

理 科(生物)

(2023)

- (注意事項)
- 1 問題文は16ページあります。
 - 2 解答は解答用紙の所定欄に記入してください。下書きは、問題冊子の余白を利用してください。ただし、回収はしませんので採点の対象とはなりません。
 - 3 定規を使用することができます。ただし、計算・メモ・通信などの機能をもった時計や電卓、携帯電話などは使用できません。
 - 4 解答は一部記述を含むマークセンス方式となっていますので、解答用紙の注意事項をよく読み解答してください。
 - 5 受験番号・氏名・フリガナは、監督者の指示に従って、解答用紙の所定欄に丁寧に記入してください。
 - 6 解答用紙にマークセンス方式の受験番号欄があります。受験番号をマークする際は濃く丁寧にぬってください。
 - 7 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページ落丁・乱丁及び解答用紙の汚れなどに気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。

第1問 タンパク質の折りたたみに関する次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

解答欄 ～ ,

真核生物のタンパク質合成は における翻訳によって開始される。翻訳過程では、tRNA によって選ばれた が a) 合成中のポリペプチドの末尾にペプチド結合している。翻訳の完了したタンパク質の一部は、小胞体内に輸送され糖鎖（単糖類が連結した分岐型分子）の付加を受け糖タンパク質となる。糖タンパク質は小胞体内で b) 折りたたまれ、正しい立体構造を獲得する。タンパク質上の糖鎖は糖タンパク質の折りたたみを制御するシグナルとして働く。例えばカルネキシンというシャペロンは、図 1-1 に示すグルコース (Glc) 1 つ、マンノース (Man) 9 つ、*N*-アセチルグルコサミン (GlcNAc) 2 つからなる $\text{Glc}_1\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ 型 12 糖をもつ糖タンパク質を認識し、タンパク質部分の折りたたみを手助けする。c) 一方、グルコシダーゼ II も $\text{Glc}_1\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ 型糖タンパク質を認識し、Glc を切断して $\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ 型糖タンパク質を生成する。 $\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ 型糖タンパク質は折りたたみセンサー酵素に認識され、タンパク質部分の折りたたみ状態のチェックを受ける。折りたたみが完成した分泌型糖タンパク質は、小胞輸送によってゴルジ体を經由して d) 細胞膜に輸送され、 によって細胞外に分泌される。一方、e) 折りたたみに失敗した変性糖タンパク質はディスロコンという f) チャネルを通過して、小胞体から細胞質へと排出され最終的にプロテアソームや で分解される。

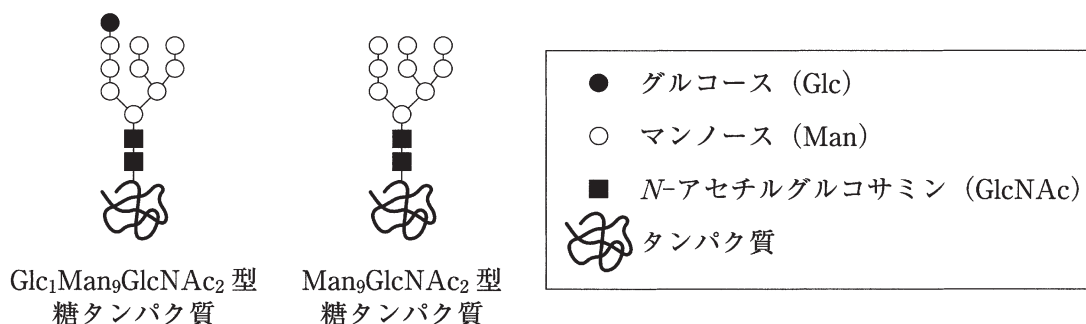


図 1-1 糖タンパク質の模式図

問4 文章中の下線部c)のように、カルネキシンとグルコシダーゼⅡは $\text{Glc}_1\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ 型糖タンパク質に競合して作用する。いま、折りたたみ不十分な $\text{Glc}_1\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ 型糖タンパク質に対して、以下のことが分かっている。(1)カルネキシンとグルコシダーゼⅡを同時に作用させると糖鎖構造は変化しない。(2)カルネキシンを1時間作用させた後にグルコシダーゼⅡを加えると糖鎖構造が $\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ に変化する。なぜ糖鎖構造が(1)で変化せず、(2)で変化したのか、その理由を記述式解答欄1に説明せよ。なお両者の性質に関して次の(A)～(G)が分かっているものとする。

記述式解答欄1

カルネキシンの性質

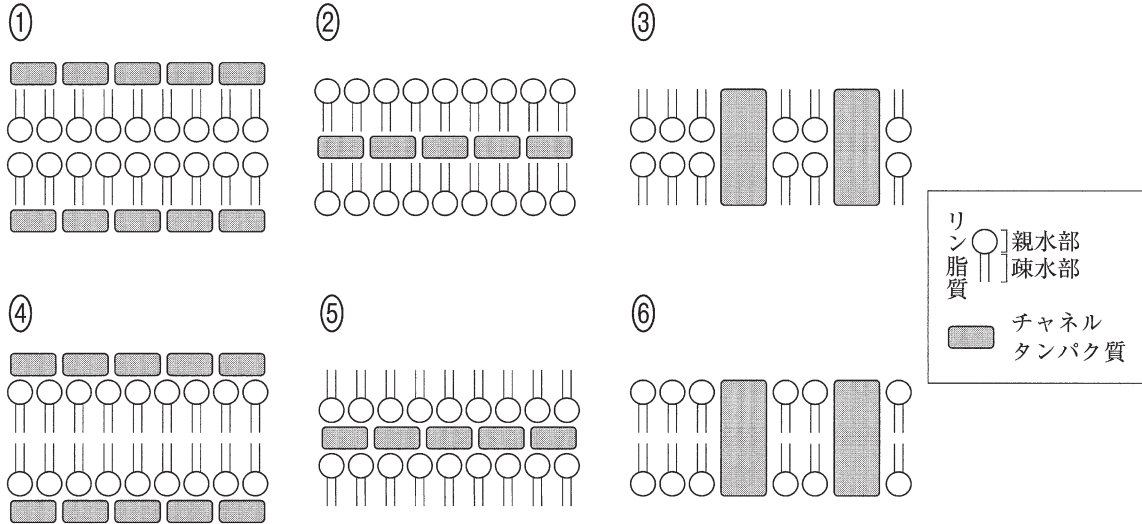
- (A) $\text{Glc}_1\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ 型糖鎖と結合する能力がある。
- (B) 折りたたみ不十分なポリペプチドと結合する能力がある。
- (C) 折りたたみが完成したタンパク質と結合する能力はない。
- (D) 折りたたみ不十分な糖タンパク質に対して(A)と(B)によって強く結合する。
- (E) 結合した糖タンパク質のポリペプチド部位の折りたたみを促進する。

グルコシダーゼⅡの性質

- (F) $\text{Glc}_1\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ 型糖鎖の Glc を切断して $\text{Man}_9\text{GlcNAc}_2$ 型糖鎖へと変換する酵素である。
- (G) 糖タンパク質に対してカルネキシンと同時に働くことはできない。

問5 文章中の下線部 d) の模式図として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

4

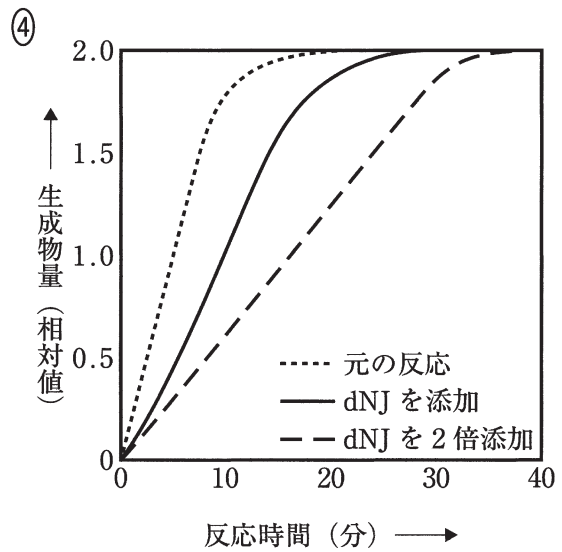
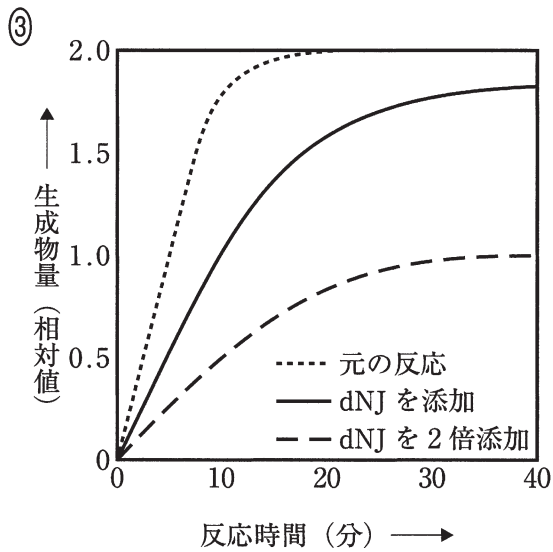
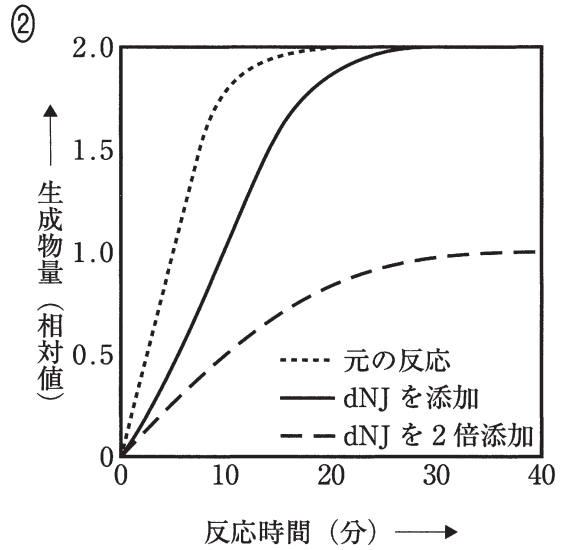
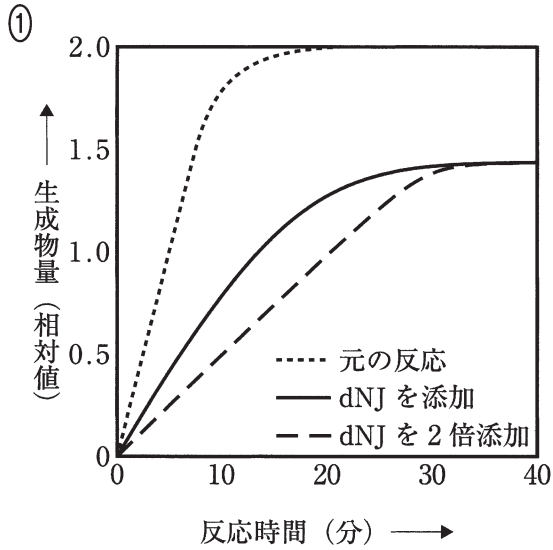


問6 文章中の下線部 e) に関し、タンパク質を変性させる要因として適切なものを、記述式解答欄 2 に 2 つ書け。

記述式解答欄 2

問7 デオキシノジリマイシン (dNJ) はグルコシダーゼ II に対する競争的阻害剤である。グルコシダーゼ II が触媒する酵素反応に、dNJ を 2 種類の濃度で加えた場合の生成物量と時間の関係を表すグラフの変化として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

5



問 8 細胞膜を介した物質輸送には、文章中の下線部 f) に示すチャネルが関与する受動輸送に加え、能動輸送も知られている。いま赤血球の細胞膜を介した K^+ と Na^+ の輸送について、次の実験を行った。下の(1)~(3)の問いに答えよ。

実験

操作 1 : ヒトの赤血球を血しょうと同じイオン組成の溶液に浮遊させ、 $4^{\circ}C$ の冷蔵庫内に数日間放置した。

操作 2 : 操作 1 に引き続き、赤血球の浮遊液を冷蔵庫から $37^{\circ}C$ の恒温槽に移し、グルコースが消費されるまで 24 時間放置した。

操作 3 : 操作 2 に引き続き、温度を $37^{\circ}C$ に保ったまま、赤血球の浮遊液にグルコースを加えた。

(1) 採血したときの血液と比較して操作 1 の処理において起こる赤血球内の K^+ および Na^+ の濃度変化として最も適切なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 6

- ① Na^+ 濃度は減少するが、 K^+ 濃度は変わらない。
- ② Na^+ 濃度は増加するが、 K^+ 濃度は変わらない。
- ③ K^+ 濃度は減少するが、 Na^+ 濃度は増加する。
- ④ K^+ 濃度は増加するが、 Na^+ 濃度は減少する。

(2) 操作 2 において起こる赤血球内の K^+ の濃度変化として最も適切なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 7

- ① K^+ 濃度は減少し続ける。
- ② K^+ 濃度は増加し続ける。
- ③ K^+ 濃度は減少したのちに増加する。
- ④ K^+ 濃度は増加したのちに減少する。

(3) 操作 3 によって赤血球内の K^+ 濃度は変化した。その理由を記述式解答欄 3 に説明せよ。 記述式解答欄 3

第2問 遺伝に関する次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

解答欄

8

 ～

14

 ,

記述式解答欄 4, 5

猫の尾の長さにはおおよそ3種類の多様性がある。長い場合（正常）と短い場合（重度）、それらの中間ほどの長さ（軽度）に分けられる。これら尾の長さは Hes7 遺伝子によって決まっている。Hes7 遺伝子は常染色体に存在し、5369 塩基対からなる。mRNA 前駆体には4つのエクソンと3つのイントロンが存在し、そこから2023塩基の mRNA が転写される。mRNA からは228個のアミノ酸からなる Hes7 タンパク質が翻訳される。mRNA において開始コドンの次の3つの塩基が GUC の場合と GCC の場合がある。父親、母親から遺伝した DNA 上で、それらの塩基が両方とも GTC の場合は正常な長さの尾になり、片方だけ GTC、他方は GCC の場合は軽度の短さの尾になる。両方とも GCC の場合は重度の短い尾となる。日本では長崎県を中心に重度の短い尾の猫が確認されている。

ヒトでは発生過程で生じる体節の形成に Hes7 タンパク質が必須である。Hes7 タンパク質量の増減によって体節が形成され、増減の周期はヒトでは約5時間である。この周期により体節が次々に形成され、発生が継続される。Hes7 遺伝子に様々な変異が生じると先天性（生まれながら）の脊椎、肋骨の異常症となる。

問1 Hes7 におけるイントロンの平均塩基数を示すものとして、最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

8

- ① 1790 ② 1115 ③ 674 ④ 598

問2 Hes7 DNA から Hes7 mRNA が作られる過程を示す順番として、最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

9

- A. 核から細胞質に移動する。
- B. 転写される DNA 領域の2本鎖が開く。
- C. スプライシングがおこる。
- D. mRNA 前駆体が合成される。
- E. プロモーターに RNA ポリメラーゼが結合する。

- ① A→C→E→B→D ② C→E→B→D→A
③ E→B→D→C→A ④ B→E→D→C→A

問3 Hes7 mRNA から Hes7 タンパク質が翻訳される過程を示す事象として、最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

10

- ① mRNA にリボソームが付着し、mRNA の末端から翻訳が始まる。
- ② ラギング鎖が岡崎フラグメントと結合する。
- ③ 結合した RNA プライマーから DNA ポリメラーゼが伸長していく。
- ④ リボソームが mRNA の 5' 側から 3' 側へと移動する。
- ⑤ プロモーターからオペレーターが外れる。

問4 開始コドンの次の 3 塩基を含むエキソンの領域に相当する DNA 配列を PCR 法で増幅した後、制限酵素 *Hae* III と *Alu* I で同時に切断し、電気泳動法で DNA の長さを観察した。長い尾の猫の場合、74, 29, 22, 7 塩基対に DNA 断片が切断された。重度の短い尾の猫の場合、43, 31, 29, 22, 7 塩基対に DNA 断片が切断された。軽度の短い尾の猫の場合における DNA 断片の種類はいくつか。最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

11

- ① 4
- ② 5
- ③ 6
- ④ 9

問5 尾の長い猫と軽度の短さの尾を持った猫との間に生まれた猫において、長い尾を持つ確率 (%) として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

12

- ① 100
- ② 75
- ③ 50
- ④ 25
- ⑤ 0

問6 Hes7 遺伝子が仮に X 染色体に存在していた場合の表現型を記述式解答欄 4 に記せ。ただし猫の性決定様式はヒトと同じ XY 型とする。

記述式解答欄 4

問7 脊椎動物における体節が形成される時期として、最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

13

- ① 桑実胚期
- ② 胞胚期
- ③ 原腸胚期
- ④ 神経胚期

問 8 体節から分化するものとして，最も適切なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

14

① 神経

② 骨格筋

③ 腎臓

④ 心臓

問 9 ヒトの Hes7 タンパク質を増減させている要因として，Hes7 mRNA の増減以外に考えられることを記述式解答欄 5 に記せ。

記述式解答欄 5

第3問 植物の花芽形成に関する次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

解答欄 15 ~ 21 , 記述式解答欄 6 ~ 8

生物における生命現象が、明暗周期によって引き起こされることを光周性という。植物が一年の決まった時期に花を咲かせるのは、多くの植物種が一日のうち、夜と昼の長さの変化を感知し、これに反応して花芽を形成するためである。多くの植物の花芽形成は ア の長さに応じて誘導され、花芽形成が起こるかどうかの境界となる ア の長さを イ という。

光が植物の花芽形成に及ぼす影響を調べるため、日長に対する反応が異なる植物A～Dを用い、人工的な環境下で次のような実験を行った。

実験 1

一年中温度を一定に保った温室内で植物A・B・Cの3種類の種子を色々な時期にまき、発芽してから開花するまでに要する日数とこの地点の日長を調べたところ図3-1の結果を得た。

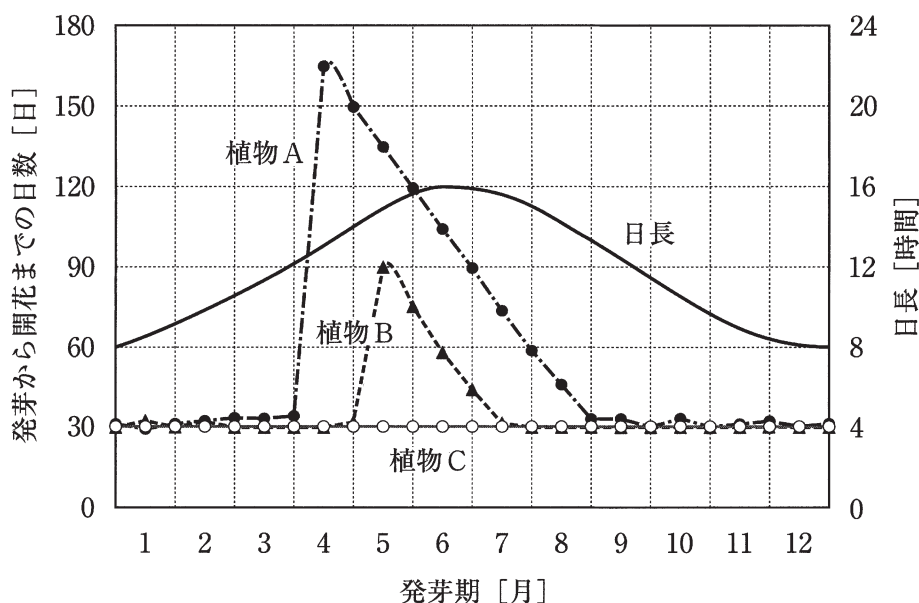


図3-1 日長（右軸）と開花までの日数（左軸）

実験 2

植物Dを連続光下で育てたところ花芽を形成しなかった。連続光下で育てた植物Dを、
a) 暗室に移して16時間の暗期処理を行い、その処理中の異なる時期に強い光を1分間、1度だけ照射した。暗期処理を始めてからこの短時間の光照射をするまでの時間と形成された花芽の数の割合との関係を調べたところ、表3-1のような結果となった。

表 3-1 暗期処理から光照射までの時間と花芽数の割合

光照射までの時間 [時間]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
花芽数の割合 [%]	100	100	95	90	90	80	60	20	0	20	60	80	90	90	95	100	100

問 1 文中の空欄 **ア** と **イ** に入る語句の組み合わせとして、最も適切なものを次の①～④のうちから一つ選べ。 15

	ア	イ
①	暗期	限界暗期
②	明期	限界周期
③	暗期	限界周期
④	明期	限界暗期

問 2 下線部 a) の目的として、最も適切なものを次の①～④のうちから一つ選べ。 16

- ① 春化处理 ② 光障害 ③ 光中断 ④ オーキシン処理

問 3 実験 1 の結果から推論できることとして、最も適切なものを次の①～④のうちから一つ選べ。 17

- ① 植物 A は短日植物であるが、植物 B は長日植物である。
 ② 植物 A は長日植物であるが、植物 B は短日植物である。
 ③ 植物 A・B 共に長日植物である。
 ④ 植物 A・B 共に短日植物である。

問 4 植物 C のように日長の影響を受けずに花芽を形成する植物を何というか、記述式解答欄 6 に書け。 記述式解答欄 6

問5 実験1と同じ条件で、日長だけを人為的に11時間に保った場合、植物A・B・C共に同時に発芽したとすると、A・B・Cの開花時期として、最も適切なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。

18

- ① Aが最も早く開花する。
- ② Bが最も早く開花する。
- ③ Cが最も遅く開花する。
- ④ AとBのみが同日に開花する。
- ⑤ AとCのみが同日に開花する。
- ⑥ AとBとCが同日に開花する。

問6 植物A・B・Cに該当する植物種として、最も適切なものを次の①～④のうちから一つ選べ。

19

	植物A	植物B	植物C
①	アブラナ	キク	トマト
②	コスモス	アサガオ	トウモロコシ
③	コムギ	キク	トマト
④	コスモス	ダイコン	トウモロコシ

問7 実験2の結果から植物Dについて推論できることとして、以下の文のうち正しいものの数はいくつか。最も適切な数を下の①～⑤のうちから一つ選べ。

20

- (i) 1日(24時間)において日長が10時間のとき花芽を形成する。
- (ii) 1日(24時間)において日長が13時間のとき花芽を形成する。
- (iii) 1日(24時間)において日長が16時間のとき花芽を形成する。
- (iv) 1日(24時間)において日長が19時間のとき花芽を形成する。

- ① 0個
- ② 1個
- ③ 2個
- ④ 3個
- ⑤ 4個

問8 植物Dと植物A・B・Cの光周性に関する文のうち、最も適切なものを①～④のうちから一つ選べ。

21

- ① 花芽の形成に関して植物Dは植物Aと似た光周性を示すが、植物Bとは大きく異なる。
- ② 花芽の形成に関して植物Dは植物Bと似た光周性を示すが、植物Aとは大きく異なる。
- ③ 花芽の形成に関して植物Dは植物AとBと似た光周性を示す。
- ④ 花芽の形成に関して植物Dは植物Cと似た光周性を示す。

問9 植物Dに対して暗期を10時間にして実験2と同様の実験を行うとどのようなグラフになると予想されるか。記述式解答欄7に花芽形成割合のグラフを作成せよ。

記述式解答欄7

問10 植物Dの葉を全て取り除いて16時間暗期処理をしたところ花芽が形成されなかった。花芽形成を促進する物質の特徴として考えられることを2つ、記述式解答欄8に記せ。

記述式解答欄8

第4問 進化に関する次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

解答欄 22 ～ 24 , 記述式解答欄 9 ～12

1809年、ラマルクは進化について「頻繁に用いられる生物の器官は大きく発達し、あまり用いられない器官は小さくなり機能を失っていく。こうして得られた形質は子孫にも伝わる。」という用不用説を発表した。それに対し A は1859年の論文で a) 「生物種の変化は偶然に起こり、環境に適応した種が生き残ることで進化する」という ア の考えを組み入れた進化論を提案した。1865年には B の イ が発表されているが、それが世に知られるのは1900年のド・フリース等による再発見以降である。

当時は遺伝子とは何らかの粒子と考えられていたが、現在では遺伝子はDNAの塩基配列情報であり、進化が塩基配列の変化の積み重ねで起きることが知られている。突然変異は偶然の過程で起きるため、長期的には一定の速度で蓄積されると考えられる。しかし遺伝子解析により測定された進化速度は一定ではないように見える。このような現象は1968年に C が提唱した ウ で説明される。ある種の遺伝子の変異は形質に影響を与えず、また形質が変化しても環境によっては自然選択を受けない場合がある。自然選択を受けない変異では、集団内で対立遺伝子頻度が偶然により変動する遺伝的浮動が起きる。 b) 個体数が極端に減少した集団で遺伝的浮動が起こると、急激な種の進化が起きたように見える。 また生存において重要な機能を持つ分子の塩基配列の変化速度は遅く、一方マウスのヘモグロビン偽遺伝子※のように c) 機能を持たない塩基配列の変化速度は速いことが予測される。

進化とは機能の獲得を意味することが多いが、 d) 進化の過程で器官が縮小したり機能を失う場合もある。 オオミズアオは翅の幅が10cmにも及ぶ大型の蛾で、身の回りでも緑がかかった水色の美しい姿を見ることができる。その大きな体に似合わずオオミズアオは口器を含む一部の消化器官を持たず、羽化してから一週間ほどで死んでしまう。ヒトからすると食物を摂れないことは不利な生き方に見えるが、オオミズアオは日本から朝鮮半島・中国まで、また近縁種はアメリカ・インドにも広く分布している。このことから e) オオミズアオの成虫にとって消化器官を失うことは合理的な戦略と考えられる。

(※ヘモグロビン偽遺伝子はヘモグロビン遺伝子が重複・変異して作られた機能を持たない遺伝子。)

問1 文章中の空欄 **A** ~ **C** に当てはまる人名の組み合わせとして、最も適切なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。

22

	A	B	C
①	ダーウィン	ウォレス	木村資生
②	木村資生	メンデル	ダーウィン
③	メンデル	ウォレス	ダーウィン
④	ダーウィン	メンデル	木村資生
⑤	メンデル	ダーウィン	ウォレス

問2 文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に当てはまる項目の組み合わせとして、最も適切なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。

23

	ア	イ	ウ
①	中立説	共進化説	自然選択説
②	遺伝の法則	自然選択説	中立説
③	自然選択説	遺伝の法則	中立説
④	自然選択説	遺伝の法則	共進化説
⑤	中立説	共進化説	突然変異

問3 文章中の下線部 a) の進化論にもとづいて考えたとき、正しい文はどれか。最も適切なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

24

- ① 生物の1個体は生存のために努力することで、一生のうちにわずかずつだが望んだ方向に進化することができる。
- ② ヒトはミミズに比べて複雑な体の構造を持つが、必ずしもヒトがミミズより進化しているわけではない。
- ③ カンガルーは二本足で歩くのでネズミよりは遺伝的にヒトに近い生物である。
- ④ ヒトの目はイカや昆虫の目が進化してできたものである。

問4 文章中の下線部 b) のように急激な種の進化が起きたように見える。そのような現象が起きる機構を記述式解答欄9に説明せよ。

記述式解答欄9

問5 文章中の下線部 c) のように，機能を持たない塩基配列の変化速度は速いと考えられる理由を記述式解答欄 10に説明せよ。

記述式解答欄10

問6 文章中の下線部 d) のように，進化により器官が縮小したり機能を失った例としてヘビの肢などが有名だが，それ以外に進化の過程で器官が縮小したり機能を失った例を，記述式解答欄 11に示せ。

記述式解答欄11

問7 一般に哺乳動物では消化器官を持たなければ生存することさえできないが，文章中の下線部 e) のように，オオミズアオの成虫では消化器官を失うことが不利ではないと考えられる。その理由を推測して記述式解答欄 12に説明せよ。

記述式解答欄12

—問題文終り—