

# 平成 31 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 55 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 ~ 14 ページ、	化	学	15 ~ 33 ページ
生	物	34 ~ 45 ページ、	地	学	46 ~ 55 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) 理学部および農学部の受験者は、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。
  - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180 分。
- 6 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。



# 生物

1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

大腸菌のゲノム DNA は約 460 万塩基対からなり、そこには約 4,200 個の遺伝子<sup>(ア)</sup>が存在する。原核生物では、機能的に関連する遺伝子がまとまった **1** という単位で転写が調節されることが多い。プロモーターの近くにある調節タンパク質が結合する領域を **2** という。転写を抑制する調節タンパク質は **3** と呼ばれ、**3** が **2** に結合できなくなると、**1** の mRNA が転写され、個々のタンパク質が翻訳される。

図 1 に示すように、トリプトファン **1** には、トリプトファン生合成経路の酵素をコードする 5 つの遺伝子 (*trpE*~*A*) が並んでいる。その上流には、*trpL* 遺伝子、**2**、プロモーターが存在する。**3** は、ゲノムの別の位置にある *trpR* 遺伝子にコードされており、細胞内に常に存在している。トリプトファンが多く存在する場合は、トリプトファン分子が **3** と結合し、その結果 **3** が **2** に結合できるようになるため、下流の mRNA の転写が抑制されている。しかし、トリプトファンが少なくなると、**3** が結合できなくなり、mRNA の転写が開始される。

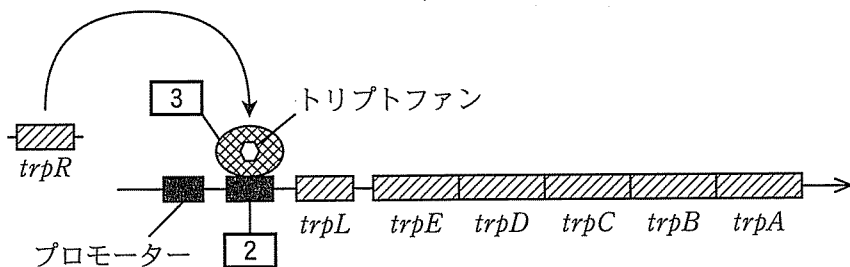


図 1

一方、ヒトのゲノム DNA は約 30 億塩基対からなり、そこには約 4  
<sup>(イ)</sup>個の遺伝子が存在する。真核生物では、細胞の種類や発生の段階、周囲の環境か  
<sup>(ウ)</sup>らの影響などによって、それぞれ特有の遺伝子の発現が選択的に調節されてい  
<sup>(エ)</sup>る。転写された遺伝子の mRNA は翻訳されてタンパク質が合成される。

問 1 文章中の 1 ~ 3 に適切な語句を入れよ。

問 2 文章中の 4 に入る適切な数字を、次の(a)~(d)から一つ選び、記号  
 で答えよ。

- (a) 2, 200                      (b) 22, 000                      (c) 220, 000                      (d) 2, 200, 000

問 3 *trpL* 遺伝子の DNA 配列は 5'-ATG AAA GCA ATT TTC GTA CTG AAA GGT  
 TGG TGG CGC ACT TCC TGA-3' であり、ペプチドをコードしている。遺伝暗号  
 表を表 1 に示す。*trpL* 遺伝子から合成されるペプチドの長さ(アミノ酸数)  
 はいくつか、答えよ。

表 1 遺伝暗号表

		2 番目の塩基					
		U	C	A	G		
1 番目の塩基	U	フェニルアラニン フェニルアラニン ロイシン ロイシン	セリン セリン セリン セリン	チロシン チロシン 終止 終止	システイン システイン 終止 トリプトファン	U C A G	3 番目の塩基
	C	ロイシン ロイシン ロイシン ロイシン	プロリン プロリン プロリン プロリン	ヒスチジン ヒスチジン グルタミン グルタミン	アルギニン アルギニン アルギニン アルギニン	U C A G	
	A	イソロイシン イソロイシン イソロイシン メチオニン	トレオニン トレオニン トレオニン トレオニン	アスパラギン アスパラギン リシン リシン	セリン セリン アルギニン アルギニン	U C A G	
	G	バリン バリン バリン バリン	アラニン アラニン アラニン アラニン	アスパラギン酸 アスパラギン酸 グルタミン酸 グルタミン酸	グリシン グリシン グリシン グリシン	U C A G	

問 4 下線部(ア)と(イ)について、次の(a)~(d)から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 大腸菌の多くの遺伝子には、イントロンが存在する。
- (b) 大腸菌は、プラスミドと呼ばれる環状 DNA を取り込むことによって、染色体のゲノム DNA にはない抗生物質に対する耐性遺伝子を保持することができる。
- (c) ヒトでは、一つの遺伝子から一種類のタンパク質しかつくられない。
- (d) 個体間で見られるゲノム DNA の 1 塩基単位での重複や欠失は一塩基多型(SNP)と呼ばれ、ヒトの遺伝的多様性を生み出している。

問 5 下線部(ウ)について、次の(a)~(d)から誤っているものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) RNA ポリメラーゼは、基本的転写因子や調節タンパク質と複合体を形成して、転写を開始する。
- (b) 特定の調節タンパク質が働くことによって、未分化な細胞から特定の細胞へと分化する。
- (c) ショウジョウバエの唾腺染色体で観察されるパフは、染色体のなかで転写が活発におこなわれている領域で、その位置は発生が進行しても変化しない。
- (d) ホルモンは、標的細胞の受容体で受け取られ、特定の遺伝子発現を調節することによって、体内環境の調節に働いている。

問 6 下線部(エ)について、スプライシング後のヒトの mRNA は細胞内のどこでタンパク質に翻訳されるか、次の(a)~(e)から一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 核
- (b) 小胞体
- (c) ゴルジ体
- (d) リソソーム
- (e) リボソーム

問 7 2つの塩基配列情報を比較するために、それぞれの配列を横軸と縦軸に並べ、双方で同じ配列である箇所を線で表示した。例えば、図2のように、直線として表示されれば、双方の配列は全く同じである。図3のように、直線の途中が空白となっていれば、この空白領域は双方で異なる配列である。図4のように、縦軸の配列だけに挿入された配列Aがあれば、途中からAの長さの分だけ縦にずれる。

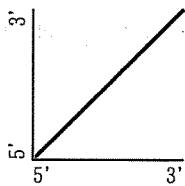


図 2

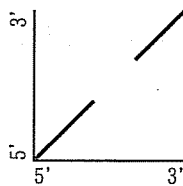


図 3

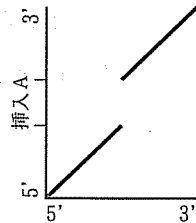


図 4

- (1) 転写されスプライシングを受けたヒトの遺伝子 X の mRNA の塩基配列を調べるために、その mRNA を逆転写反応して得られた相補的 DNA (cDNA) の塩基配列を決定した。図 5 は、ヒトの遺伝子 X のゲノム配列と cDNA 配列をそれぞれ横軸と縦軸に並べた図である。この図から、ヒトの遺伝子 X のエキソンとイントロンはそれぞれいくつ存在するか、答えよ。

(2) 図6は、ヒトとマウスの遺伝子Xのゲノム配列をそれぞれ横軸と縦軸に並べた図である。図5と図6の横軸は同じである。この図からわかることとして、次の(a)~(d)の記述が正しければ○を、誤っていれば×を記入せよ。

- (a) ヒトとマウスとでは遺伝子Xのエキシソンの配列は同じである。
- (b) ヒトとマウスとでは遺伝子Xのイントロンの配列は異なる。
- (c) ヒトとマウスとでは遺伝子Xの5'非翻訳領域の配列は異なる。
- (d) ヒトとマウスとでは遺伝子Xの3'非翻訳領域の配列は同じである。

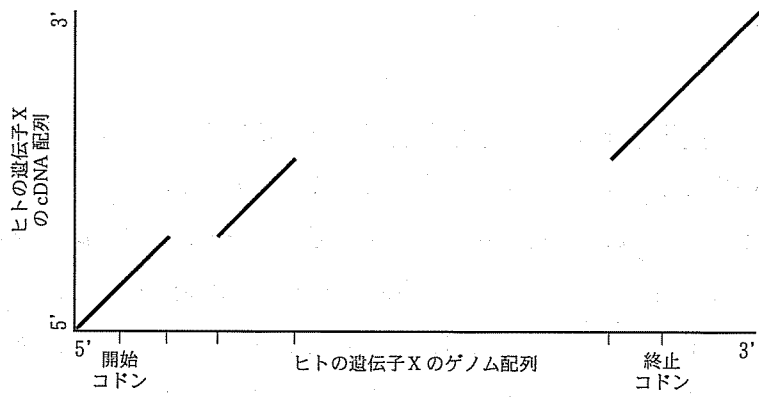


図 5

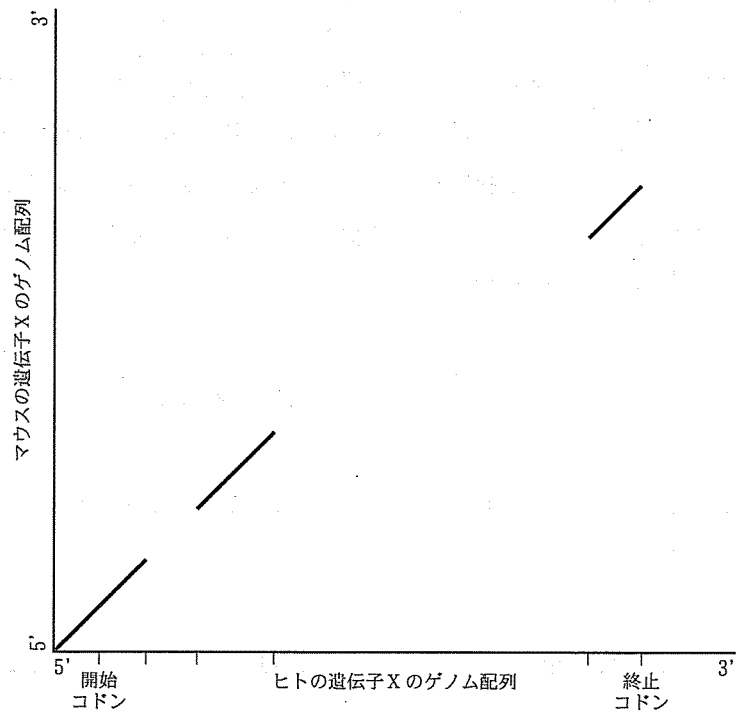


図 6



2 以下の文章 I, II を読み, 各問いに答えよ。

I ヒトは雌雄の性をもち, 有性生殖により子をつくる。生殖巣でつくられる配偶子の染色体の数は, 体細胞の半分である。精巣では,  細胞から生じた  細胞が体細胞分裂を繰り返し, 一部の細胞が減数分裂に入る。減数分裂を始めた細胞を一次精母細胞という。一次精母細胞は,  細胞を経て  細胞になり, 形を変えて精子となる。第一減数分裂後期には, 染色体が両極に分離する。このとき, 分離した相同染色体の組み合わせは膨大になるため, さまざまな遺伝子の組み合わせをもつ配偶子ができる。卵巣では,  細胞から生じた  細胞が増殖する。減数分裂に入った細胞を一次卵母細胞という。この細胞は,  細胞に取り囲まれて, 第一減数分裂  期にとどまったまま卵黄を蓄積して成長する。性成熟期になると, 一次卵母細胞は,  細胞からのホルモンによって減数分裂を再開する。成熟した二次卵母細胞は, 第二減数分裂  期の状態で  を放出して排卵される。

問 1 文章中の  ~  に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について, ヒトの Y 染色体に含まれる性を決める遺伝子の名称を答えよ。

問 3 下線部(イ)を, 「単相」および「複相」の語句を用いて 80 字程度で説明せよ。

問 4 下線部(ウ)について, ヒト配偶子における染色体の組み合わせ数を, 次の (a)~(f)から一つ選び, 記号で答えよ。

- (a)  $23^2$                       (b)  $2^{46}$                       (c)  $46^{23}$   
(d)  $46^2$                       (e)  $2^{23}$                       (f)  $23^{46}$

Ⅱ 近年、動物において、さまざまな細胞に分化する能力を維持した細胞を得る技術が開発された。その能力を  と呼ぶ。受精卵の胞胚期内部の細胞塊を取り出して培養すると、細胞分裂する能力と  の両方を維持した細胞が得られる。この細胞をES細胞という。ES細胞からは、培養条件を変えることにより、様々な細胞をつくり出すことができ、神経細胞、筋細胞、肝細胞、血球などへの再生が試みられている。一方、iPS細胞は、体細胞に特定の遺伝子を導入することによって、分化した細胞が  化された未分化な細胞である。

問 5 文章中の  および  に適切な語句を入れよ。

問 6 再生医療への応用を考えた場合、iPS細胞はどのような点でES細胞よりもすぐれていると考えられるか。80字程度で答えよ。

3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

植物は、ある程度成長すると、生殖のために花芽を形成し開花する。この花芽形成および開花の調節には、環境要因が大きな役割を担っていることが多い。

一部の植物では、花芽形成が日長の変化に反応して起こる。このように、生物が日長に対して反応する性質を [ 1 ] と呼ぶ。植物は、日長と花芽形成の関係によって、長日植物、短日植物、中性植物に分けることができる。一般的に、[ 1 ] <sup>(ア)</sup>において重要なのは、明期の長さではなく、連続した暗期の長さである。花芽を形成するかしないかの境界になる一定時間の連続暗期は [ 2 ] と呼ばれ、その長さは植物によって異なっている。また、暗期の途中で光を短時間照射すると、暗期を短縮した場合と同じような効果が得られる。そのような処理は [ 3 ] と呼ばれる。この処理には赤色光が特に有効で、[ 4 ] <sup>(イ)</sup>がその受容体として働いている。花芽形成を誘導する物質は [ 5 ] と呼ばれ、[ 6 ] で合成されたものが [ 7 ] を通って茎頂に移動すると考えられている。

一部の長日植物では、発芽種子が一定期間の低温にさらされることで、花芽形成の準備が整えられる。この現象は [ 8 ] と呼ばれる。一方、サクラやリンゴでは、秋以前に花芽形成が起こるが、開花するのは翌年の春である。春に開花する多くの植物は、花芽形成や開花の前に、一定期間の低温にさらされる必要がある。

問 1 文章中の [ 1 ] ~ [ 8 ] に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(イ)について、植物または動物が日長に対して反応する例を、花芽形成以外で一つあげよ。

問 3 下線部(イ)について、長日植物、短日植物、中性植物のそれぞれに相当する植物を次の(a)~(i)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) トマト                      (b) キュウリ                      (c) ダイズ  
(d) アサガオ                      (e) アブラナ                      (f) ホウレンソウ  
(g) エンドウ                      (h) コスモス                      (i) オナモミ

問 4 下線部(ウ)について、植物における光受容体としては、4 以外にフォトトロピンやクリプトクロムが知られている。次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) それらが受容するのはそれぞれ何色光か。  
(2) それらが関与する植物の応答を、それぞれ一つあげよ。

問 5 下線部(エ)には、植物にとってどのような利点があるか。60字程度で説明せよ。

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

イギリスの生物学者ダーウィンは、1859年に [ 1 ] を出版し、自然選択による進化の考えを発表した。自然界においては、環境に適合している個体ほど、繁殖可能な齢まで生き残って、自分と同じ形質をもった子をより多く残す可能性が高い。自然選択の考え方では、生物集団に存在する [ 2 ] の中から、 [ 3 ] や繁殖にとって有利な [ 2 ] が選択され、遺伝していく。しかし、アリやシロアリ、ミツバチのような [ 4 ] では、繁殖に専念する女王と、繁殖に参加せず、食物の運搬や幼虫の世話をするワーカーや、天敵からの巢の防衛に専念する兵隊など分業がある。 [ 4 ] において、繁殖を行わない個体が進化したことは、自然選択の考え方では説明できない。このことについて、イギリスの生物学者ハミルトンは、個体が増やそうとしているのは自分の子というより、自分のもっている遺伝子であると考え、ワーカーなどの存在を説明した。 [ 4 ] のコロニーは、女王が産んだ個体からなる。そのため、女王が産んだ幼虫はワーカーにとって妹などの血縁者である。ワーカーは、自分が繁殖しなくても血縁者をたくさん育てれば、自分と同じ遺伝子をもつ個体を多く残すことができる。例えば、雌は二倍体で、雄は半数体であるアリで考える。ワーカーと妹の両親が同じであるならば、ワーカーがある遺伝子を自分の妹と共有する確率の方が、ワーカー自身が交尾を行って自分の娘に遺伝子を引き継がせる確率よりも高くなる。このように、自分自身は繁殖をせず、両親の繁殖を助ける個体は、鳥類やほ乳類においても知られており、 [ 5 ] と呼ばれている。

問 1 文章中の [ 1 ] ~ [ 5 ] に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)の分業名は何と呼ばれるか、答えよ。

問 3 下線部(イ)について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) この概念は何と呼ばれるか、答えよ。
- (2) これに基づく形質の進化名は何と呼ばれるか、答えよ。

問 4 下線部(ウ)について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) この確率は血縁度と呼ばれる。血縁度について、30字以内で説明せよ。
- (2) この場合の血縁度の値を求めよ。計算過程もあわせて示すこと。

問 5 アリの巣では、ある時期になると新しい女王と雄の幼虫がみられるようになる。これらの幼虫はワーカーにとっての妹や弟であり、ワーカーは雄の幼虫に対しても、食物の運搬等の世話をを行う。このとき、ワーカーにとって、新しい女王と雄の比がどのようになると、自分の遺伝子をより多く増やせると期待されるか。次の(a)~(e)から一つ選び、記号で答えよ。ただし、ワーカーと新しい女王の両親は同じであり、ワーカーがある同じ遺伝子を雄と共有する確率は0.25である。

- (a) 新しい女王：雄 = 4 : 3
- (b) 新しい女王：雄 = 3 : 4
- (c) 新しい女王：雄 = 1 : 1
- (d) 新しい女王：雄 = 1 : 3
- (e) 新しい女王：雄 = 3 : 1