

平成 26 年 度

理 科

物 理	1 ページ～ 8 ページ
化 学	9 ページ～18 ページ
生 物	19 ページ～26 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理(その1, その2), 化学(その1～その4), 生物(その1～その4)の3科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する2科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

生 物

1 次の(文1)を読み、問1から問6に答えよ。

(文1) 膵臓は外分泌と内分泌の機能を有する器官である。外分泌機能として、腺細胞から消化酵素が分泌される。この消化酵素は、膵液の成分として膵管を
通って消化管へ放出される。内分泌機能として、 からいくつかのホル
モンが血中に分泌される。 の α 細胞(またはA細胞)から分泌さ
れる と、 β 細胞(またはB細胞)から分泌される が代表
的である。

グリコーゲンは と によって分解または合成が促進さ
れ、血糖値の安定化に寄与している。膵臓の β 細胞が腫瘍化すると、
 が血中に多量に分泌されるため、血糖値は正常より す
る。その結果、心拍数の増加、冷汗および意識消失などの症状が生じる。一
方、 β 細胞の機能⁽¹⁾が低下する病気では、 の血中濃度が正常より減少
し、血糖値は する。

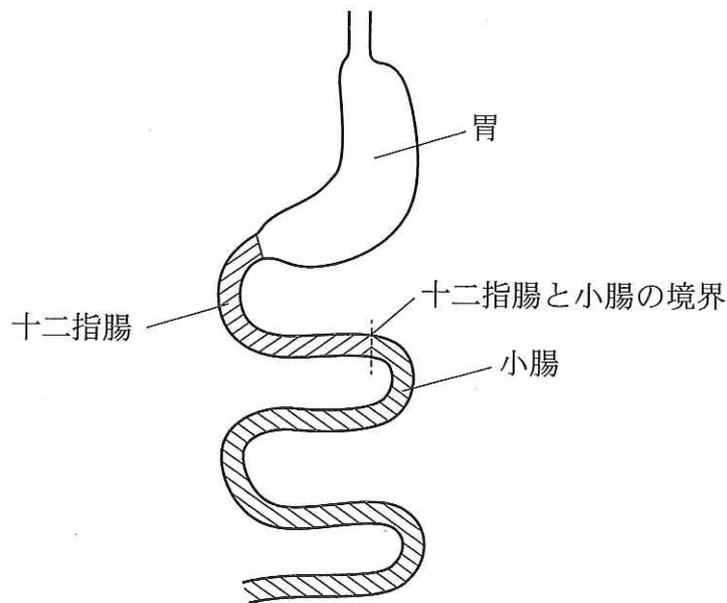


図1 ヒトの消化管の一部の模式図(腹側から見た図)

問 1 文中の ~ に入る，最も適当な語句を記せ。

問 2 消化酵素はさまざまな器官から分泌される。三大栄養素を分解する消化酵素の名称をそれぞれ1つずつ記せ。

問 3 図1はヒトの消化管の一部の模式図である。膵臓を図中の最も適当な場所に描け。

問 4 多量のグリコーゲンが蓄えられている器官の名称を1つ記せ。

問 5 下線(1)の現象が生じるしくみを論理的に説明せよ。

問 6 糖尿病において尿中にグルコースが排出される現象について，腎臓の機能をふまえて説明せよ。

2 次の(文2)を読み、問1から問4に答えよ。

(文2) 被子植物の体制は、根・茎・Aの器官からなる。また、ある特定の時期には、B器官である花を形成する。花では、おしべのCの中で花粉がつくられ、めしべの胚珠の中で胚のうが形成される。花粉は、いろいろな方法でめしべに運ばれる。

(1) 花粉がめしべの柱頭に付着して受粉が成立すると、花粉から胚珠に向かって花粉管が伸び始める。このとき2個の精細胞が、花粉管の中を先端方向に運ばれていく。花粉管の先端が胚のうに到達すると、花粉管の中を移動してきた精細胞⁽²⁾の1個が卵細胞と受精する。その結果、受精卵(2n)ができる。

園芸植物としても知られるトレニア *Torenia fournieri*(図2 a)は、多くの被子植物とは異なり、胚のうが珠皮から外に裸出している(図2 b)。その構造上の特徴を利用すると、花粉管が胚のうに向かうしくみについての研究を行うことができる。柱頭に花粉を付着させると、発芽して花柱内で花粉管を伸ばす。この花柱を通った花粉管を胚珠と一緒に培養すると、花粉管は胚のうに向かい、受精が起こる。

胚のうの特定の細胞をマイクロレーザーで破壊し、花粉管が胚のうに誘引される割合を調べた結果が表1である。

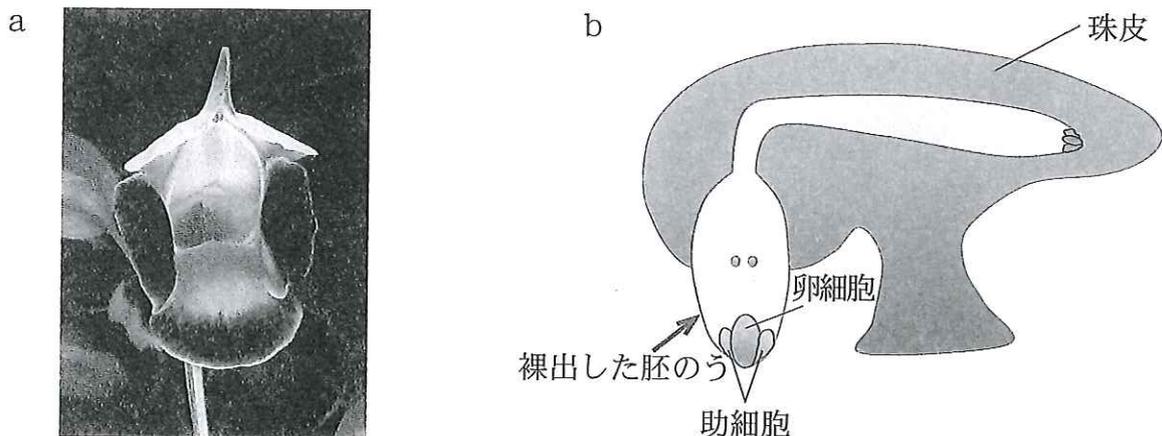


図2 トレニアの花(a)と胚のう付近の模式図(b)

破壊された細胞の数	卵細胞	中央細胞	助細胞		誘引の割合 (%)
0	+	+	+	+	98
1	-	+	+	+	94
	+	-	+	+	100
	+	+	-	+	71
2	-	-	+	+	93
	-	+	-	+	61
	+	-	-	+	71
	+	+	-	-	0

表1 レーザー処理による破壊と花粉管の誘引の割合
(+は細胞が破壊されていない, -は細胞が破壊されていることを示す)

問1 ~ に入る, 最も適当な語句を記せ。

問2 下線部(1)のように, 花粉がめしべに運ばれる方法は大きく分けて2つある。その2つを述べよ。

問3 下線部(2)のように, 花粉管の中を移動した2つの精細胞の一方は卵細胞と受精する。もう一方の精細胞は, 中央細胞, 助細胞および反足細胞のうちどの細胞と受精するか, またその細胞と受精した後の核相を記せ。

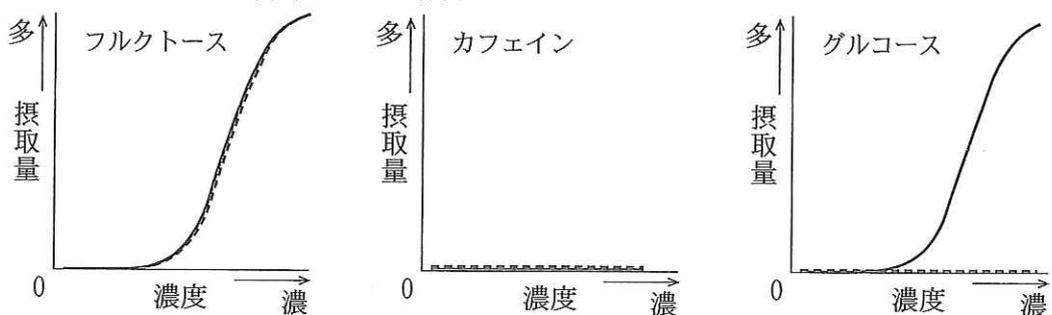
問4 表1の実験結果にもとづいて, 誘引のしくみを論理的に説明せよ。

3 次の(文3)を読み、問1から問3に答えよ。

(文3) ゴキブリは衛生害虫あるいは不快害虫とみなされ、殺虫成分の入った駆除剤が使用されている。通常、駆除剤にはゴキブリが好む味になるように糖分が含まれている。ところが、近年、チャバネゴキブリの中に、いくつかの糖の摂取を避ける個体が現れ、駆除剤の効果が薄れていることが明らかになった。そこで、チャバネゴキブリの味物質に対する行動と、味覚受容器の反応に関する実験を行った。チャバネゴキブリは、系統①(糖を好む)と系統②(ある糖を避ける)の2つの系統を用意した。

実験1 糖としてフルクトースとグルコースの水溶液、苦味物質としてカフェインの水溶液をさまざまな濃度で用意し、空腹にさせ、水を充分飲ませたチャバネゴキブリと、空腹にさせ、水を飲ませていないチャバネゴキブリに与え、どれだけの溶液量を摂取したかを測定した。

空腹にさせ、水を充分飲ませた場合



空腹にさせ、水を飲ませていない場合

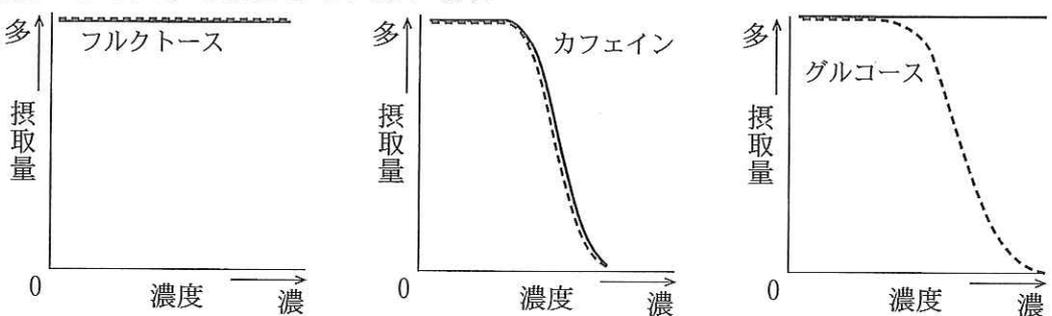


図3 実験1の結果(実線は系統①, 破線は系統②を示す)

実験2 チャバネゴキブリにフルクトース、カフェイン、グルコースを与えたところ、味覚受容器にある2種類の味覚受容細胞で、与えた物質によって活動電位の発生頻度が大きく異なることを見いだした。以降これらの細胞をa細胞、b細胞と呼ぶ。系統①と系統②のチャバネゴキブリのそれぞれの水溶液に対するa細胞とb細胞の活動電位の頻度を測定した。

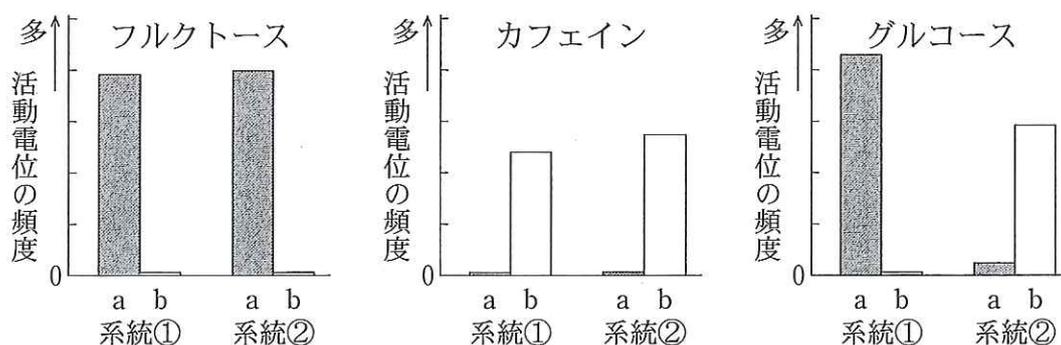


図4 実験2の結果(a, bはそれぞれa細胞とb細胞を示す)

問1 実験1の結果によると、空腹にさせ、水を充分飲ませた状態でフルクトースを与えられたチャバネゴキブリは、両系統ともに濃度が上がるにつれて摂取量が増えている。これは、フルクトースの味刺激が摂取を促進する作用をもっていることを示している。一方で、空腹にさせ、水を飲ませていないときには、両系統とも濃度に関係なく摂取がおこなわれている。これは、フルクトースは摂取を抑制する効果がないことを示している。では、カフェインとグルコースは、それぞれどのような効果を及ぼしたと考えられるか述べよ。

問2 実験2において、活動電位の大きさではなく頻度に注目しているのは、どのような理由であると考えられるか述べよ。

問3 これらの2つの実験から、系統②のチャバネゴキブリがある糖を避けるしくみを説明することができる。実験結果にもとづいて論理的に説明せよ。

4 次の(文4)を読み、問1から問5に答えよ。

(文4) 生物の進化に関する考え方が広まったのは、C.ダーウィンが 説を唱えた19世紀後半である。多様な生物を相互の共通性にもとづいて、いくつかの生物群にまとめたとき、その進化的な類縁関係を系統という。三界説を提唱した は、生物の進化にもとづく類縁関係を、樹木の形で表現し、これを系統樹と呼んだ。

系統樹は、さまざまな形質により構築することができるが、最近では、DNAやRNAの塩基配列、タンパク質のアミノ酸配列などを比較することで、系統関係を推定できるようになった。このような分子生物学的な系統解析は、これまでのものとは異なった結論を導くことがある。たとえば、日本鳥学会は2012年に、外見などから「タカやコンドルの仲間」に近いとしていたハヤブサを、分子生物学的解析の結果をもとに、「スズメやオウムの仲間」に近縁であると変更した。

このように、進化の過程をふまえながら生物の形質にもとづいて生物を分類する方法は、系統分類あるいは と呼ばれる。一方、人間にとって識別しやすい特徴や日常生活との関係を基準にした分類方法は、人為分類と呼ばれる。

問1 文中の ~ に入る、最も適切な語句を記せ。

問2 系統関係を推定する上で、形態の類似性は重要な情報源となる。ところが、形態が類似していても異なる起源をもつ場合がある。このように起源は異なるが、互いに同じような形態と働きをもつように進化したとみなされる器官を何というか、名称を記せ。また、その例を1つ挙げよ。

問 3 図 5 は、仮想的な 8 種の動物 (a~h) の DNA の塩基配列をもとにした系統樹と、それぞれの種の生態的および形態的な特徴である。たとえば、種 a の特徴は、水生、動物食、^つ角なし、である。

- (1) 最も新しく分化したのはどの種か、当てはまる記号をすべて挙げよ。
- (2) 矢印で示した祖先種 i に予想される特徴をすべて述べよ。

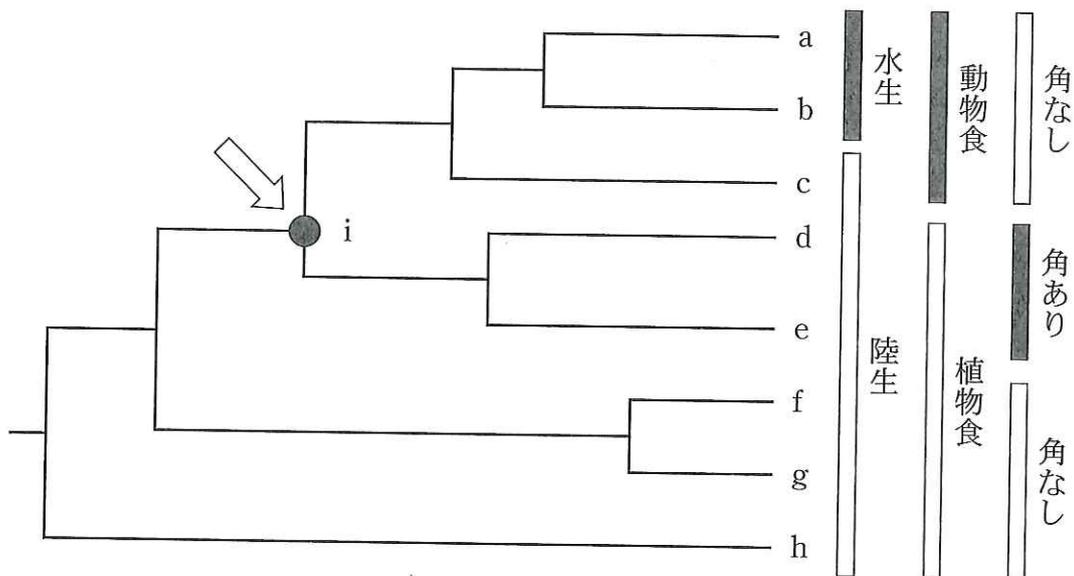


図 5 仮想的な動物の分子系統樹とそれぞれの種の特徴

問 4 形態による系統解析に比べて、分子生物学的な系統解析が優れている点を 2 つ挙げて説明せよ。

問 5 近縁とされる生物種間の系統解析を行う場合、どのような特徴をもつ塩基配列やアミノ酸配列を用いることが適切か。その理由と共に述べよ。