

平成 28 年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 47 ページある。(落丁, 乱丁, 印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物 理 1 ~ 11 ページ, 化 学 12 ~ 25 ページ
生 物 26 ~ 39 ページ, 地 学 40 ~ 47 ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
 - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90 分。
 - (2) 理学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 数学科および化学科の受験者は、90 分。
 - ② 物理学科の受験者は、120 分。
 - ③ 生物学科および自然環境科学科で理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ④ 生物学科および自然環境科学科で理科 2 科目の受験者並びに地質科学科の受験者は、180 分。
 - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180 分。
 - (4) 農学部の受験者は、次のとおりである。
 - ① 理科 1 科目の受験者は、90 分。
 - ② 理科 2 科目の受験者は、180 分。
- 6 物理および化学は、学部、学科によって解答する問題が異なるので、物理および化学の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 7 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

DNA はリン酸と糖と塩基が結合したヌクレオチドという構成単位が長く鎖状につながった高分子化合物で、塩基にはアデニン、グアニン、シトシン、チミンの4種類があり、糖は [1] である。DNA の立体構造は、1953年に [2] とクリックにより提唱された。その構造は、ウィルキンスとフランクリンによって得られていた [3] を使った研究からの構造に関する知見やシャルガフによって示されていた DNA の塩基数の割合に関する法則を矛盾なく説明するものであった。^(ア)

DNA は、DNA ポリメラーゼの作用により正確に複製される。DNA の2本の鎖は互いに逆向きの方向性を示し、複製の過程で DNA の二重らせんがほどかれ2本の鎖とも鋳型になる。^(イ)2本の鋳型に対し、一方はリーディング鎖として二重らせんがほどかれていく方向に新たなヌクレオチド鎖が連続的に合成され、他方は [4] 鎖としてリーディング鎖とは逆向きの方向で不連続にヌクレオチド鎖が合成される。^(ウ)

真核生物では、DNA は核内で [5] とよばれるタンパク質に巻きつき、これが複雑に折りたたまれた状態で存在している。そのためこの状態では RNA ポリメラーゼは作用できず遺伝子は転写されない。遺伝子が転写されるには、RNA ポリメラーゼの DNA 上の作用部位となる [6] 領域がほどけた状態になる必要がある。しかしながら、十分にほどけた DNA でも RNA ポリメラーゼは単独では [6] 領域に結合することはできず、その結合のためには数種類の [7] と複合体をつくる必要がある。

近年、DNA の塩基配列を短時間で解析する技術が飛躍的に進歩し、多くの生物種のゲノム配列が解明されてきた。^(エ)ゲノムの全 DNA の塩基配列を決めることで、その生物の全遺伝子の情報を得ることができる。ヒトのゲノム解析は2003年にはほぼ完了し、遺伝子数が2万個あまりであることが判明した。しかし、実際のヒトのタンパク質の種類は10万種類以上と考えられており、多くの遺伝子において、それぞれから数種類のタンパク質がつくられていることになる。^(オ)

問 1 文章中の [1] ~ [7] に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)に関して、互いに相補的な A 鎖と B 鎖からなる長い DNA 2 本鎖があるとする。A 鎖の全塩基中のアデニンとチミンの和の割合は 58 % であった。また B 鎖全塩基中でシトシンが占める割合は 18 % であった。(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) A 鎖の全塩基中のシトシンの割合を答えよ。
- (2) A 鎖と B 鎖を合わせた全塩基中のチミンの割合を答えよ。

問 3 下線部(イ)に関して、各 DNA 鎖に方向性を与えるヌクレオチド間の結合のしくみについての次の記述で正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) ヌクレオチド間の結合は、一方の糖成分の 2' の炭素と、他方の糖成分の 5' の炭素との間に形成される。
- (b) ヌクレオチド間の結合は、一方の糖成分の 3' の炭素と、他方の糖成分の 5' の炭素との間に形成される。
- (c) ヌクレオチド間の結合は、一方の糖成分の 2' の炭素と、他方の糖成分の 5' の炭素につながったリン酸との間に形成される。
- (d) ヌクレオチド間の結合は、一方の糖成分の 3' の炭素と、他方の糖成分の 5' の炭素につながったリン酸との間に形成される。

問 4 下線部(ウ)の DNA 合成に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) 新たに生じる短いヌクレオチド鎖の名称を答えよ。
- (2) 新たに生じる短いヌクレオチド鎖を連結する酵素名を答えよ。

問 5 下線部(エ)に関して、進歩した技術の一つに PCR (ポリメラーゼ連鎖反応) 法がある。ある生物のゲノムの一部をこの方法を用いて増幅したい。鋳型となるゲノム DNA、増幅する領域をはさむ一組の短い一本鎖 DNA (プライマー)、熱に強い DNA ポリメラーゼおよび 4 種類のヌクレオチドを含む混合液を、① 95 °C で熱した後、② 60 °C に温度を下げ、さらに③ 72 °C に温度を上げるといふ、①~③のサイクルを繰り返した。目的の DNA 断片が増幅する際に、①~③の段階でどのような反応がおこっているか、各段階について 20 字程度で説明せよ。

問 6 下線部(オ)に関して、そのしくみを40字程度で説明せよ。なお、翻訳後の分解や化学修飾によるタンパク質の多様化は考慮しないものとする。

2 は次ページ

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

Aさんは夏の晴れた日に公園を訪れ、広々とした緑の芝生を見た。芝生の光景は光刺激としてAさんの眼の水晶体を通^(ア)過し網膜に写し取られる。網膜には光を受容する視細胞が存在する。視細胞で光刺激は電気信号に変換され、1 神経を伝わって大^(イ)脳^(イ)の視覚中枢へ送られ、芝生の形や色が認識される。

ヒトの視細胞には、桿(かん)体細胞と錐体細胞がある。桿体細胞には2 と呼ばれる視物質が含まれ、光を吸収するとレチナールと3 に分解され、細胞の興奮が生じる。

Aさんが公園を散策していると、小さな花が咲いていた。Aさんはその花を観察するため手に取った。このときAさんの中枢神経系では、花の視覚情報を認識し、観察するための指令が出る。この指令は運動神経により手足を動かす骨格筋に伝わる。

Aさんが空を見上げるとまぶしい太陽の光が眼に入ってきた。このとき眼の角^(エ)膜と水晶体の間にある4 の中の筋肉の働きにより5 が縮小し、網膜に進入する光量は少なくなる。

問 1 文章中の 1 ~ 5 に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)に関して、芝生の色が緑に見えたのは、植物の光吸収特性とそれに対する視細胞の働きによる。(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 芝生が緑に見えた現象に関与している植物の光吸収特性について、35字程度で説明せよ。

(2) 視細胞により色が識別される仕組みについて、30字程度で説明せよ。

問 3 下線部(イ)の視覚中枢は大脳のどの部位に位置するか、正しいものを次の(a)~(c)から一つ選び、記号で答えよ。

(a) 前方

(b) 中央

(c) 後方

問 4 下線部(ウ)の情報は、運動神経を構成する神経細胞の興奮により伝わる。この興奮が発生する仕組みについて正しい記述を、次の(a)~(d)から一つ選び、記号で答えよ。

- (a) チャネルの働きにより細胞膜の外側の K^+ が細胞膜の内側に流入し、活動電位が発生する。
- (b) チャネルの働きにより細胞膜の外側の Na^+ が細胞膜の内側に流入し、活動電位が発生する。
- (c) ポンプの働きにより細胞膜の外側の K^+ が細胞膜の内側に流入し、活動電位が発生する。
- (d) ポンプの働きにより細胞膜の外側の Na^+ が細胞膜の内側に流入し、活動電位が発生する。

問 5 下線部(エ)の網膜に進入する光量の調節には、大脳を経由しないで興奮を伝える経路が使われる。(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) この光量の調節に関与している中枢を、次の(a)~(d)から一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 間 脳 (b) 中 脳 (c) 小 脳 (d) 延 髄

(2) この光量の調節と同様に、大脳を経由しないで興奮を伝える経路をもつ反応について述べている記述を、次の(a)~(e)から二つ選び、記号で答えよ。

- (a) コショウが鼻から入り、くしゃみが出た。
- (b) 悲しいドラマを見て、涙が出てきた。
- (c) 梅干しを見たとき、だ液が出た。
- (d) ひざの関節のすぐ下をたたいたとき、足がはねあがった。
- (e) 財布から小銭を落としてしまい、あわてて拾った。

3 以下の文章 I, II を読み, 各問いに答えよ。

I 細胞膜は主に の二重層とタンパク質からできている。 の二重層の部分は, 酸素などの疎水性の分子は通過しやすいが, イオンや親水性の分子, 水分子は通過しにくい。これらの多くは, タンパク質を介して細胞膜を通過する。たとえば水分子の大部分は, とよばれるタンパク質からなる水チャネルがあるため, 細胞膜を効率よく通過する。細胞膜がもつ, このような特定の物質のみを通す性質を という。細胞膜を介した物質の輸送には, 濃度勾配にしたがった と, 濃度勾配に逆らった がある。 では, ATP などから供給される が必要である。

細胞膜は, である水と一部の溶質しか通さない。植物細胞では, 細胞膜の外側に丈夫な細胞壁が存在する。細胞壁は水も溶質も通すため, 植物細胞を高張液に入れると ^(ア) がおこる。

問 1 文章中の ~ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)の操作をしたとき, 水分子は細胞膜をどの方向に移動するか, 答えよ。

II 気孔は, 光合成や呼吸, 蒸散のための気体の通り道となっており, 環境の変化に応答して開閉する。たとえば, 孔辺細胞内の 青色光受容体 ^(イ) が青色光を受容すると, 気孔が開く。

問 3 下線部(イ)の青色光受容体の名称を答えよ。

問 4 青色光が刺激となっておこる植物の応答として最も適切なものを、次の

- (a)~(c)から一つ選び、記号で答えよ。
- (a) 光によるレタス種子の発芽の促進
- (b) 日長に応じたアサガオの花芽形成
- (c) マカラスムギ幼葉鞘の光屈性

問 5 ソラマメ孔辺細胞のプロトプラスト(酵素消化によって細胞壁を除去した細胞)を適切な溶液に入れて赤色光下におき、これに青色光を照射すると、図1に示すような体積変化が観察された。この体積変化が生じたことの説明として適切なものを次の(a)~(d)から一つ選び、記号で答えよ。

- (a) プロトプラスト内の浸透圧が低下したため、プロトプラスト内に水が流入した。
- (b) プロトプラスト内の浸透圧が上昇したため、プロトプラスト内に水が流入した。
- (c) プロトプラスト内の浸透圧が低下したため、プロトプラストから水が流出した。
- (d) プロトプラスト内の浸透圧が上昇したため、プロトプラストから水が流出した。

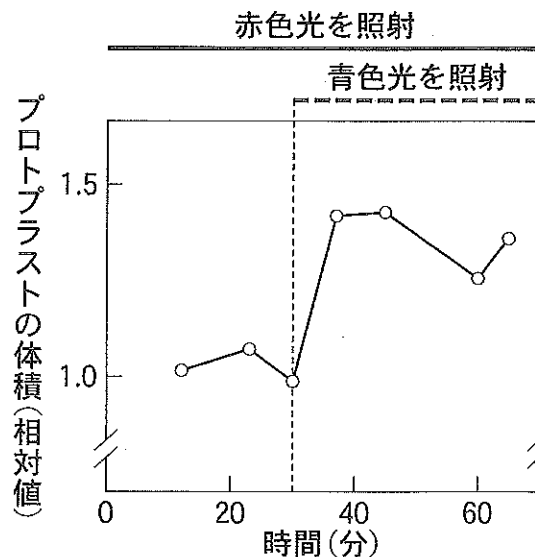


図1 ソラマメ孔辺細胞プロトプラストの体積変化
図上部の実線と破線はそれぞれ、試料に赤色光と青色光を照射している期間を示す。

問 6 赤色光下においたシロイヌナズナ野生株の芽生えに弱い青色光を照射すると、葉面温度の低下が観察された(図2)。一方で、下線部(i)の青色光受容体の機能が欠失したシロイヌナズナ変異株を用いて同様の実験をおこなうと、このような葉面温度の低下は観察されなかった。シロイヌナズナ野生株で葉面温度が低下した理由と、変異株では低下しなかった理由を、それぞれ40字程度で答えよ。

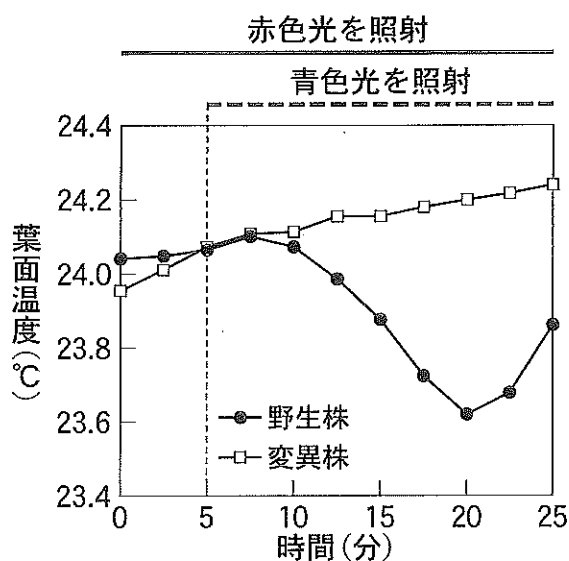


図2 シロイヌナズナ芽生えの葉面温度の変化
 図上部の実線と破線はそれぞれ、試料に赤色光と青色光を照射している期間を示す。

4 は次ページ

4 以下の文章 I, II を読み, 各問いに答えよ。

I 生物の最上位の分類として, ホイタッカーが提唱した五界説^(ア)がよく知られている。しかし, 近年の分子系統学の発展により, 生物間の系統関係を DNA の塩基配列をもとに推定することができるようになった。そのため, 生物の分類でも分子系統を反映させることが主流となっており, 1977 年には, ウーズがリボソーム RNA 遺伝子の塩基配列をもとに, 生物を 3 つのドメインにわけ^(イ)る 3 ドメイン説を提唱した。

問 1 下線部(ア), (イ)について, 表 1 は, 五界説と 3 ドメイン説それぞれにおける分類群を示している。表 1 の(h)のドメイン名を答えよ。

表 1

五界説		3 ドメイン説	
(a)	原核生物(モネラ)界	(f)	細菌(バクテリア)ドメイン
(b)	原生生物界	(g)	古細菌(アーケア)ドメイン
(c)	植物界	(h)	ドメイン
(d)	菌界		
(e)	動物界		

問 2 以下の生物は, 五界説と 3 ドメイン説それぞれにおいて, どの分類群に含まれるか, 表 1 の(a)~(h)の記号で答えよ。

ユキツバキ, ネンジュモ, トキ, シャジクモ, マツタケ

II 生物の個体群では、移住や移出がない場合、ある一定期間における個体の増加数は、その間の 数から 数を減じた数となる。時間の経過にともなう個体数の変化を表したグラフを個体群の という。増加数が個体群密度の影響を受けなければ、 数が 数より大きい場合には、時間とともに個体数は指数関数的に増加する。一方、増加数が個体群密度の影響を受ける場合、個体数は一定の値に安定すると考えられる。また、個体群密度は個体数の変化のみならず、個体の成長に影響を与える場合もある。^(ウ)

問 3 文章中の ~ に適切な語句を入れよ。

問 4 下線部(ウ)に関連して、以下の記述それぞれについて、個体数の増加が個体群密度の影響を受ける例として適切な場合は○を、不適切な場合には×を解答欄に記入せよ。

- (A) ある森に生息するシジュウカラ(スズメ目の鳥類)では、繁殖するつがい数が多いほど、一腹卵数(一回の産卵に産む卵数)が減少する。
- (B) ナギナタガヤ属の一種(イネ科の植物)では、開花個体数が多いほど、個体あたりの種子生産数は減少する。
- (C) ある川に生息するブラウントラウト(サケ目の魚類)では、個体群全体の個体の増加数は、一定面積当たりの卵数が大きくなるにつれ上昇するが、卵数がさらに大きくなると、増加数は低下する。
- (D) ある一定区画に植えられたトウモロコシでは、土壌の窒素含有量が高いほど、個体群全体での種子生産量が大きい。

問 5 下線部(エ)に関連して、植物では個体群密度と個体サイズの間には密接な関係がある。ある植物の種子を一定の区画に異なる密度(高密度または低密度)でまき、発芽後、時間の経過とともに、生存個体の密度(個体群密度)と個体の平均乾燥重量(個体サイズ)を測定した結果、図1のようになった。(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 図1において、時間の経過とともに個体群密度が減少した理由を、25字以内(句読点も含む)で説明せよ。

(2) 以下の文章(A)~(D)のうち、図1における個体群密度や個体サイズの変化の記述として適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

(A) どちらの密度の実験区でも、同じ時期から個体群密度が大きく減少しはじめた。

(B) 高密度の実験区では、個体サイズが大きくなると、個体群密度が減少しなくなった。

(C) 低密度の実験区では、個体サイズが小さいうちは、個体は制限を受けずに大きく成長した。

(D) 最終的な個体群全体での乾燥重量は、どちらの密度の実験区でもほぼ等しかった。

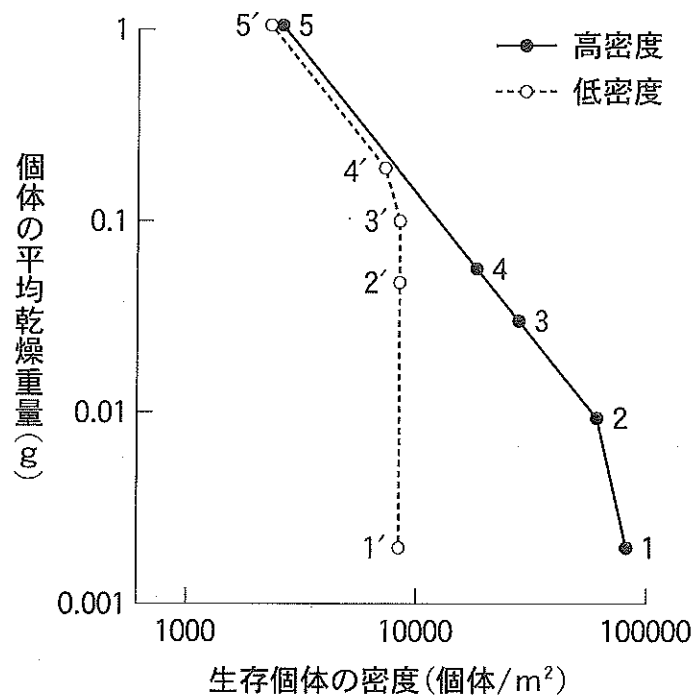


図1 生存個体の密度と個体の平均乾燥重量の関係

黒丸と白丸はそれぞれ、高密度の実験区と低密度の実験区の結果である。測定は種子をまいてから2週間後(1と1'), 4週間後(2と2'), 11週間後(3と3'), 15週間後(4と4'), 21週間後(5と5')におこなった。両軸はともに対数表示である。