |       |         |         |         |
|                     |         |         |         |         |         |           | 看護学専攻   | 放射線技術科学専攻 | 検査技術科学専攻 | 理学療法学専攻 |       |         |         | 作業療法学専攻 |
| 物 理                 | ○       | ◎       | ○       | ○       | ○       | ◎         | ○       | ◎         | ○        | ○       | ○     | ○       | ○       | ○       |
| 化 学                 | ○       | ○       | ◎       | ○       | ○       | ○         | ○       | ○         | ◎        | ○       | ○     | ○       | ○       | ○       |
| 生 物                 | ○       | ○       | ○       | ◎       | ○       | ○         | ◎       | ○         | ○        | ○       | ○     | ○       | ○       | ○       |
| 地 学                 | ○       | ○       | ○       | ○       | ○       |           |         |           |          |         |       |         |         | ○       |

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下 2 箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

## 生 物

1 次の文章を読み、問に答えよ。

細菌類や菌類などの微生物は様々な物質を利用して増殖する能力を持っており、特殊な化合物を代謝できる微生物も多い。このため微生物は様々な酵素を生産しており、それらは環境浄化や病気の診断などに利用されている。

ある病気にかかった人では血液中に特殊なアミノ酸 X が増加する。X はそのままでは検出しにくいアミノ酸であるが、ある種の酵素は、X を検出・定量が容易な化合物 Y に変換するため、この病気の診断薬として利用できる。そこで、土壌の微生物を探索したところ、X を Y に変換する酵素(X 変換酵素)を生産する細菌 A と糸状菌(カビ)B を単離することができた。細菌 A が生産する X 変換酵素を酵素 C、カビ B が生産する X 変換酵素を酵素 D とする。

細菌 A、カビ B の菌体を破碎して、酵素を抽出した。その後、X 変換活性を指標に酵素 C、酵素 D を精製してその性質を調べた。酵素 C、酵素 D とも四次構造は取っておらず、1 本のポリペプチド鎖で構成されていた。酵素 C、酵素 D について、X の濃度を変化させて X 変換の反応速度を調べたところ、図 1 に示す関係が得られた<sup>a</sup>。また、酵素 D においては、ある濃度のアミノ酸 Z を反応液に添加すると、X の濃度と反応速度の関係は S 字型の曲線となった(図 1)。

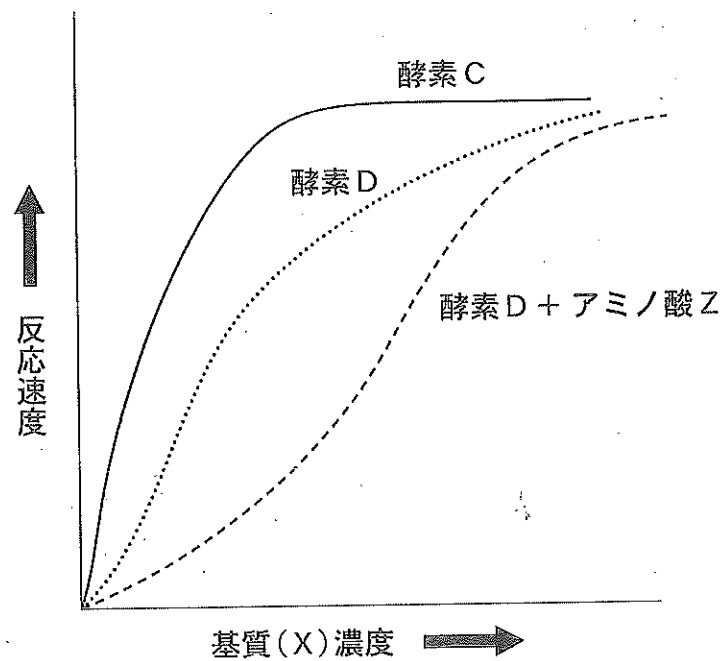


図1 基質濃度と反応速度の関係

酵素Cの溶液を半透性のセロハン膜でできたチューブに入れ、適当な緩衝液中で十分な時間を置くと酵素Cの活性は消失した。この活性を失った酵素Cの溶液に、セロハンチューブの外側の緩衝液を濃縮して添加すると再び活性が検出された。この一連の操作の概要を図2に示す。

b

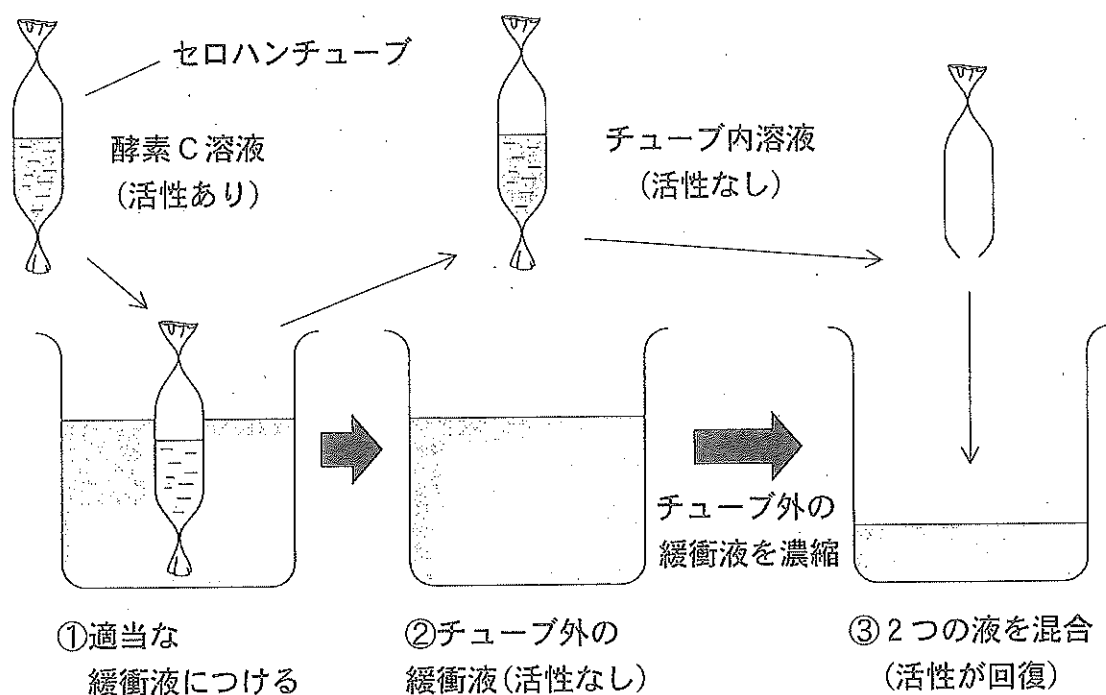


図2 操作の概要

酵素Cのアミノ酸配列に変換されるDNA領域のうち、開始コドンから終止コドン<sup>c</sup>までを含む部分を遺伝子Eとする。この遺伝子Eを単離して、遺伝子組換え技術を利用して大腸菌で酵素Cの生産を試みた。遺伝子Eを含むプラスミドを以下の手順で構築した。なお、今回の実験で使用した3つの制限酵素 *EcoRI*、*MfeI*、*HindIII* の認識配列および切断様式は図3のとおりである。

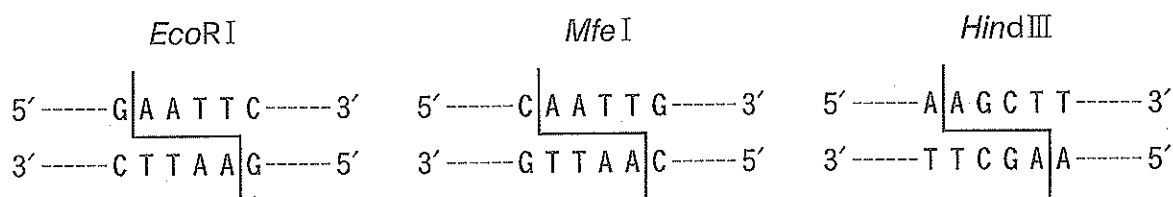


図3 各制限酵素の認識配列と切断様式

【手順1】 遺伝子 E の 5' 末端側に *Eco*RI, 3' 末端側に *Hind*III の認識配列を付加した DNA 断片を合成した(図4)。

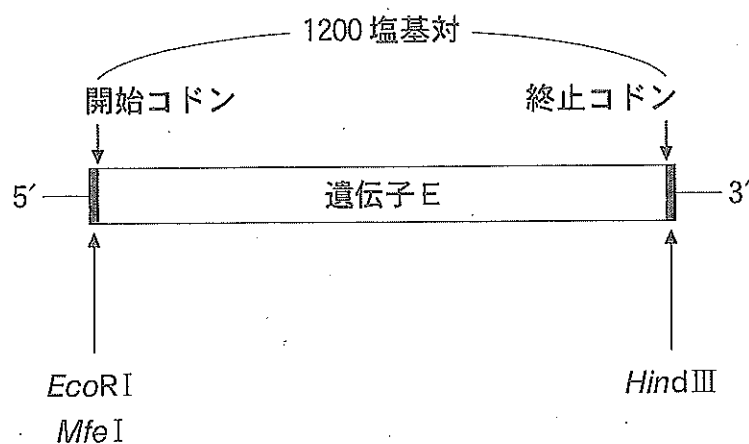


図4 遺伝子 E の構造と人為的に付加された制限酵素の認識配列の位置

【手順2】 大腸菌で機能することが知られているプロモーターと、その下流に *Eco*RI および *Hind*III 切断サイトを持つプラスミド F を用意した。このプラスミドは 3000 塩基対であり, *Eco*RI, *Mfe*I および *Hind*III で 1 箇所ずつ切断される(図5)。

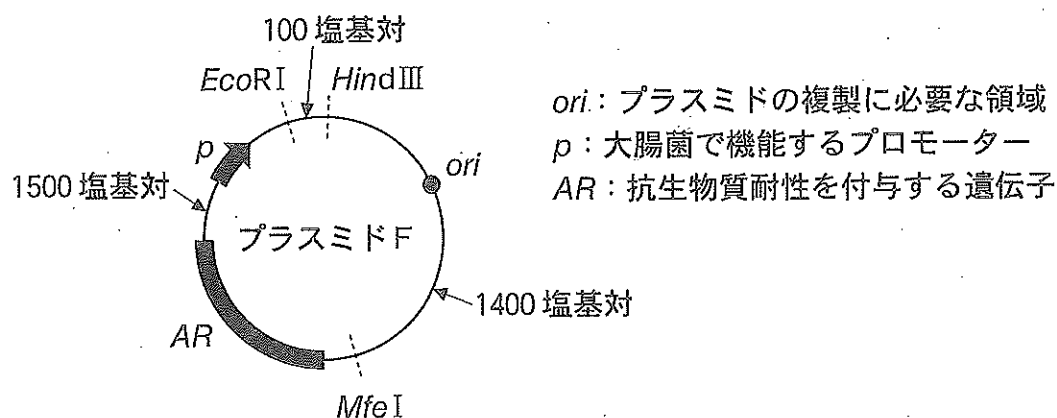


図5 プラスミド F の構造(3つの制限酵素認識配列の位置と切断される3つの断片の長さ)

- 【手順3】 遺伝子E、プラスミドFをそれぞれ *EcoRI* と *HindIII* の両者で処理し、処理後のDNA断片の長さを確認したところ、遺伝子Eからは500塩基対と700塩基対の2つのDNA断片、プラスミドFからは100塩基対と2900塩基対の2つのDNA断片が検出された。このことから、*EcoRI* と *HindIII* を用いる方法では適切なプラスミドを構築できないことがわかった。<sup>d</sup>
- 【手順4】 遺伝子Eの5'末端側に付加する配列を別の制限酵素 *MfeI* に変更した。このDNA断片を *MfeI* と *HindIII* で処理したところ、1200塩基対のDNA断片1つだけが確認された。
- 【手順5】 遺伝子Eを *MfeI* と *HindIII* で処理したDNA断片とプラスミドFを *EcoRI* と *HindIII* で処理したDNA断片を混合し、DNA断片同士を結合する働きのある酵素で2つのDNA断片を連結した。
- 【手順6】 上記の操作で作製したプラスミドを大腸菌に導入し、適切な抗生物質を含む寒天培地で一晚培養した。<sup>e f</sup>
- 【手順7】 得られた大腸菌を培養し、そこに含まれているプラスミドを解析し、遺伝子Eが1つ挿入されたプラスミドを持つ大腸菌を選抜した。
- 【手順8】<sup>g</sup> 手順7で得られた大腸菌を培養し、生産された酵素Cについて、その性質を調べた。
- 【手順9】 酵素Cの性質を改良する目的でプラスミド上の遺伝子Eの塩基配列を変化させ、変異型酵素Cの生産を試みた。<sup>h</sup>

問1 下線部aについて、

- (1) 酵素Cと酵素DではどちらがXと結合しやすいといえるか、答えよ。
- (2) アミノ酸Zは酵素Dの活性部位と異なる場所に結合すると考えられる。このような性質の酵素を何と呼ぶか、答えよ。

問 2 下線部bについて,

- (1) 図2の①に示した操作の名称を漢字で答えよ。
- (2) 一連の操作から酵素Cの性質として分かることについて、(A)~(D)から適切なものを1つ選び、記号で答えよ。
  - (A) 酵素Cはタンパク質と分子量の小さい物質から構成されている。
  - (B) 酵素Cは2種類のタンパク質から構成されている。
  - (C) 酵素Cは熱に対して安定である。
  - (D) 酵素Cを構成するタンパク質はセロハン膜を通過できる。

問 3 血液中のXを検出するための酵素にはどのような性質が求められるか。

正しいと考えられるものを(A)~(F)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 検出のための反応が終了した後は、酵素がすみやかに失活するほうが良い。
- (B) 微量のXでも検出できるよう、Xの濃度が低くても高い反応速度を示す性質が必要である。
- (C) X以外のアミノ酸も検出できるよう、さまざまなアミノ酸に反応する広い基質特異性をもつことが必要である。
- (D) 検出のための反応を高温で行えるよう、最適温度は高い方がよい。
- (E) 血液中にはX以外にも多様な物質が存在しているので、X以外の物質に反応が影響されない性質が必要である。
- (F) 病院の検査室などで保管されるため、長期の保存に耐える高い安定性が求められる。

問 4 下線部 c について、酵素 C のアミノ酸配列を指定する遺伝子 E の長さは 1200 塩基対である。では、カビ B のゲノム上に存在する酵素 D の遺伝子において、開始コドンから終止コドンまでを含む DNA 領域の長さを推察した場合、(A)~(D)のうちのどれがもっとも適切と考えられるか、1 つ選び記号で答えよ。ただし、酵素 C と酵素 D を構成するアミノ酸配列は同じとする。

- (A) 1200 塩基対である。
- (B) 1200 塩基対、またはそれよりも長い。
- (C) 1200 塩基対、またはそれよりも短い。
- (D) 一概に言えない。

問 5 下線部 d について、なぜ *Eco*RI と *Hind*III の組み合わせでは適切なプラスミドを構築できないのか、30 字以内(句読点を含む)で理由を述べよ。

問 6 下線部 e について、遺伝子 E が挿入されたプラスミドが大腸菌に導入される確率(形質転換効率)を 0.025 とする。 $10^6$  個の大腸菌をこのプラスミドを用いて形質転換し、その溶液の 1 % を採取し、抗生物質を含む寒天培地に塗布して培養すると、何個のコロニーが出現すると期待できるか。

問 7 下線部 f について、なぜ抗生物質を添加する必要があるのか、30 字以内(句読点を含む)で答えよ。

問 8 下線部 g について,

- (1) この遺伝子 E が挿入されたプラスミドを *Eco*RI と *Hind*III の両者で処理すると、どのような DNA 断片が得られるか。想定可能なものを(A)~(E)からすべて選び、記号で答えよ。
- (A) 500 塩基対, 3600 塩基対
  - (B) 500 塩基対, 700 塩基対, 2900 塩基対
  - (C) 4100 塩基対
  - (D) 700 塩基対, 3400 塩基対
  - (E) 700 塩基対, 1400 塩基対, 2000 塩基対
- (2) 同様に遺伝子 E が挿入されたプラスミドを *Mfe*I と *Hind*III の両者で処理すると、どのような長さの DNA 断片が得られるか。得られるすべての DNA 断片の長さを答えよ。

問 9 下線部 h について, 酵素 C の活性を向上させる目的で, 酵素 C のアミノ酸配列に変異を導入したい。その説明として適切なものを(A)~(E)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) プラスミド上の遺伝子 E の塩基配列を適切に変化させれば, 大腸菌で生産される酵素 C のアミノ酸配列を変化させることができる。
- (B) 細菌 A と大腸菌では使用されるコドンが違うので, 人為的に酵素 C のアミノ酸配列を変化させることはできない。
- (C) 酵素 C のアミノ酸配列を変化させても, 基質特異性が変化することはない。
- (D) 酵素 C のアミノ酸配列を変化させることで, 酵素の活性や安定性を変化させることができる場合がある。
- (E) 酵素は天然のものが最も活性が高く, 人為的にそれ以上の高い酵素活性を持つものを作り出すことはできない。

2

次のⅠ、Ⅱの文章を読み、それぞれの問に答えよ。

Ⅰ ヒトにおいて、大脳を介さずに無意識に素早い反応を行うしくみを反射という。ヒトの前庭動眼反射では、不意に頭が水平方向に回転させられた時、内耳の感覚器の1つである (ア) の内部のリンパ液に動きが生じ、 (ア) の基部にある感覚細胞が刺激されて回転が感知される。前庭感覚器(ここでは (ア) 基部の感覚器も前庭感覚器と呼ぶ)で受容された情報は脳幹のニューロン回路を介して眼球を回転させる眼筋に伝達され、視線の方向のずれを打ち消し、網膜に映った像を安定させるような眼球運動を引き起こす。図1にその回路を模式的に示す。図の上部の太い矢印は頭の回転を、その下の細い矢印は眼球の回転を表す。外直筋が興奮すると眼球は側方(耳側)に回転し、内直筋が興奮すると眼球はその逆方向(鼻側)に回転する。ニューロンの細胞体から延びる軸索の末端は、別のニューロンや眼筋とシナプスを形成して接続し、信号を伝達する。また興奮性ニューロンとは接続先のニューロンの活動を増加させるニューロンであり、抑制性ニューロンとは接続先のニューロンの活動を打ち消して減少させるニューロンである。

このニューロン回路を見て、前庭感覚器(以下、「感覚器」と略す)から、前庭核、外転神経核、動眼神経核を経て眼筋へと信号が伝達される際の各ニューロンの活動について考えてみよう。頭が右方向(水平面上で時計回り)に回転させられた場合、右側の感覚器の活動は増加し、左側の感覚器の活動は減少する。すると、その活動変化により右側の前庭核に細胞体があるニューロンの活動は増加し、左側の前庭核に細胞体があるニューロンの活動は減少する。また、右側の外転神経核に細胞体があるニューロンの活動は (イ) し、左側の外転神経核に細胞体があるニューロンの活動は (ウ) する。さらに右側の動眼神経核に細胞体があるニューロンの活動は (エ) し、左側の動眼神経核に細胞体があるニューロンの活動は (オ) する。それによって起こる眼球の回転は、右の眼球は (カ) 方向、左の眼球は (キ) 方向である。

また外界の像が大きく動く時、例えば、電車の車窓から景色を眺めている時には、流れていく風景を追うための眼球運動(緩徐相)と、それをリセットする

ための緩徐相とは逆向きの眼球運動(急速相)が繰り返される。この視覚性の眼球運動も、網膜に映った像を安定させるための反射であり、前庭動眼反射とともに姿勢保持に重要な役割を演じている。景色が左から右に流れる時、眼球運動の緩徐相では、右側の外転神経核に細胞体があるニューロンの活動は (ク) し、左側の外転神経核に細胞体があるニューロンの活動は (ケ) する。

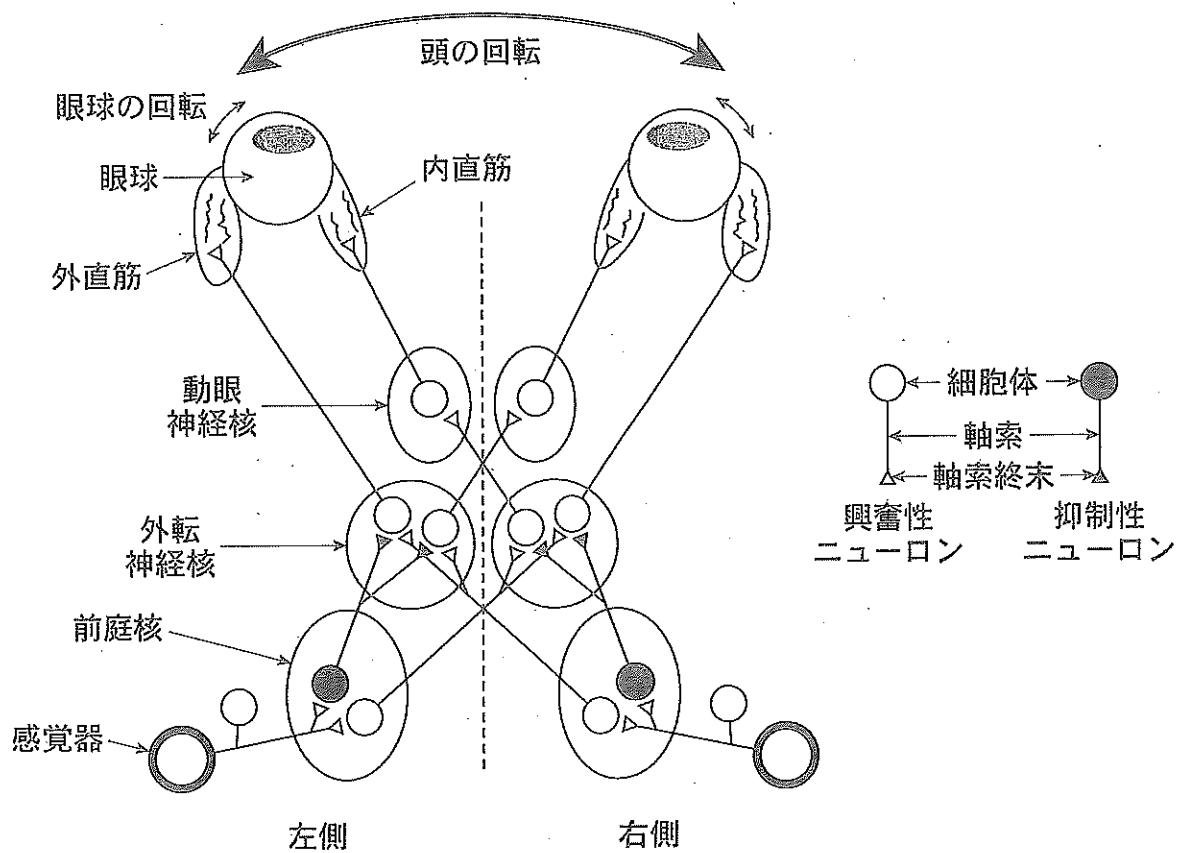


図1 前庭動眼反射系の模式図。左右の前庭感覚器から左右の眼球の眼筋までの信号伝達経路を示す。

問 1 文章中の (ア) ～ (ケ) に適切な語句を入れよ。

問 2 体を素早く回転させて急に止まると、その後数秒間ほど像が動いているように感じる。その理由として最も適切と考えられるものを(A)～(D)から1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 急に止まっても慣性のために眼球が動き続けるため。
- (B) 急に止まっても慣性のために内耳の感覚器のリンパ液が動き続けるため。
- (C) 一般に筋肉には一旦活動を始めるとすぐには活動を停止しない性質があるため。
- (D) 一般にニューロンには一旦活動を始めるとすぐには活動を停止しない性質があるため。

問 3 何らかの疾患により、左側の前庭核に細胞体があるニューロンが、感覚器からの刺激がなくても突然短時間だけ興奮するものとする。どのような症状が予想されるか、もっとも適切と思われるものを(A)～(D)から1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 突然短時間だけ像が右方向に動くと感じられる。
- (B) 突然短時間だけ像が左方向に動くと感じられる。
- (C) 突然短時間だけ像が左右に揺れ動くと感じられる。
- (D) 像の変化は感じられない。

II 食べることは私たちの行為の中で最も重要なものの1つである。ヒトなど哺乳類の摂食行動の制御には、大脳や間脳をはじめとする脳の様々な領域が関わり、またすい臓や脂肪組織から分泌されるホルモンなども関わる。私たちの食事の量は、神経系や内分泌系による制御によって [ニ] に釣り合う水準に精密に調節され、その結果、体へのエネルギーの蓄えすなわち体脂肪量は一定の水準に保たれる。ところが、現代においてはその制御のしくみは乱れやすく、食べ過ぎによる肥満やそれに伴う疾患は社会問題となっている。ヒトの摂食行動を制御する要因について考えてみよう。

食物の匂いや味は私たちの摂食行動を促す大きな要因の1つである。匂いは嗅上皮の嗅細胞により、味は味蕾の味細胞により受容され、その情報は最終的に [サ] に伝えられ、感覚として成立する。食べ物が口に入ると口腔内に唾液が分泌されるが、好きな食べ物が食卓の上にあるのを見ただけでも唾液が出ることもある。これを [シ] と呼ぶ。[サ] は摂食行動の意思決定を行う領域でもある。おいしい食べ物やその刺激に満ちた現代の環境では、私たちは必要以上に食べ過ぎてしまうことになりがちである。

摂食行動を制御するのは空腹感や満腹感であるが、それら内部感覚を生み出すのは間脳の [ス] である。この領域には摂食中枢と呼ばれる領域と満腹中枢と呼ばれる領域があり、2つの領域の拮抗的な働きにより摂食行動が制御される。例えば餌を食べているラットの摂食中枢のニューロンを電気刺激すると、ラットはいつまでも餌を食べ続け、逆に満腹中枢のニューロンを電気刺激すると、ラットは直ちに餌を食べるのをやめる。

[ス] の神経活動は、血糖濃度(血中グルコース濃度)や脂肪代謝の体内情報などによって制御される。例えば、[ス] には血糖濃度の変化に感受性があるニューロンがあり、その活動変化により、血糖濃度の上昇は満腹感を、血糖濃度の低下は空腹感をもたらす。

[ス] のニューロンが食事による血糖濃度の上昇を感知すると、その情報は [セ] を通してすい臓のランゲルハンス島のB細胞に伝えられ、[ソ] が分泌される。このホルモンは、肝臓でグルコースから [タ] への合成を促進し、また脂肪細胞における脂質の合成を促進し、血糖濃度を下げる。空腹時の血糖濃度の低下も同様に [ス] のニューロンにより検知さ

れ、その情報は  を通してすい臓のランゲルハンス島の A 細胞に伝えられ、 が分泌される。このホルモンは、肝臓における  の分解を促進し、血糖濃度を元の水準に戻す。このように体内のある変化の結果がその変化を打ち消すように働くことを  と呼び、それによって体内環境を一定に保つしくみを  と呼ぶ。

血糖濃度の  は動物にとって致命的であるため、それを防ぐしくみが二重三重に働いている。他方、血糖濃度の  は直ちには生死に関わる結果をもたらさないで、それを防ぐしくみはあまり強力ではない。

脂肪が蓄積した脂肪細胞から分泌されるレプチンと呼ばれるホルモンは、 に作用して摂食量の抑制を引き起こす。レプチン生合成に関わる *ob* 遺伝子が働かないマウスでは、著しい肥満が生じる。そのマウスにレプチンを毎日注射すると、肥満が防止された。そこでヒトにおいてもレプチンが肥満症の予防・改善に役立つのではないかと期待されている。しかし肥満症患者の多くは血中レプチン濃度が高く、またレプチン受容体の感受性が低下しており、レプチンを投与しても期待されるほどには摂食は抑制されない。肥満症の  
b 治療のためには研究の積み重ねが必要である。

問 4  ~  に適切な語句を入れよ。

問 5  と  に上昇または低下のいずれかの語を入れよ。

問 6 ホルモンは血中に放出されて全身を巡るが、標的細胞だけに作用する。  
その理由を 30 字以内(句読点を含む)で答えよ。

問 7 下線部 b に最もよく合致すると考えられる研究を(A)~(D)から 1 つ選び、  
記号で答えよ。

- (A) 脂肪細胞における脂肪蓄積量とレプチン放出量との関係を調べる研究
- (B) レプチン受容体の感受性が変化するしくみを調べる研究
- (C) 間脳のどの領域にレプチン受容体があるかを調べる研究
- (D) 血中に投与したレプチンが時間とともに分解される過程について調べる研究

問 8 本文章を踏まえ、摂食行動の制御において大脳と間脳がそれぞれどのような役割を果たすか、(A)~(D)からもっとも適切と思われるものを1つ選び、記号で答えよ。

- (A) 間脳は摂食行動の制御に決定的な役割を果たす。大脳が摂食行動の制御に果たす役割はそれに比べて小さい。
- (B) 間脳は体内情報を統合し摂食行動を制御する。大脳は間脳の働きを調節することを通して、摂食行動の最終的な意思決定を行う。
- (C) 大脳は摂食行動の開始や終了の最終的な意思決定をする。間脳は体内情報に基づき空腹感や満腹感をもたらす、大脳での意思決定を支える。
- (D) 大脳と間脳はそれぞれ摂食行動の制御に関わるが、脊髄も摂食行動の制御に大きな役割を果たす。

問 9 現代社会において食べ過ぎや肥満の防止が難しいことを説明する進化的な理由として(A)~(D)からもっとも適切と思われるものを1つ選び、記号で答えよ。

- (A) ヒトの進化に伴い、摂食を調節するしくみが次第に退化してきたためと考えられる。
- (B) ヒトの進化に伴い、摂食を調節するしくみが高度に発達しすぎたためと考えられる。
- (C) ヒトの進化に伴い、肥満個体の方が、標準的な体重の個体よりも生存上有利になってきたためと考えられる。
- (D) ヒトは規則的に食事を取れない環境で進化してきたため、摂食を促すしくみに比べて摂食を止めるしくみが発達してこなかったためと考えられる。

3

次の I, II の文章を読み、それぞれの問に答えよ。

I 植物の花の形や色には大きな多様性があり、観賞の対象にもなる。被子植物の花は、がく片、花弁、おしべ、めしべの4種類の花器官で構成されている。これらの花器官ができる仕組みは、ABCモデルで説明することができる。

おしべの葯の中では、<sup>a</sup> (ア) が減数分裂を行い、花粉四分子を経て花粉が形成される。花粉には、雄原細胞と花粉管核が含まれ、雄原細胞は体細胞分裂によって2個の精細胞となる。精細胞ができるタイミングは植物種によって異なり、成熟した花粉内で精細胞ができる植物種と、花粉管を伸長させた後に精細胞ができる植物種がある。

めしべでは、子房内の胚珠で、(イ) を起源に減数分裂が行われ、4個の細胞が生じるが3個は退化し、1個の胚のう細胞が生じる。胚のう細胞内において、核の分裂が3回生じて8個の核を持つ胚のうが形成される。胚のうは、1個の卵細胞と2個の (ウ) 、1個の中央細胞と3個の (エ) から構成される。中央細胞は、2個の極核を内包している。

柱頭上に付着した花粉は、花粉管を伸長させ、胚のうに到達した後に2個の<sup>b</sup>精細胞を放出し、1個は卵細胞と受精して受精卵となり、もう1つの精細胞は中央細胞で極核と融合し胚乳核となる。受精卵は胚に、受精した中央細胞は胚乳になり、成熟した種子は、胚珠の細胞に由来する種皮と、卵細胞と精細胞の<sup>c</sup>融合産物である胚と、中央細胞と精細胞に由来する胚乳によって構成される。

植物の生殖のメカニズムは、種分化にも大きく関わっている。ある植物の集団が (オ) 隔離により複数の集団に分かれ、これらの間で遺伝的交流がなくなると、隔離された集団内に遺伝的変化が蓄積され、異なる集団の個体間で交配しても種子ができなくなる。これを生殖的隔離という。また、染色体レベルでの突然変異により短期間に種分化が起きることがある。例えば、二倍体の<sup>d</sup>染色体数が倍数化した四倍体が生じ、二倍体と交雑して不稔の雑種が生じることがある。さらに、不稔の雑種は染色体の倍数化によって稔性を回復することもあり、これらが種の多様性に大きく影響している。

問 1 ア ~ オ に入る適切な語句を答えよ。

問 2 下線部 a に関連して、おしべとめしべができるのに必要な遺伝子の組み合わせとして適切なものを(A)~(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) おしべ：A クラスの遺伝子，めしべ：B と C クラスの遺伝子
- (B) おしべ：A と B クラスの遺伝子，めしべ：C クラスの遺伝子
- (C) おしべ：A クラスの遺伝子，めしべ：C クラスの遺伝子
- (D) おしべ：B クラスの遺伝子，めしべ：B と C クラスの遺伝子
- (E) おしべ：B と C クラスの遺伝子，めしべ：C クラスの遺伝子

問 3 下線部 b に関連して、花粉管伸長過程における核の DNA 量の変化を解析するために、植物 A の花粉を花粉発芽培地で培養した。植物 A では、花粉管を伸長させた後に精細胞ができることがわかっている。培養開始から 30 分程度で花粉は発芽し、花粉管の伸長が観察された。培養開始から 1 時間後と 18 時間後に花粉管を緩衝液に移してカミソリで花粉管を刻み、フィルターで核だけを取り出す。その後、核の DNA 量を測定する装置で解析した。図 1 にこの実験の概要を示した。これによって得られたデータに関する以下の(1)~(3)の問に答えよ。

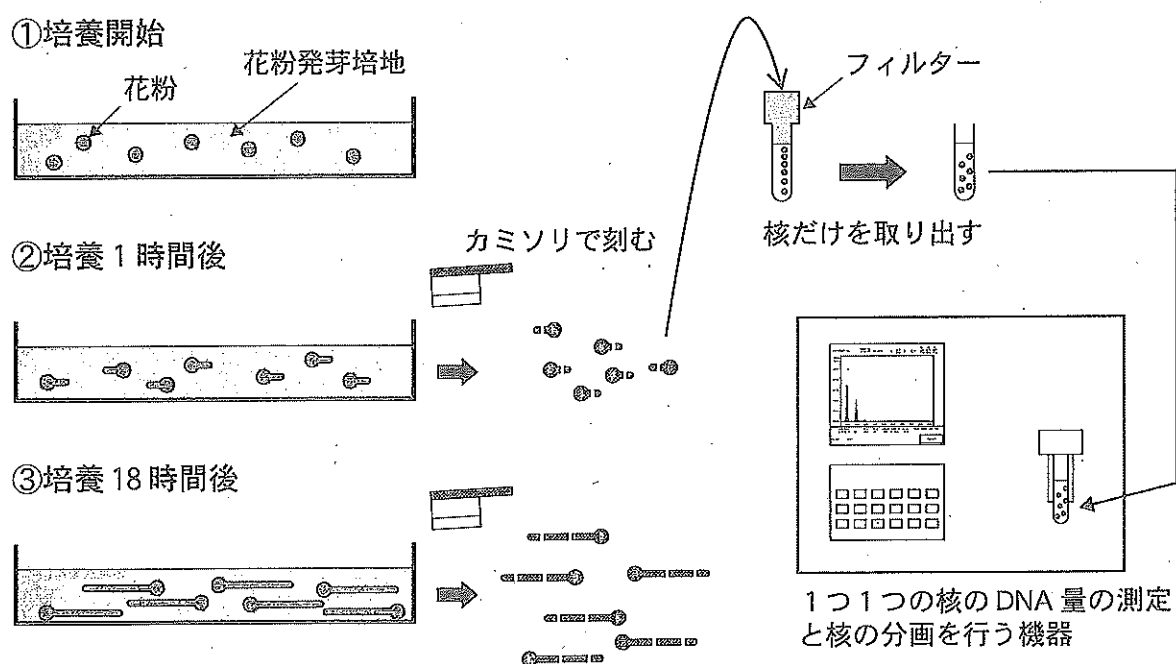


図 1 核の DNA 量を測定する装置を用いた実験の概要

- (1) 以下の図2は、培養開始から1時間後のサンプルの解析結果を示している。それぞれの分画に含まれる核についての記述で最も適切と考えられるものを(A)~(E)から1つ選び、記号で答えよ。なお、分画の面積は、検出された核の総数を示している。また、すべての核は遊離しているものとする。分画1と分画2の面積はほぼ1:1であることから、DNA量の異なる核がほぼ同じ数だけあることに留意すること。

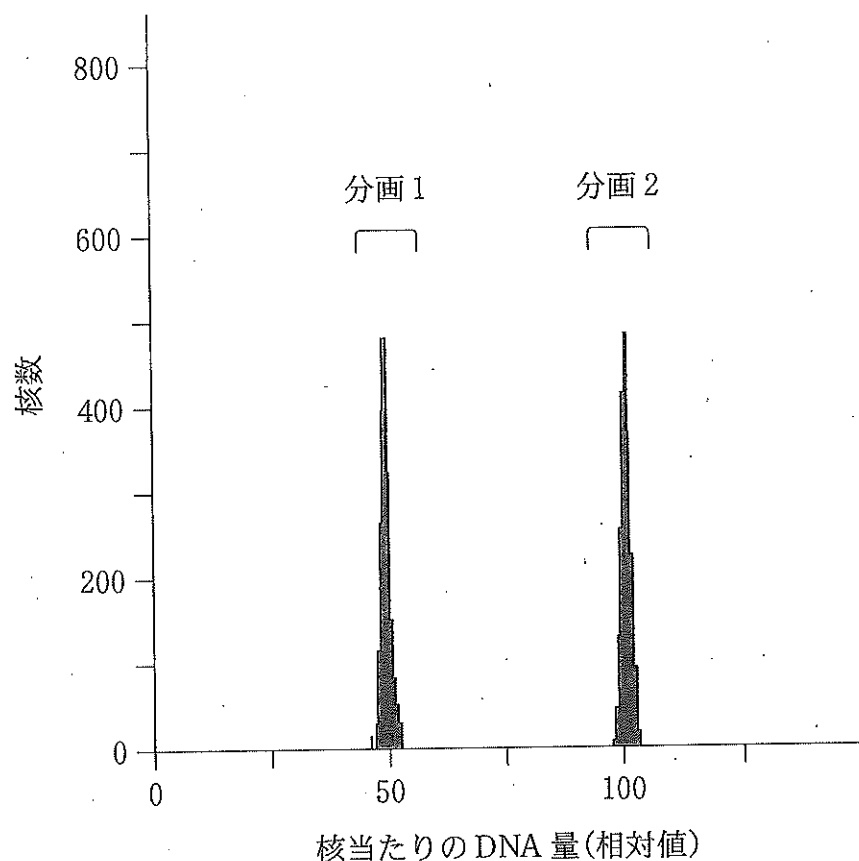


図2 培養1時間後の花粉管内の核のDNA量の解析結果

- (A) 分画1の核は半数性( $n$ )の花粉管核、分画2の核は精細胞の核である。
- (B) 分画1の核は半数性( $n$ )の精細胞の核、分画2の核は花粉管核である。
- (C) 分画1の核は半数性( $n$ )の雄原細胞の核、分画2の核は花粉管核である。
- (D) 分画1の核は半数性( $n$ )の花粉管核、分画2の核はDNA合成を終えた雄原細胞の核が含まれる。
- (E) 分画1には半数性( $n$ )の雄原細胞の核、分画2の核は精細胞の核である。

(2) 以下の図3は、培養開始から18時間後のサンプルの解析結果を示している。それぞれの分画に含まれる核の組み合わせで適切と考えられるものを(A)~(E)から1つ選び、記号で答えよ。なお、分画の面積は、検出された核の総数を示している。また、すべての核は遊離しているものとする。

- (A) 分画1：花粉管核，分画2：雄原細胞の核
- (B) 分画1：花粉管核，分画2：精細胞の核
- (C) 分画1：花粉管核と精細胞の核，分画2：雄原細胞の核
- (D) 分画1：雄原細胞の核，分画2：花粉管核
- (E) 分画1：雄原細胞の核と精細胞の核，分画2：花粉管核

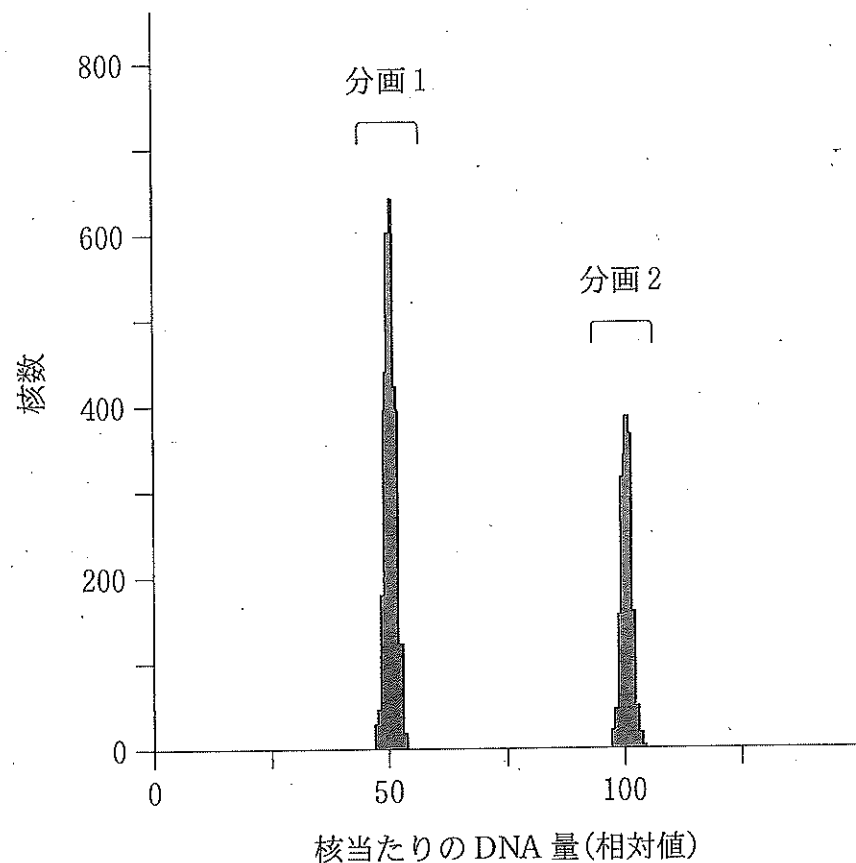


図3 培養18時間後の花粉管内の核のDNA量の解析結果

(3) 培養18時間後の分画1を構成する核が2669個，分画2を構成する核が1646個だった時，①花粉管核の数，②雄原細胞の核の数，③精細胞の核の数，④精細胞を形成した花粉管の数をそれぞれ答えよ。

問 4 下線部 c に関して、花粉親(花粉を供給した個体)の遺伝子型を AA、胚珠親(胚珠を持つ個体)の遺伝子型を BB とした時の種皮、胚、胚乳の遺伝子型をそれぞれ答えよ。

問 5 下線部 d に関して、同種で倍数性が二倍体と四倍体のものを交配して種子が得られた場合の以下の組み合わせ(1)~(4)における胚と胚乳の倍数性について、それぞれ適切なものを(A)~(E)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (1) 四倍体個体の花粉と二倍体個体の胚珠の場合の交配後の胚の倍数性
- (2) 四倍体個体の花粉と二倍体個体の胚珠の場合の交配後の胚乳の倍数性
- (3) 二倍体個体の花粉と四倍体個体の胚珠の場合の交配後の胚の倍数性
- (4) 二倍体個体の花粉と四倍体個体の胚珠の場合の交配後の胚乳の倍数性

(A) 二倍性    (B) 三倍性    (C) 四倍性    (D) 五倍性    (E) 六倍性

II 植物の開花は種子形成のために必要であり、種子が散布されることによって生育地を広げることができる。一方、種子によらない繁殖方法も知られている。サツマイモなどの栄養器官の一部から新しい個体をつくる栄養生殖は、配偶子の接合による  生殖に対して  生殖と呼ばれる。 生殖では、一般に増殖速度が速く、短期間に多数のクローン個体を増やすことができる。一方、 生殖では、親個体で配偶子が形成され、接合することによって新たな個体が作られる。 生殖では、配偶子の組み合わせによって遺伝的に多様な個体を生み出すことができる。 生殖による繁殖方法は、同じ遺伝子型のものを増やすことができる利点を生かして農業でも利用されている。

問 6  ~  に入る適切な用語を以下の(A), (B)から選び、記号で答えよ。

(A) 有 性

(B) 無 性

問 7 下線部 e について、(A)~(D)から適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

(A) 環境が大きく変化した場合、遺伝的多様性に富んだ個体群ほど存続の可能性が低い。

(B) 環境が大きく変化した場合、遺伝的多様性に富んだ個体群ほど存続の可能性が高い。

(C) 環境が大きく変化した場合でも、遺伝的多様性は個体群の存続の可能性に影響しない。

(D) 遺伝的多様性は、個体群の存続と関係がない。

4

次のⅠ、Ⅱの文章を読み、それぞれの問に答えよ。

Ⅰ 生物は同種であっても、体の大きさや色彩など、個体間でいろいろな形質に違いがある。このような形質の違いを変異という。変異の中には、生育条件などの違いによって後天的に生じる (ア) と、形質の違いが次世代に伝わる (イ) がある。そのうち、 (イ) は DNA の塩基配列の変化あるいは染色体の構造の変化である (ウ) によって生み出される。そして、これらの (イ) に対し、自然選択<sup>a</sup>や遺伝的浮動<sup>b</sup>が働き、集団の対立遺伝子の (エ) が世代を越えて変化することで進化<sup>c</sup>が生じる。

問 1 文中の (ア) ～ (エ) に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a について、自然選択説を提唱し、「種の起源」を著した人物の名を記せ。

問 3 下線部 a について、自然選択による進化を説明する文として適切なものを(A)～(E)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 生存に有利でも不利でもない特定の形質を持つ個体の割合が、世代とともに変化する。
- (B) 形質の違いが次世代に伝わり、それらの違いによって繁殖力や生存率に差がある場合、繁殖や生存に有利な形質を持つ個体が次世代により多くの子を残す。
- (C) 幼虫の時期に餌を豊富に得ることができたカブトムシ雄成虫の角は大きく発達するが、この時期に餌が不足したカブトムシ雄成虫の角は小さくなる。
- (D) イギリスに生息するガの一種(オオシモフリエダシャク)には、体色が白っぽい明色型と、体色が黒っぽい暗色型がある。工業化が進んだ地域では煤煙で木の幹が黒ずみ、暗い環境下で捕食者に見つかりにくいとされる暗色型の個体が増加した。
- (E) ある生物 2 種の間における DNA 塩基配列の違いは、それらの生物が共通祖先から分岐してからの年代に、およそ比例している。

問 4 下線部 b について、遺伝的浮動を説明する文として適切なものを(A)~(E)からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 他の集団から隔離された小集団では、遺伝的浮動が生じやすい。
- (B) 共進化は、遺伝的浮動による進化の例として説明される。
- (C) 遺伝的浮動は、ある特定の大きさの集団で最も生じやすい。
- (D) 遺伝的浮動の作用は、偶然によるものである。
- (E) 遺伝的浮動の生じやすさは、集団の大きさとは無関係である。

問 5 下線部 c について、生物が単一の祖先からさまざまな環境に適応すること<sup>①</sup>で形質が多様化する現象を何というか。逆に、祖先が異なる生物が同じ<sup>②</sup>ような環境に適応することで、よく似た形質を獲得することを何というか。それぞれ記入せよ。

II 表1は、ある6種のショウジョウバエの<sup>d</sup>名前と、それぞれの食性を示している。これらのショウジョウバエは、そのほとんどが北アメリカに分布し、種によって、キノコ<sup>e</sup>を食べて繁殖する(キノコ食の形質を持つ)もの、あるいは腐った植物<sup>f</sup>を食べて繁殖する(植物食の形質を持つ)ものが知られる。これら6種のショウジョウバエについて、ミトコンドリアDNAの塩基配列を用いて<sup>g</sup>系統樹を作成したところ、図1の類縁関係が示された。また、6種のDNA塩基配列<sup>g</sup>を比較したところ、図2に示される一部の領域では、DNA塩基の変異が<sup>h</sup>コードンの3番目だけで確認され、いずれもアミノ酸を変えない変異だった。

表1

| 種                           | 食 性  |
|-----------------------------|------|
| <i>Drosophila falleni</i>   | キノコ食 |
| <i>Drosophila guttifera</i> | キノコ食 |
| <i>Drosophila palustris</i> | 植物食  |
| <i>Drosophila phalerata</i> | キノコ食 |
| <i>Drosophila quinaria</i>  | 植物食  |
| <i>Drosophila recens</i>    | キノコ食 |

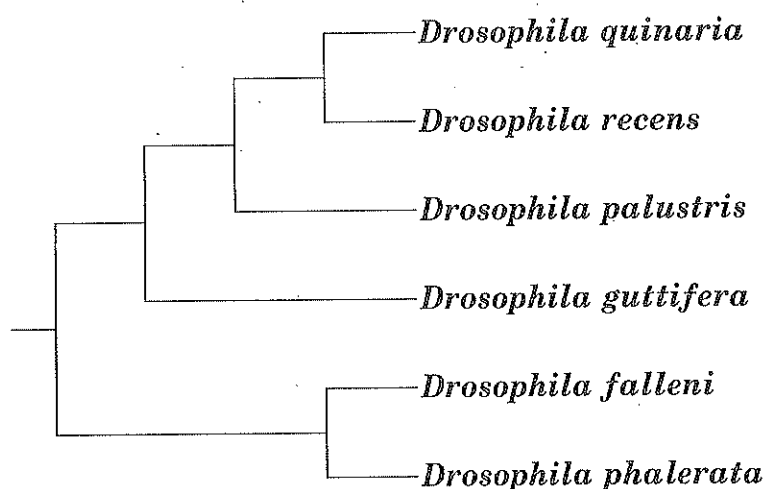


図1

|                             |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |   |   |   |   |   |
|-----------------------------|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|---|---|---|---|---|
| <i>Drosophila falleni</i>   | G   | G | A   | A | C   | T | C   | C | A   | G | G | A | C | G | A |
| <i>Drosophila guttifer</i>  | G   | G | T   | A | C   | T | C   | C | A   | G | G | A | C | G | T |
| <i>Drosophila palustris</i> | G   | G | T   | A | C   | C | C   | C | T   | G | G | A | C | G | A |
| <i>Drosophila phalerata</i> | G   | G | A   | A | C   | T | C   | C | T   | G | G | T | C | G | A |
| <i>Drosophila quinaria</i>  | G   | G | T   | A | C   | C | C   | C | T   | G | G | A | C | G | A |
| <i>Drosophila recens</i>    | G   | G | T   | A | C   | C | C   | C | T   | G | G | A | C | G | A |
|                             | Gly |   | Thr |   | Pro |   | Gly |   | Arg |   |   |   |   |   |   |

図 2

問 6 下線部 d について、次の文中の (オ) ~ (ケ) に適切な語句を入れよ。

生物の名前を正式に表すには、世界共通の (オ) が用いられる。種の (オ) は 2 つの語で表記され、そのうち最初の語は (カ) と呼ばれ、次の語は (キ) と呼ばれている。この表記の方法は (ク) と呼ばれ、「分類学の父」と呼ばれる (ケ) によって体系化された。

問 7 下線部 e, f について、これらの分類に関する説明(A)~(F)のうち、適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 5 界説の分類に従うと、キノコと植物は同じ界に含められる。
- (B) 5 界説の分類に従うと、キノコとアメーバは同じ界に含められる。
- (C) 5 界説の分類に従うと、植物とアメーバは別の界にわけられる。
- (D) 3 ドメイン説の分類に従うと、キノコと植物は同じドメインに含められる。
- (E) 3 ドメイン説の分類に従うと、植物とヒトは別のドメインにわけられる。
- (F) 3 ドメイン説の分類に従うと、キノコとヒトは同じドメインに含められる。

問 8 下線部 g について、次の文を読み、問に答えよ。

系統樹は、対象とする生物の類縁に関する情報を与えるだけでなく、それらの類縁関係をもとに、形質が変化した道筋に関する情報をも与え得る。例えば、種 A～種 F について図 3 の類縁関係が示され、そのうち、種 A と種 B は形質 X、他の種は形質 Y を持っているとする。ここで、形質の変化の回数が最も少ない道筋が適切であると想定した場合、種 A～種 F の共通祖先は形質 Y を持ち、種 A と種 B の祖先からなる系統で形質 Y から形質 X への変化が 1 回起こった、という道筋を推定することができる。

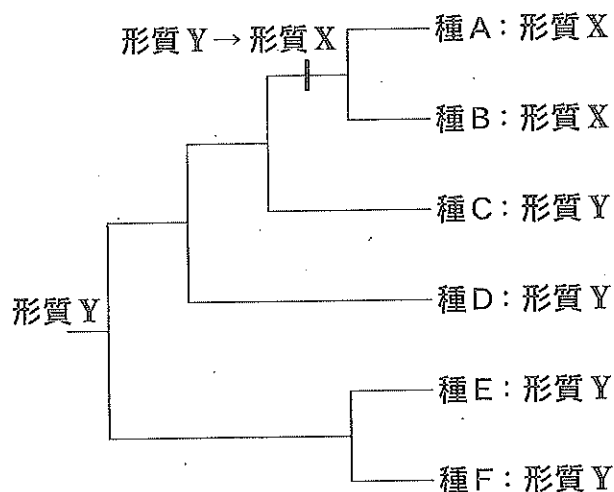


図 3

そこで、この想定に従うと、図 1 の系統樹からは、キノコ食と植物食の形質の変化について、キノコ食を祖先形質とする 2 通りの道筋を推定することができるが、それぞれどのようなものか。図 3 にならい、解答欄にある系統樹のそれぞれに、形質の変化が起こった箇所を短い縦線で示すとともに、両形質がどちらの方向に変わったかを、矢印を用いて記入せよ。

問 9 下線部 h について、図 2 に示されている DNA 塩基の変異は、多くの場合(A)か(B)のどちらであると判断されるか、記号で答えよ。また、そのように判断される理由を述べよ。

- (A) 中立な変異
- (B) 中立でない変異