

第2回全国生物学コンテスト

生物チャレンジ2009

第1次試験 問題

2009年7月19日 13:30から15:00

試験時間 90分

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 問題は、この冊子の1ページから20ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、試験解答用紙（マークシート用紙）の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験解答用紙は解答欄内のみマークを記入してください。氏名や受験番号はあらかじめ印刷されているので、記入する必要はありません。
- 5 問題数は問1)～問39)までの39問です。問題はすべて、それぞれ最も適切な回答を選択肢の中から1つずつ選び、記号で答えなさい。
- 6 配点は一問あたり2～3点で、各設問の最後に示してあります。合計で100点満点です。
- 7 解答は、試験解答用紙の問題番号に対応した解答欄にマークしなさい。例えば、問1)の問いに対してAと解答する場合は、次の(例)のように解答欄のAにマークしなさい。複数の選択肢にマークされている場合は0点となります。

(例)

▼解答欄

1	<input checked="" type="radio"/>	A	<input type="radio"/>	B	<input type="radio"/>	C	<input type="radio"/>	D	<input type="radio"/>	E	<input type="radio"/>	F	<input type="radio"/>	G	<input type="radio"/>	H	<input type="radio"/>	I	<input type="radio"/>	J
2	<input type="radio"/>	A	<input type="radio"/>	B	<input type="radio"/>	C	<input type="radio"/>	D	<input type="radio"/>	E	<input type="radio"/>	F	<input type="radio"/>	G	<input type="radio"/>	H	<input type="radio"/>	I	<input type="radio"/>	J
3	<input type="radio"/>	A	<input type="radio"/>	B	<input type="radio"/>	C	<input type="radio"/>	D	<input type="radio"/>	E	<input type="radio"/>	F	<input type="radio"/>	G	<input type="radio"/>	H	<input type="radio"/>	I	<input type="radio"/>	J

- 8 この問題冊子の余白等は適宜利用してもかまいませんが、どのページも切り離してはいけません。
- 9 試験終了後、この問題冊子は各自で持ち帰ってください。

問 1) 穀物や野菜や果実について、正しく記述しているのは A~F のうちのどれか。(2 点)

- A. ジャガイモで「いも」と呼ばれる部分は、根が肥大したものである。
- B. オランダイチゴ(ストロベリー)の食べる部分は、子房が肥大したものである。
- C. タマネギの食べる部分は葉が変化したものである。
- D. ダイズやソラマメは胚乳に栄養分が貯えられている。
- E. ダイコンやニンジン(人参)はひげ根のうちの 1 本が肥大したものであり、地表に近いところから多数の細かいひげ根が出ている。
- F. レンコンはハスの根が肥大したものであり、穴は道管のあとである。

問 2) 下記の①~⑥を小さいものから順に並べたものとして、もっとも適切なものを A~E より選べ。(2 点)

- ①ヒトの赤血球 ②大腸菌 ③メダカ
- ④ゾウリムシ ⑤ショウジョウバエ ⑥インフルエンザウイルス

- A. ② - ① - ⑥ - ④ - ③ - ⑤
- B. ⑥ - ① - ② - ④ - ⑤ - ③
- C. ② - ⑥ - ④ - ① - ③ - ⑤
- D. ⑥ - ② - ① - ④ - ⑤ - ③
- E. ① - ④ - ② - ⑥ - ③ - ⑤

問 3) 「菌」と名のつく次の①~⑤のうちで真核生物の菌類を正しく選んでいるのは A~H のうちのどれか。(3 点)

- ① アルコール飲料をつくるのに役立つ酵母菌
- ② 食酢の製造に役立つ酢酸菌
- ③ ヨーグルトの製造に役立つ乳酸菌
- ④ 納豆の製造に役立つ納豆菌
- ⑤ 水虫の原因である白癬菌

- A. ①⑤ B. ①③⑤ C. ④⑤ D. ②④ E. ②⑤ F. ①②⑤
- G. ③④⑤ H. ①②③⑤

問 4) 清酒や味噌の製造に用いられる黄麹菌（キコウジキン *Aspergillus oryzae*）は真核生物の菌類に属する。黄麹菌は空気中に菌糸を伸ばし、その先端が膨れて頂のうを形成する。頂のう細胞では、細胞質分裂が行われずに有糸分裂による核分裂が繰り返される。この結果、黄麹菌の頂のう細胞はどのようになるか。最も適切なものを A～E より選べ。（3 点）

- A. 1 つずつ核を含む小さな細胞が無数に形成され、やがて胞子になる。
- B. 多数の染色体が寄り集まって巨大染色体が形成される。
- C. 核膜が形成されないため、見かけ上無核となった大きな細胞が形成される。
- D. 100 個以上の核を含む大きな頂のう細胞が形成される。
- E. 核のない細胞が多数形成される。

問 5) 草食動物であるウシのすい液に含まれる消化酵素は、基本的にヒトのすい液に含まれる消化酵素と同じである。ウシのすい液で分解できないものを次の A～F から選べ。（2 点）

- A. タンパク質
- B. セルロース
- C. 脂肪
- D. DNA
- E. デンプン
- F. 麦芽糖

問 6) デンプンは、直鎖状に糖が結合するアミロースと、分枝をつくりながら糖がつながるアミロペクチンに大別される。イネの *Waxy* 遺伝子はアミロースの生合成を行う顆粒結合型デンプン合成酵素をコードしている。*Waxy* 遺伝子の変異体でアミロースを合成できないイネの表現型として正しいものを A～D のうちから選べ。（2 点）

- A. 粘りが強いもち米となる
- B. 粘りが弱いうるち米となる
- C. 果皮に色素がたまらない白米となる
- D. におい物質を発する香り米となる

問 7) 赤血球中のヘモグロビンは酸素濃度の高い肺で酸素と結合し、酸素濃度の低い各組織で酸素を放出することにより酸素を運搬する。妊娠中の胎児のヘモグロビンの酸素との結合しやすさ（酸素親和性）は、母親のヘモグロビンの酸素親和性と異なっている。この理由として、最も適当なものを A～E から選べ。（3 点）

- A. 母親の血液から酸素を受け取るために、胎児のヘモグロビンの方が酸素親和性が低い。
- B. 母親の血液から酸素を受け取るために、胎児のヘモグロビンの方が酸素親和性が高い。
- C. 母胎内の少ない気体状酸素を取り込んで呼吸するために、胎児のヘモグロビンの方が酸素親和性が高い。
- D. 胎児の分も酸素を取り入れなければならない母親のヘモグロビンの方が酸素親和性が高い。
- E. 肺が小さい胎児のヘモグロビンの方が酸素親和性が高い。

問 8) 次の①～⑤の文章は、動物や植物の一般的特徴を示したものである。植物（主に多細胞のもの）にだけ当てはまる特徴を選び出したものは次の A～F のどれか。（2 点）

- ① 栄養素はすべて無機物である。
- ② アンモニアを栄養として利用できる。
- ③ 感覚器官を持つ。
- ④ 成長のための細胞分裂が、体の末端で起こる。
- ⑤ 栄養を吸収する部分の表面積が大きくなっている。

A. ①②④ B. ①③④ C. ①④⑤ D. ②③⑤ E. ②④⑤ F. ③④⑤

問 9) 陸上植物は共通の祖先から分化したと考えられている。次の①～⑥の文のうちで、陸上植物の生活環について述べたものとして正しい組み合わせは A～F のうちどれか。（2 点）

- ① 配偶体と孢子体の大きさを比較すると、シダ植物では配偶体の方が大きい。
- ② 孢子（またはそれに相当するもの）を作るときに減数分裂が起こる。
- ③ 被子植物の大孢子は花粉となり、小孢子は胚嚢を形成する。
- ④ 卵細胞や精子（またはそれに相当するもの）を作る配偶体の核相は単相である。
- ⑤ 種子植物では花粉から花粉管が形成される。
- ⑥ 被子植物では、2つの精細胞の一方は中央細胞の核とも受精する。

A. ①③④⑥ B. ①②④⑤ C. ①③⑤⑥
D. ②④⑤⑥ E. ①②③④ F. ②③⑤⑥

問 10) 節足動物は動物界の中で種の数に圧倒的に多く、その中でも昆虫類が大部分を占め、昆虫類の中でも鞘翅目（カブトムシなど甲虫類のなかま）の種数をもっとも多い。カブトムシに見られる①～⑦の特徴のうちで、節足動物甲殻類に属するアメリカザリガニと共通の特徴を正しく選んでいるのは A～I のうちのどれか。(2 点)

- ① キチン質を含む外骨格におおわれている。
- ② 排出器官はマルピーギ管である。
- ③ 開放血管系である。
- ④ 血液（体液）には、呼吸色素が存在しない。
- ⑤ 呼吸は、気管で行われる。
- ⑥ はしご状神経系をもつ。
- ⑦ 視覚器は複眼である。

- A. ① B. ①② C. ①②③ D. ①②③④ E. ①②⑤
F. ①③④⑤⑥ G. ②③④⑤⑥⑦ H. ①③⑥⑦ I. ②③⑤⑥

問 11～12) 次の文章を読み、あとの各問に答えよ。

我々が現在目にするカの大抵は、幼虫（ボウフラ）が淡水の水たまりや池で生息する原始的なカを共通の祖先とし、幼虫が高浸透圧の環境水（塩分濃度が高い水）に対する耐性を持たないという特徴をもっている。一方、長い進化の過程で、幼虫が河口や塩湖などの塩分濃度の高い環境で生息できる種も生じた。これらの種の幼虫は、体液浸透圧調節に関して、祖先種と共通のしくみに加えて祖先種には見られないしくみを獲得している。この新たに加わったしくみを研究する目的で、幼虫が河口で生息する種アと塩湖で生息する種イについて実験した。

種アとイの幼虫を、海水を希釈または濃縮して作ったさまざまな浸透圧の溶液（外部環境液）で飼育し、体液（血リンパ）の浸透圧を測定したところ、種アでは体液の浸透圧の変動に応じて細胞内の浸透圧を調節し細胞の体積を一定に保つ働きのある能動輸送のしくみが細胞膜に発現しており、種イでは体液浸透圧の調節に有効なナトリウムイオンを体内から体外へと上皮細胞を横切って能動輸送するというしくみがあることが分かった。

問 11) 種アの外部環境液の浸透圧と体液（血リンパ）の浸透圧の関係を表したグラフを，下の図 A～F のうちから 1 つ記号で選びなさい。（2 点）

問 12) 種イについても同様に，図 A～F のうちから 1 つ記号で選びなさい。（2 点）

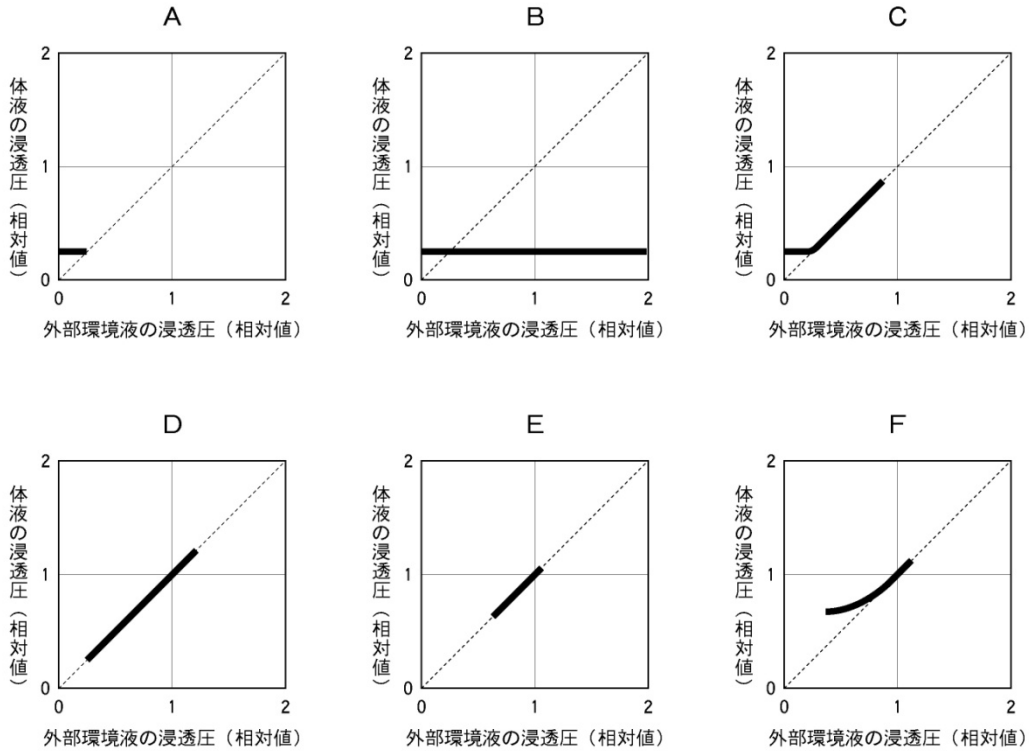


図 さまざまな水生無脊椎動物の体液浸透圧。それぞれの動物を，横軸の浸透圧の外部環境液の中に入れておくと，その体液の浸透圧は太い実線で示された値となる。各動物は，太線の範囲外の外部環境浸透圧では生きていけない。浸透圧は海水の浸透圧を 1 として相対値で示した。

問 13) 生命現象には周期性が観察される。これらの周期性は日、月、年などの環境サイクルに対応したものが多く、その周期性の多くは生物時計とよばれる体内の時計によって生じる。生物時計によって生じる周期性は環境への適応として獲得され、環境の変化を予測する重要な働きを持つと考えられている。下の図はあるコオロギの1日の活動量の変化を示したグラフであり、23日間の記録が縦に並んでいる。始めの13日間、一日中暗黒の条件（全暗条件）でコオロギの活動を記録した。14日から23日までは一日のうち0時から12時まで明かりを点灯し、12時から24時まで明かりを消した条件（明暗条件）で活動を記録した。

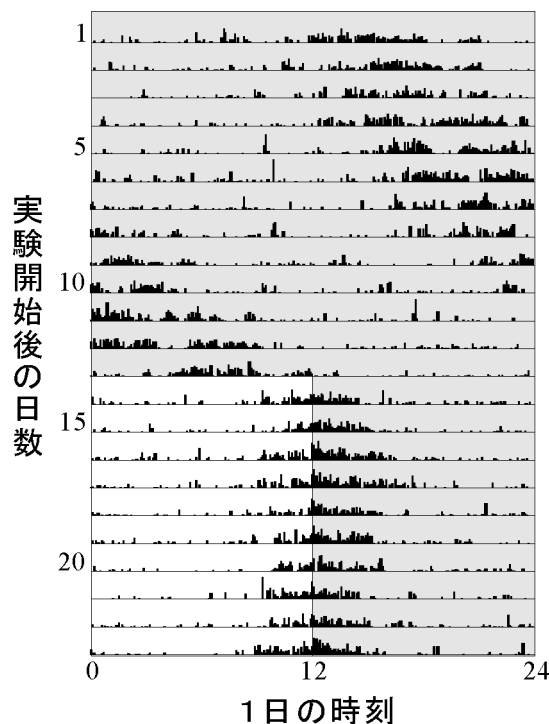


図 コオロギの23日間の活動量の変化

灰色の領域は暗黒を、白は明かりのついている状態を示す。

このグラフより読み取れることについての下記の記述中の①、②に当てはまる最も適当な組み合わせを、A~Dのうちから1つ選び記号で答えよ。（2点）

コオロギは、全暗条件では（①）の周期で活動を繰り返すが、明暗条件では明かりが（②）数時間前から活動するようになり、活動の周期は24時間になった。

	①	②
A	約25時間	消える
B	約23時間	消える
C	約25時間	つく
D	約23時間	つく

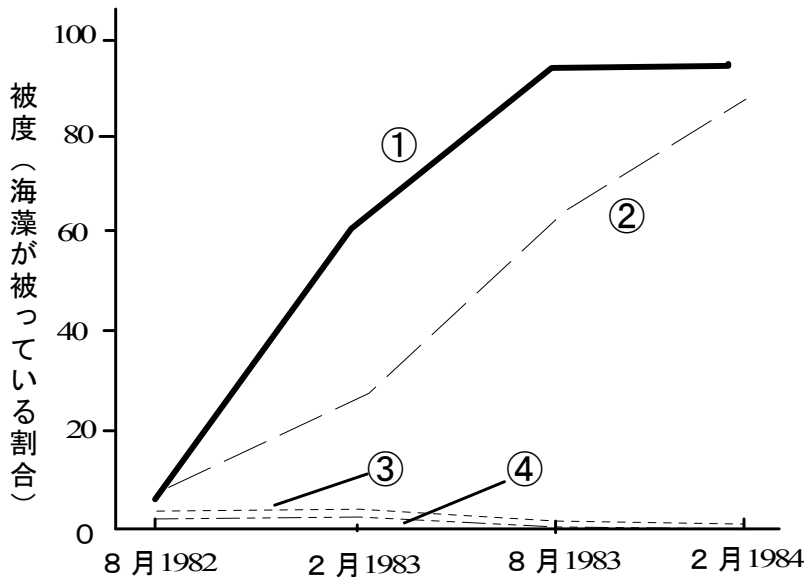
問14) 次の①～④の各文章は、いろいろな水界バイオーム（生物群集）の特徴を表したものである。これらはどのようなバイオームを示したのか。バイオームと文章の最も適した組合せをA～Hの中から1つ選べ。（3点）

- ① 固着藻類やその他の固着生物が多く、種多様性は高い。懸濁物をろ過して食べる動物も多い。
- ② 植物プランクトンは少ないが生産量は多く、夜間には動物プランクトンも多く見られる。水の透明度が高く、種多様性がとても高い。
- ③ 生産者の中心は微小な植物プランクトンであり、水の透明度が高く有機物生産量は少ない。
- ④ 植物プランクトンは一般に少なく、流入した有機物に依存する消費者の割合が高い。

	①	②	③	④
A.	潮間帯	サンゴ礁	河川	外洋
B.	潮間帯	サンゴ礁	外洋	河川
C.	河川	外洋	サンゴ礁	潮間帯
D.	河川	外洋	潮間帯	サンゴ礁
E.	サンゴ礁	潮間帯	外洋	河川
F.	サンゴ礁	潮間帯	河川	外洋
G.	外洋	河川	潮間帯	サンゴ礁
H.	外洋	河川	サンゴ礁	潮間帯

問 15) ウニやカサガイが、海藻の生育に対してどのような影響を持つかを調べるために、ある区域でウニまたはカサガイを完全に除去して調査面積に対する海藻が岩を被う面積の割合（被度）の変化を測定した（下図）。また、対照として何も除去しない場合（図中の④のグラフ）も同様に測定した。その結果、「ウニとカサガイの両方が海藻の分布に影響を与えているが、その影響はウニの方が強い。」と結論づけられた。では、図の①～③のグラフは、何を除去した時の海藻の被度か。組み合わせを A～F のうちから選べ。（3 点）

- | ①のグラフ | ②のグラフ | ③のグラフ |
|---------------|------------|------------|
| A. ウニの除去 | カサガイの除去 | ウニとカサガイの除去 |
| B. ウニの除去 | ウニとカサガイの除去 | カサガイの除去 |
| C. カサガイの除去 | ウニの除去 | ウニとカサガイの除去 |
| D. カサガイの除去 | ウニとカサガイの除去 | ウニの除去 |
| E. ウニとカサガイの除去 | ウニの除去 | カサガイの除去 |
| F. ウニとカサガイの除去 | カサガイの除去 | ウニの除去 |



問 16) 次の文章は、光合成の CO_2 （二酸化炭素）固定の方式から植物を、 C_3 植物、 C_4 植物、CAM 植物に識別するときの特徴を記したものである。このうち、間違っているものは A～F のうちどれか。（3 点）

- CO_2 固定の初期産物は C_3 植物はホスホグリセリン酸、 C_4 植物と CAM 植物はリンゴ酸などの炭素 4 個の化合物である。
- CAM 植物の葉はリンゴ酸を蓄積すると酸っぱく、消費すると甘くなる。
- CO_2 固定の最初の反応が起こる場所は、 C_3 植物では葉緑体内、 C_4 植物や CAM 植物では細胞質である。
- C_4 植物と CAM 植物は維管束鞘細胞に葉緑体が発達しているが、 C_3 植物では発達していない。
- 放射性同位体で標識した $^{14}\text{CO}_2$ を与えて調べると、 C_3 植物と C_4 植物は昼間炭酸固定し、CAM 植物は夜間に炭酸固定をしていることがわかる。
- C_3 植物は光呼吸を示すが、 C_4 植物は光呼吸を示さない。

問 17～18) 下記の C₃ 草原と C₄ 草原に関する文章を読み、設問に答えよ。

草原には主にC₃植物から成る草原と、C₄植物から成る草原とがある。比較的冷涼で乾燥した温帯域に分布する(①)はC₃草原の代表であり、高温で乾燥した亜熱帯域に広がる(②)はC₄草原の代表である。

また、日本のような湿潤な温帯域でも、毎年の刈り取りで人為的に維持されている草原の(③)は春から初夏までの比較的涼しい期間はC₃植物が優勢で、夏以降の厳しい暑さが訪れるとC₄植物が優勢になるという、季節変化が認められている。

最近になって注目すべき新たな事実が明らかになってきた。それは新生代の寒冷化の中で、C₄草原が分布域を広げてきたことが分かってきたのである。その一つの証拠として、今からほぼ700万年前に、草食動物の歯の炭素の安定同位体¹³Cの比率がC₄植物の比率に近づいたことが挙げられる。また、今から2万年ほど前の(④)の最盛期前後の湖底堆積物の¹³Cの比率が、この寒冷な時期に、C₃植物よりもC₄植物の方が優占していたことを示したのである。このことは氷期には気温が下がったが、それと同時に大気CO₂濃度も下がり、(④)の最盛期には180ppm前後にまで下がっていたことが原因であると考えられる。C₄植物は(⑤)が極めて低く、低濃度のCO₂でも光合成に効率的に利用できる。一方、C₃植物は(⑥)が顕著なために、(⑤)は50ppm前後と高く、低濃度のCO₂環境では光合成を活発に行えず、劣勢な状況にあったと理解されるようになった。C₃植物とC₄植物の優劣を決める要因として、温度よりは大気CO₂濃度の方が大きく関与していたことを示している。

問17) 上の文中の(①), (②), (③)に相応しい語の組み合わせを下から選べ。(3点)

- ① ② ③
- A. (ツンドラ, サバンナ, 種数)
 - B. (ステップ, サバンナ, 現存量)
 - C. (サバンナ, ツンドラ, 現存量)
 - D. (ステップ, ツンドラ, 種数)
 - E. (ツンドラ, ステップ, 現存量)
 - F. (サバンナ, ステップ, 種数)

問18) 上の文中の(④), (⑤), (⑥)に相応しい語の組み合わせを下から選べ。(2点)

- ④ ⑤ ⑥
- A. (間氷期, 光補償点, 暗呼吸)
 - B. (最終氷期, 光補償点, 暗呼吸)
 - C. (間氷期, CO₂補償点, 光呼吸)
 - D. (最終氷期, CO₂補償点, 光呼吸)
 - E. (間氷期, 光補償点, 光呼吸)
 - F. (最終氷期, CO₂補償点, 暗呼吸)

問 19) ヒトのあるタンパク質 (以下, タンパク質 X) のアミノ酸配列の一部 (アミノ酸 5 個分) が下に示したように明らかになったとする。しかし, このアミノ酸配列だけからでは, タンパク質 X の, この部分に相当する DNA の塩基配列を決定することはできない。その理由を述べた文章 A~E のうちから最も適当なものを 1 つ選べ。(2 点)

バリン ロイシン セリン アスパラギン酸 チロシン

- A. アミノ酸の種類は, 三つの DNA の塩基 (コドン) により指定されるので, 1 つのアミノ酸に対して, 複数の塩基配列が対応する可能性があるため。
- B. タンパク質のアミノ酸配列は, タンパク質 X の開始コドンがどのようなものかによって決まるので, 開始コドンがわからないと DNA の塩基配列は決定できないため。
- C. 三つのアミノ酸の並び方を, DNA の三つの塩基の並び方 (コドン) によって指定しているので, 最初のバリンがタンパク質 X の何番目のものかによって塩基配列は違ってくるため。
- D. タンパク質のアミノ酸配列は, 転写および翻訳が終わったあとにおこるスプライシングによって大きく変化するために, この部分のアミノ酸配列からだけでは塩基配列を推定できないため。
- E. バリンやロイシンなどは, ヒトの必須アミノ酸なので, DNA からの転写および翻訳の後に, タンパク質 X につけ加わったものである可能性があるため。

問 20) あるタンパク質 Y に, 最適な条件でタンパク質分解酵素のトリプシンとキモトリプシンを同時に反応させると, トリプシンでは 3 ケ所, キモトリプシンでは 4 ケ所で切断される。このタンパク質 Y をトリプシンとキモトリプシンで同時に酵素処理した場合何個のペプチドが生じるか。A~E より選べ。

(2 点)

- A. 6 個 B. 7 個 C. 8 個 D. 9 個 E. 10 個

問 21) ラットでは, 常に一定量のタンパク X が胃の中に分泌されている。このタンパク X が食欲の調節に関わるとすれば, どのような仕組みによると考えられるか, 次の A~D から選べ。(2 点)

- A. タンパク X が小腸で受容されることによって, 食欲が増進する。
- B. タンパク X が小腸で受容されることによって, 食欲が減退する。
- C. タンパク X が大腸で受容されることによって, 食欲が増進する。
- D. タンパク X が大腸で受容されることによって, 食欲が減退する。

問 22) 成熟した卵を持つキングヨの雌は、卵巣でつくられた性ホルモンのエストロジェンを尿とともに水中に排出する。このホルモンはフェロモンとして働く。キングヨの雄が水中のエストロジェンに反応して配偶行動を起こす仕組みを説明する下記の文章の（ ）の中に入る言葉として正しい組み合わせを、A～Fのうちから選べ。（2点）

文章： エストロジェンは（ ① ）で感知された後（ ② ）。

	①	②
A	鼻	脳が直接的に作用を受ける。
B	鼻	まず精巣が影響を受け、脳に作用する
C	側線	脳が直接的に作用を受ける。
D	側線	まず精巣が影響を受け、脳に作用する
E	舌	脳が直接的に作用を受ける。
F	舌	まず精巣が影響を受け、脳に作用する

問 23) 精巣には精子を形成する幹細胞である精原細胞が含まれている。精原細胞は精母細胞に分化して分裂増殖した後、減数分裂して初期精細胞となり、成熟して精子となる。図中に記載されている a~e は、精子が形成されるまでの途中段階の細胞をタイプ別に分けて表記したものである。

緑色蛍光タンパク質遺伝子を導入した細胞 a を 1 個マウスの精巣に移植した。そのマウスを数ヶ月飼育した後、精巣を取り出して緑色に光る細胞を調べた。その結果として、最も可能性の高い記述を A~F から選べ。(3 点)

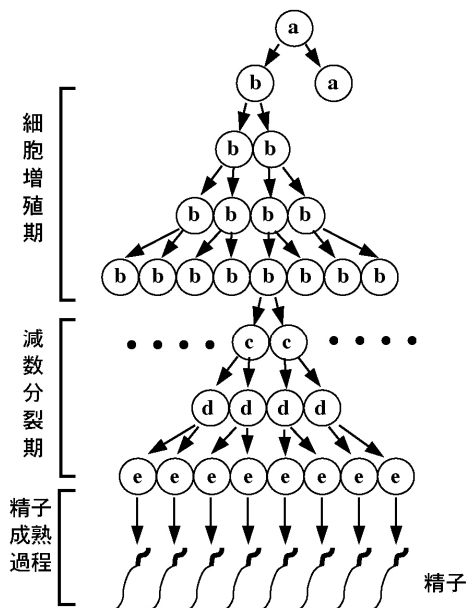


図 精子形成の模式図

- A. 緑色の蛍光を出す細胞は、1 個の細胞 a だけであった。
- B. 緑色の蛍光を出す細胞は、8 個の精子だけであった。
- C. 緑色の蛍光を出す細胞は、64 個の精子だけであった。
- D. 緑色の蛍光を出す細胞として、多くの細胞 b、細胞 c、細胞 d、細胞 e、及び精子が観察されたが、緑色の蛍光を出す細胞 a は観察されなかった。
- E. 緑色の蛍光を出す細胞として、細胞 a と多くの細胞 b、細胞 c、細胞 d、細胞 e、及び精子が観察された。
- F. 緑色の蛍光を出す細胞として、14 個の細胞 b、2 個の細胞 c、4 個の細胞 d、8 個の細胞 e、それと 8 個の精子が観察された。

問 24) 卵巣から体腔内に排卵されたカエルの卵細胞（体腔卵）は、細胞外膜（卵膜）に囲まれている。卵細胞は輸卵管に入り、この管を通過する間に寒天層（ゼリー層）が卵膜の周りに付加される。ゼリー層をまとった卵細胞は体外に生み出され、ここで精子と受精して発生を開始する。受精がきちんと成立して卵細胞が発生を開始するための輸卵管の役割を明らかにするため、次の 1~4 の実験を行った。

実験 1 とその結果：体外に生み出された卵細胞からゼリー層を除き、池の水と同じ組成の塩溶液中で精子液をかけたところ発生しなかったが、可溶化したゼリー層（ゼリー溶液）の中で精子液をかけたところ、発生を開始した。

実験 2 とその結果：体腔卵をゼリー溶液に入れ精子液をかけたところ、発生を開始しなかった。

実験 3 とその結果：輸卵管の特定の部分を切り出してすりつぶした後、この液で体腔卵を処理した。その体腔卵をよく洗った後にゼリー溶液中で精子液をかけたところ、発生を開始した。

実験 4 とその結果：体腔卵の卵膜を除去し、ゼリー溶液中で精子液をかけたところ、発生を開始した。

これら実験結果からア) ~エ) のことが考えられた。この中で明らかに間違った推論がある。それを A~F の中から選べ。（3 点）

- ア) 精子が卵膜を通過できるようになるためには、卵細胞が輸卵管を通過する過程で卵膜が変化することが重要である。
- イ) 精子が受精できるようにするための物質が輸卵管で作られる。
- ウ) 輸卵管の役割は、卵膜の周りにゼリー層を付着させることだけである。
- エ) 体腔卵の卵膜を通過して精子が受精することはできない。

A: ア B: イ C: ウ D: エ E: ア,ウ F: イ,エ

問 25) 生物の進化は様々な要因によって起こる。進化に関わる現象を説明した次の文のなかで、実際には起こらないと考えられるものは、A~E のうちのどれか。（3 点）

- A. 一つの遺伝子に突然変異が生じただけで外部形態が大きく変化すること。
- B. 異種間の交雑の後に染色体の倍数化が起こり、雑種が子孫を残すこと。
- C. 細胞の合体が起こらなくても、他の生物の遺伝子が入って形質が変化すること。
- D. 隔離が直接的な原因となって、突然変異の発生率が高まること。
- E. 偶然が積み重なって同種個体群内の対立遺伝子頻度が変化すること。

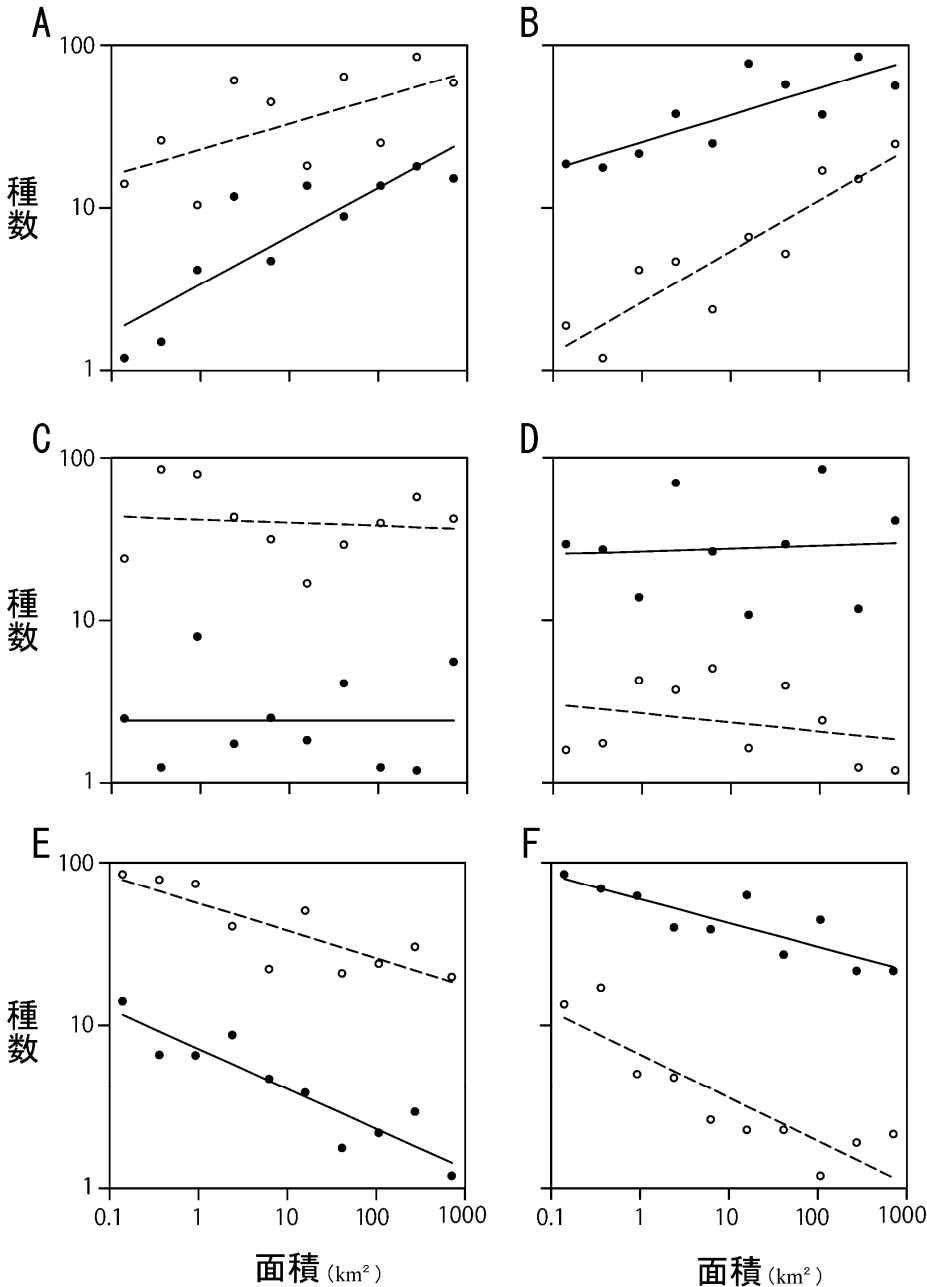
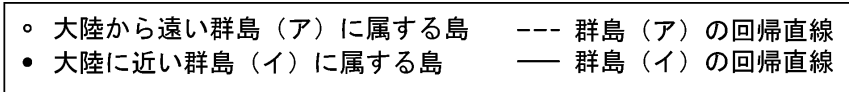
問 26) ニホンアマガエルの雄は図に示すように鳴嚢（めいのう）を発達させて大きな音声を発することができ、大きな音声により縄張りを作ったり、雌をその縄張りに呼び生殖する。一方で、捕食者に居場所を知らせることもなり、痛し痒しである。体が大きいと発する音声の周波数は低くなるのだが、ニホンアマガエルの雄は体の大きさのわりに低い周波数の大きな音声を発する。このような雄がどのような自然選択によって生じたかの作業仮説として、次の A~E のうち最も可能性の低いのはどれか。（3 点）



図：繁殖期に、水面で鳴嚢を膨らまし大きな音声で鳴くニホンアマガエル

- A. 低周波数であるがゆえに遠くまでその音声を大気中で伝えることができ、縄張りの面積を広くしたり、遠くの雌を誘うことができる。
- B. 縄張りを競い合う別の雄を低周波数の大音声で威嚇したり、周波数の低さで体の大きさを過大に誤解させる効果がある。
- C. 鼓膜からばかりでなく、前肢の骨も経路にふくむ骨伝導により音や振動を感覚器である内耳につたえるので、低周波の音が音声交信に適している。
- D. 大きな音声で鳴くのは気圧が低くなるときであって、鳴嚢を大きく膨らませて気圧の変化を鋭敏に感受する。大きな鳴嚢に音声共鳴するため周波数が低くなった。
- E. 体の大きい雄を生殖行動の相手に選ぶという雌の好みにより、体の大きさのわりに低い周波数を出すことのできる雄が多くなった。

問 27) 種数-面積曲線とは、群集に含まれる生物種の数と群集の地理的面積に対してプロットしたものである。ある大陸から遠く離れ、様々な面積の島からなる群島（ア）と、同じ大陸の近くにあつて様々な面積の島からなる群島（イ）がある。これらの島で繁殖する鳥類の種数を調べ、それぞれの群島について種数-面積曲線を描いた。描かれた種数-面積曲線は下図のA~Fのうちどれだろうか？最も適当だと考えられるものを1つ選べ。なお、今回用いたデータは仮想のものである。（3点）



問28) バハマ諸島の小さな島々には、コガネグモ属の1種*Argiope argentata* が住んでいる。このクモの個体群動態(個体数の時間変動)をある小さな島で長期間記録したところ、ある年には絶滅していた個体群が、何年か後に再生していた。おそらく他の島からバルーニング(子グモが糸を出して風に乗って飛ぶ行動)によって分散してきた個体が、新たな個体群を再建したのだろう。つまり、複数の島々の*A. argentata*の個体群は、個体の移入や移出によって互いにつながっていると考えられる。このように、複数の個体群が個体の移動分散によってつながっているとき、そのような個体群の集まりを「メタ個体群」という。*A. argentata*に限らず、多くの動物や植物がメタ個体群として自然のなかで存続していると考えられている。次のア～エの文章は、メタ個体群とそれを構成している個体群についての記述である。このうち正しいもの2つの組み合わせをA～Fの中から選べ。(3点)

- ア. メタ個体群が最も持続的に存続しやすいのは、メタ個体群を形成している全ての個体群の間で個体群動態が同期しているときである。
- イ. ある個体群において出生率が死亡率を下回っていても、その個体群は維持されることがある。
- ウ. 一部の個体群の生息場所が破壊され失われただけで、全ての個体群が絶滅してしまうことがある。
- エ. メタ個体群を形成することにより、各個体群の環境収容力が増加する。
- オ. メタ個体群を形成することにより、各個体群の内的自然増加率が増加する。

A. アとイ B. アとウ C. イとウ D. イとオ E. ウとエ F. エとオ

問29) 高等植物には1日の日照時間、すなわち日長を感知して、開花の時期を決めているものが多い。日長がどのように変化すれば花芽を形成するのかによって、短日植物・長日植物・中性植物に分けられている。短日植物の一つであるオナモミ(*Xanthium strumarium*)に12時間連続明所(12時間連続暗所)あるいは14時間連続明所(10時間連続暗所)の日長条件で栽培したところ、いずれの条件下でも花芽を形成した。このオナモミが短日植物であることを示すためには、次のA～Eのうちどの明条件で栽培試験を行うのが適当だろうか。(3点)

A. 10時間 B. 12時間 C. 13時間 D. 14時間 E. 16時間

問 30) 双子葉植物の種子を白色光のもとで発芽させると、茎（正確には、胚軸と呼ぶ）は短いままで、双葉は開き大きく緑に発達する。一方、暗黒下で発芽させると、茎はひよろ長く成長し、双葉は閉じたままで大きくならず薄黄色をしている。双子葉植物の一つ、シロイヌナズナで人工的に多数の突然変異体を作りだし、白色光のもとで発芽させても、茎がひよろ長くて双葉が緑になりにくい突然変異体を2種類（㊦と㊧）見つけることができた。更に研究を進めて、㊦と㊧は両方とも、それぞれ1つの遺伝子の機能が失われて生じた突然変異体であることが分かった。白色光は、さまざまな色（波長）の光が混ざったものなので、単一の色の光のもとでこれら突然変異体を栽培してみたところ、㊦は青色光のもとで発芽させると茎が短く緑になるが、緑や赤の光のもとでは茎がひよろ長く成長し双葉は緑になりにくかった。一方、㊧は赤色光のもとで発芽させると茎が短く緑になるが、他の光のもとでは茎がひよろ長く成長し双葉は緑になりにくかった。この実験結果から推測できるもっとも妥当な結論を下のA~Eのうちから選べ。（2点）

- A. 植物には、赤色光を認識するタンパク質だけが存在する。
- B. 植物には、青色光を認識するタンパク質だけが存在する。
- C. 植物には、赤色光と青色光のそれぞれを認識する別々のタンパク質が存在する。
- D. 植物には、赤色光と青色光の両方を認識することのできる1種類のタンパク質が存在する
- E. この実験結果からは、植物にさまざまな光を認識するのに働くタンパク質が存在するかどうか判断できない。

問31) ヒトのMN型血液型は対立遺伝子MとNによって決定されている。遺伝子型MMはM型、NNはN型となり、遺伝子型MNの場合はMとNに優劣関係がないためMN型となる。いまハーディ・ワインベルグの平衡状態が成り立っているヒトの集団で、血液型がMN型のヒトの人数はN型のヒトの3倍であった。この集団におけるNの遺伝子頻度は次のうちのどれか。A~Fのうちから正しいものを選び記号で答えよ。（3点）

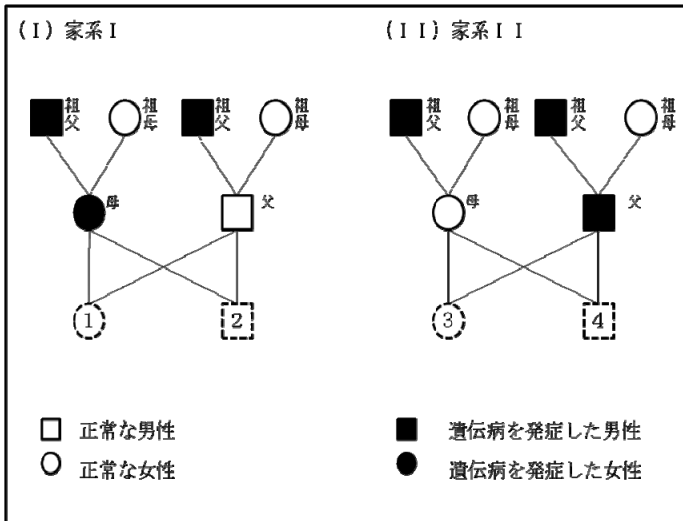
- A. 0.4 B. 0.8 C. 0.75 D. 0.33 E. 0.67 F. 0.86

問 32) 遺伝子型が $AaBbCc$ の植物体が自家受精したとき, F_1 の分離比が下記の通りになった。この結果から, 遺伝子 $A(a)$, $B(b)$, $C(c)$ の 3 つの関係の説明として, 正しいものを選択肢 A~H から 1 つ選べ。なお表現型が A の場合を $[A]$ 表現型が a の場合を $[a]$ と表す。(3 点)

$$[ABC] : [ABc] : [AbC] : [aBC] : [Abc] : [abC] = 6:3:2:3:1:1$$

- A. $A(a)$ と $B(b)$ が独立で, A と C , a と c が連鎖している。
- B. $A(a)$ と $B(b)$ が独立で, A と c , a と C が連鎖している。
- C. $A(a)$ と $B(b)$ が独立で, B と C , b と c が連鎖している。
- D. $A(a)$ と $C(c)$ が独立で, A と B , a と b が連鎖している。
- E. $A(a)$ と $C(c)$ が独立で, A と b , a と B が連鎖している。
- F. $A(a)$ と $C(c)$ が独立で, B と c , b と C が連鎖している。
- G. $A(a)$, $B(b)$, $C(c)$ がすべて独立している。
- H. $A(a)$, $B(b)$, $C(c)$ がすべて連鎖している。

問 33) 下は X 染色体上の一つの遺伝子での変異が原因で遺伝病を発症した人がある二つの家族の家系図である。これらの家族において今後生まれてくる子供が遺伝病を発症する確率を正しく記述しているものを, 次の A~F のうちから選べ。(3 点)



- A. 家系 I の女子 (1) と男子 (2) が遺伝病を発症する確率はほぼ等しい。
- B. 家系 II の女子 (3) と男子 (4) が遺伝病を発症する確率はほぼ等しい。
- C. 家系 I の女子 (1) と家系 II の女子 (3) がこの遺伝病を発症する確率はほぼ等しい。
- D. 家系 I の男子 (2) と家系 II の男子 (4) がこの遺伝病を発症する確率はほぼ等しい。
- E. 家系 I の女子 (1) と家系 II の男子 (4) がこの遺伝病を発症する確率はほぼ等しい。
- F. 家系 I の男子 (2) と家系 II の女子 (3) がこの遺伝病を発症する確率はほぼ等しい。

問 34～35) ヒトやマウスの遺伝子数は全部で約 25,000 もある。このように多数の遺伝子の中で、特定の遺伝子から作られるタンパク質が、細胞のどの部分に存在して、どのような機能をもっているかを明らかにするために、実験 1～3 を行った。

[実験 1]

マウスの脳から mRNA を調製した。この mRNA から酵素(a)を用いた反応により相補的 DNA (cDNA) を合成した。次にこの cDNA の集団から酵素(b)を用いたポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) 法を用いて、*ras* という名前の遺伝子の cDNA を増幅した。この *ras* 遺伝子の cDNA の両末端を酵素(c)によって切断し、同じ酵素(c)によって切断したプラスミドベクターに酵素(d)を用いて結合した後、大腸菌に導入した。このようにして、*ras* 遺伝子の cDNA を大腸菌の中で増やし、*ras* 遺伝子の cDNA をクローニングした。

問 34) 実験 1 で用いた酵素(a)～(d)について、①～⑤ の酵素のうち、正しい組合せを A～G のうちから選べ。(3 点)

- ① リガーゼ (DNA リガーゼ)
- ② 制限酵素
- ③ DNA ポリメラーゼ
- ④ RNA ポリメラーゼ
- ⑤ 逆転写酵素

	酵素 (a)	酵素 (b)	酵素 (c)	酵 素 (d)		酵素 (a)	酵素 (b)	酵素 (c)	酵素 (d)
A.	①	②	③	⑤	E.	③	⑤	①	②
B.	①	②	④	⑤	F.	④	⑤	①	②
C.	②	③	⑤	①	G.	⑤	③	②	①
D.	②	④	⑤	①	H.	⑤	④	②	①

[実験 2]

正常な細胞の Ras タンパク質の 12 番目のアミノ酸のコドンは GGA である。Ras の cDNA に人為的に突然変異を入れることにより、この cDNA から作られる Ras タンパク質の 12 番目のアミノ酸をバリンに変換した。この突然変異を入れた *ras* cDNA を、ほ乳類の細胞でタンパク質を発現させるためのプラスミドベクターに組み込み、マウスの培養上皮細胞に導入した。マウスの正常な上皮細胞は整然と単一の層を形成しているが、変異した *ras* 遺伝子の導入により細胞の形が丸くなり、細胞が折り重なって次々に分裂するようになった。すなわち細胞が、がん化した状態になった。

問 35) 実験 2 で cDNA に入れた人為的な突然変異とはどのようなものであるか。下のコドン表を参考にして、A~J のうちから選べ。(2 点)

【コドン表】

2 文字目

	U	C	A	G	
U	UUU フェニルアラニン	UCU	UAU チロシン	UGU システイン	U
	UUC	UCC セリン	UAC	UGC	C
	UUA ロイシン	UCA	UAA 終止	UGA 終止	A
	UUG	UCG	UAG 終止	UGG トリプトファン	G
C	CUU	CCU	CAU ヒスチジン	CGU	U
	CUC	CCC	CAC	CGC アルギニン	C
	CUA	CCA	CAA グルタミン	CGA	A
	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU	ACU	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
	AUC イソロイシン	ACC	AAC	AGC	C
	AUA	ACA	AAA リジン	AGA アルギニン	A
	AUG メチオニン	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU	GCU	GAU アスパラギン酸	GGU	U
	GUC	GCC	GAC	GGC グリシン	C
	GUA	GCA	GAA	GGA	A
	GUG	GCG	GAG	GGG	G

- A. GGA を欠失させた。
- B. GGA の 1 番目の G を欠失させた。
- C. GGA の 2 番目の G を欠失させた。
- D. GGA の 3 番目の A を欠失させた。
- E. GGA の 1 番目の G を U に換えた。
- F. GGA の 1 番目の G を T に換えた。
- G. GGA の 2 番目の G を U に換えた。
- H. GGA の 2 番目の G を T に換えた。
- I. GGA の 3 番目の A を U に換えた。
- J. GGA の 3 番目の A を T に換えた。

問 36～38) 低分子の塩基性化合物ヒスタミンには、毛細血管の拡張・血管壁の透過性向上・胃酸の分泌促進などの働きがある。ヒスタミンは、肥満細胞（マスト細胞）においてアミノ酸の1種であるヒスチジンから1段階の酵素反応によって合成されて細胞内に蓄積され、外部ストレスなどの刺激によって放出される。放出されたヒスタミンは、標的細胞の受容体に結合してその細胞の働きを活性化する。働きを終えたヒスタミンはヒスタミン分解酵素（ヒスタミナーゼ）により速やかに分解される。

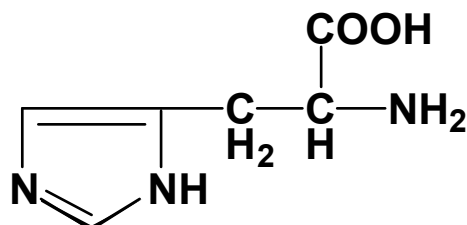


図1 ヒスチジンの構造式

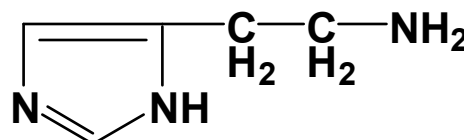


図2 ヒスタミンの構造式

問 36) ヒスチジンの構造式は図1、ヒスタミンの構造式は図2の通りである。ヒスチジンからヒスタミンを合成する酵素はA～Eのどれか。（2点）

- A. ヒスチジン脱アミノ基酵素（ヒスチジンデアミナーゼ）
- B. ヒスタミン-N-メチル基転位酵素（ヒスタミン-N-メチルトランスフェラーゼ）
- C. ヒスチジノール脱水素酵素（ヒスチジノールデヒドロゲナーゼ）
- D. ジアミン酸化酵素（ジアミノキシダーゼ）
- E. ヒスチジン脱炭酸酵素（ヒスチジンデカルボキシラーゼ）

ヒスタミンが作用する機構の中の特定の分子の働きを阻害する化合物 a, b, c, d が発見されている。動物による安全性試験の後、(1)じん麻疹ができて皮膚が腫れている患者、(2)花粉症で目が赤くなっている患者、(3)胃酸過多のため胃潰瘍を起こした患者のボランティアを募って臨床試験を行ったところ以下の結果が得られた。

一般に、毛細血管の血管壁の浸透性が向上すると、血管から漏れた水が皮下にたまって腫れる。また、毛細血管が拡張すると顔色や目が赤くなる。一方、胃の内壁は常に胃酸に溶かされたところを修復しているが、修復が追いつかなくなると胃潰瘍が発生することが知られている。

患者	化合物 a	化合物 b	化合物 c	化合物 d
(1) じん麻疹	症状悪化	症状軽快	効果なし	症状軽快
(2) 花粉症	症状悪化	症状軽快	効果なし	症状軽快
(3) 胃潰瘍	症状悪化	症状軽快	症状軽快	効果なし

問 37) 化合物 a と b はそれぞれどの分子の働きを阻害するか。A～F の記述のうち正しいものを選び。

(3 点)

- A. 化合物 a はヒスタミン合成酵素を阻害し、化合物 b はヒスタミン分解酵素を阻害する。
- B. 化合物 a はヒスタミン合成酵素を阻害し、化合物 b は血管内皮細胞の受容体を阻害する。
- C. 化合物 a はヒスタミン合成酵素を阻害し、化合物 b は胃壁細胞の受容体を阻害する。
- D. 化合物 a はヒスタミン分解酵素を阻害し、化合物 b はヒスタミン合成酵素を阻害する。
- E. 化合物 a はヒスタミン分解酵素を阻害し、化合物 b は血管内皮細胞の受容体を阻害する。
- F. 化合物 a はヒスタミン分解酵素を阻害し、化合物 b は胃壁細胞の受容体を阻害する。

問 38) 化合物 c と d はそれぞれどの分子の働きを阻害するか。A～F の記述のうち正しいものを選び。

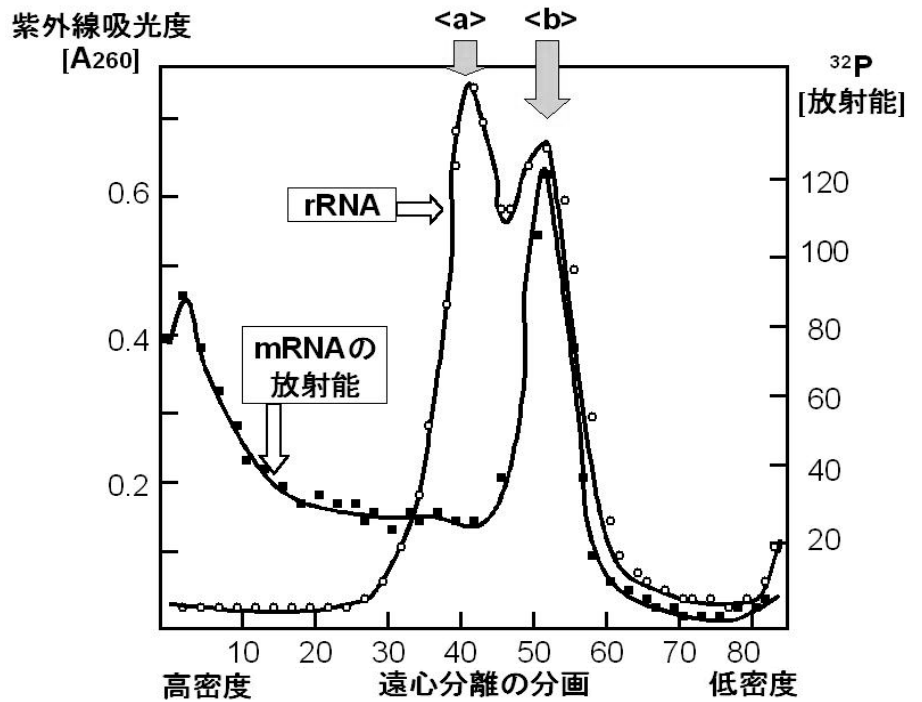
(3 点)

- A. 化合物 c は胃壁細胞の受容体を阻害し、化合物 d はヒスタミン合成酵素を阻害する。
- B. 化合物 c は胃壁細胞の受容体を阻害し、化合物 d はヒスタミン分解酵素を阻害する。
- C. 化合物 c は胃壁細胞の受容体を阻害し、化合物 d は血管内皮細胞の受容体を阻害する。
- D. 化合物 c は血管内皮細胞の受容体を阻害し、化合物 d はヒスタミン合成酵素を阻害する。
- E. 化合物 c は血管内皮細胞の受容体を阻害し、化合物 d はヒスタミン分解酵素を阻害する。
- F. 化合物 c は血管内皮細胞の受容体を阻害し、化合物 d は胃壁細胞の受容体を阻害する。

問 39) 1960 年代の分子生物学の黎明期に、DNA の情報が mRNA に転写され、リボソームに結合することによってタンパク質となることを証明するために、ブレンナー、ジャコブ、メセルソンの 3 人は以下のような実験を行った。

盛んに分裂増殖している大腸菌に非常に短い時間 (パルス)、放射性のリン酸 (^{32}P) を取り込ませた後、細胞の抽出液を作り、塩化セシウムの平衡密度勾配遠心分離法によって解析した。

この実験では、濃厚な塩化セシウム溶液に試料を載せて強力な遠心分離機で長時間遠心分離を行うことにより、塩化セシウム濃度が上部が薄く下部が濃いという密度勾配ができて、試料中の各成分がそれぞれの密度に対応する位置に来ることを利用して分画を行う。DNA および RNA の密度は約 1.9、タンパク質の密度は約 1.3 である。リボソームの大サブユニットと小サブユニットはいずれもタンパク質と RNA がほぼ 1:1 の割合で含まれるため、密度はいずれも約 1.6 である。リボソームの位置はリボソームに含まれる RNA (rRNA) による紫外線の吸収から推定することができる。結果は上の図に示すように、260 nm の紫外線吸光度 (A_{260}) から測定した rRNA の 2 つのピーク <a> と に対して、 ^{32}P が取り込まれた mRNA の放射能がピーク に一致していた。この結果は、リボソームが mRNA に結合することを示すものである。一方、ピーク <a> について、ブレンナーらは mRNA を結合していないリボソームであると解釈したが、日本の野村真康博士は、この解釈には誤りがあると指摘した。



【問】ブレンナーらの解釈と野村博士の指摘について、その内容と理由を述べた以下の A~F のうち最も適当なものを選び。(3 点)

- A. ブレンナーらの解釈が正しい。
- B. 野村博士は、ピーク <a> とピーク の大きさがほぼ同じであることから、それぞれリボソームの大サブユニットと小サブユニットであると指摘した。
- C. 野村博士は、リボソームは mRNA と結合していないときは大サブユニットと小サブユニットが解離していることから、ピーク <a> はリボソームの大サブユニットと小サブユニットが解離したものであると指摘した。
- D. 野村博士は、リボソームにさらに mRNA が結合すれば密度が高くなるはずであるから、ピーク <a> はリボソームに 2 倍量の mRNA が結合したものであると指摘した。
- E. 野村博士は、ピーク <a> は mRNA が結合していないリボソームからタンパク質の一部がはがれ落ちたものであると指摘した。
- F. 野村博士は、ピーク <a> は mRNA が結合したリボソームからタンパク質の一部がはがれ落ちたものであると指摘した。

