

平成 31 年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

生物基礎・生物

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は 14 ページ，解答用紙は 5 枚，下書き用紙は 1 枚である。指示があってから確認すること。
3. 解答はすべて解答用紙の指定のところに記入すること。
4. 計算や下書きを試みる場合は，問題冊子の余白や下書き用紙を利用してもよい。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが，問題冊子及び下書き用紙は必ず持ち帰ること。

〔I〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

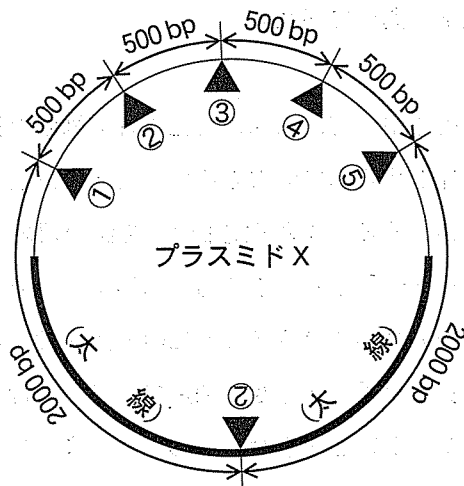
細胞はさまざまな手段を用いて、周囲の自己以外の細胞と情報をやり取りして自己の生存に有利な条件を作り出す能力を持つ。たとえば病原性細菌の中には、環状のプラスミド上に存在する薬剤耐性遺伝子*を他の細菌から受け取り、その^(ア)抗菌剤が作用しにくくなる性質を獲得するものもいる。一方、ヒトにとって有用なタンパク質の遺伝子を人為的にプラスミドに組み込んで、これを細菌などに導入して目的のタンパク質を大量に作らせて利用することも行われている。

このような方法でタンパク質を作らせるためには、まずプラスミドにそのタンパク質の遺伝子を組み込む必要がある。遺伝子を組み込むには、プラスミドと目的の塩基配列を含む DNA 鎖を制限酵素で切断し、DNA リガーゼで結合させる方法がある。

以下に、図 1 に示すプラスミド X にゲノム DNA 断片 Y 上の遺伝子を組み込み、大腸菌にタンパク質 A を合成させるプラスミド Z を作製する手順(あ)~(お)を示す。

- (あ) プラスミド X とゲノム DNA 断片 Y を制限酵素で切断する。
- (い) 手順(あ)で切断したプラスミド X とゲノム DNA 断片 Y をアガロースゲルを用いた電気泳動で分離してバンドのサイズを確認する。次いでそれぞれの目的とするサイズの DNA 断片をゲルから精製して取り出す。
- (う) 手順(い)で取り出した 2 つの DNA 断片を混合して DNA リガーゼで結合させ、プラスミド Z を作製する。
- (え) プラスミド Z の遺伝子配列が正しいことを確認する。
- (お) 大腸菌にプラスミド Z を導入してタンパク質 A を合成させる。

* 薬剤耐性遺伝子：特定の抗菌剤を代謝して無害化するための遺伝子



▲ : 制限酵素①～⑤が切断する部位
bp : 塩基対

ゲノム DNA 断片 Y

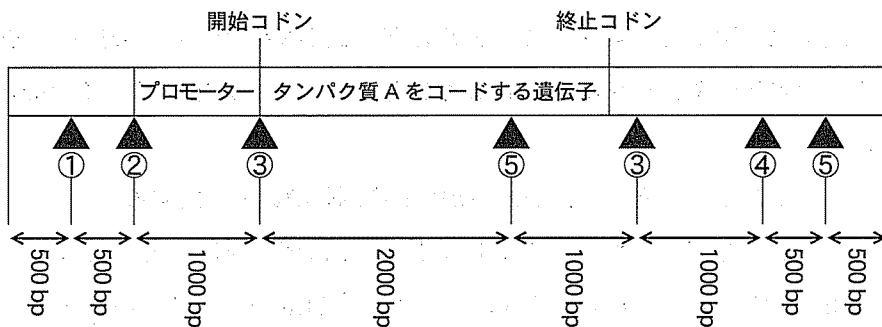


図1 プラスミド X とゲノム DNA 断片 Y の制限酵素切断部位と断片のサイズ

〔1〕 下線部(a)のプラスミドの説明として適切な文章を1つ選び、記号を答えよ。

- (a) プラスミドはゲノム DNA とは別の1本鎖の環状 DNA である。
- (b) プラスミドはゲノム DNA に含まれる1本鎖の環状 DNA である。
- (c) プラスミドはゲノム DNA とは別の2本鎖の環状 DNA である。
- (d) プラスミドはゲノム DNA に含まれる2本鎖の環状 DNA である。

〔2〕 ある生物が自己以外の遺伝子を受け取り、新しい遺伝的性質を獲得する現象の名称を答えよ。

[3] プラスミド Z の作製について、以下の問いに答えよ。ただし、図 1 のプラスミド X 上には組み込んだ遺伝子を発現させるための配列はなく、プラスミド X の太線で示した部分はプラスミドを大腸菌内で維持するために必要な遺伝子である。また、ゲノム DNA 断片 Y 上のプロモーターおよびタンパク質 A をコードする遺伝子は大腸菌内で正常に機能する。制限酵素①～⑤によってプラスミドおよびゲノム DNA は全て切断され、番号の異なる制限酵素によって切断された DNA 断片同士は結合できない。①～⑤はそれぞれ異なる制限酵素であり、図 1 のプラスミド X およびゲノム DNA 断片 Y 上に記した①～⑤にそれぞれ対応する。

(1) 手順(あ)で、プラスミド X とゲノム DNA 断片 Y を切断してプラスミド Z を作製するのに必要な制限酵素①～⑤を選び、その番号をすべて答えよ。なお、手順(い)で取り出す DNA 断片は、それぞれ 1 つずつとする。

(2) 手順(え)で、プラスミド X とゲノム DNA 断片 Y を [3] の (1) で答えた制限酵素で切断後、アガロースゲルで電気泳動して染色した時に観察されるすべてのバンドを例にならって描き入れよ。

(3) 手順(う)で、作製したプラスミド Z の塩基対数を答えよ。

[4] 次の説明文の中で遺伝子組換え生物であるもの全てを選び、記号を答えよ。

- (a) 交配によって作られた暑さに強く収穫量も多いイネ
- (b) 他の植物の病害虫に強い性質を人工的に付与されたダイズ
- (c) 体細胞クローン技術で作られたクローンヒツジ
- (d) 緑色蛍光タンパク質で蛍光を発するメダカ
- (e) 人工飼育下で偶然生まれたアルビノのイモリ

[5] 遺伝子組換え生物は本来自然界には存在しないもので、外界に拡散しないよう注意して取り扱う必要がある。その理由を次の語句を用いて、句読点を含めて 70 字以上 90 字以内で説明せよ。

語句：交雑、形質、生物多様性

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

図1は植物における窒素の循環を示した模式図で、この模式図から次のことが考えられている。

土壤中のアンモニウムイオン(NH_4^+)は生物の遺骸や排出物などに由来する有機窒素化合物の分解によって生じる化合物である。 NH_4^+ は土壤中に存在する2種類の細菌Xおよび細菌Yによって、まず亜硝酸イオン(NO_2^-)となり、最終的に硝酸イオン(NO_3^-)となる。そして、植物はこのような無機窒素化合物を根から吸収する。通常、植物の根は NH_4^+ と NO_3^- を水とともに吸収できる。

植物の根から吸収された NO_3^- は、(①)を通じて葉の細胞に輸送され酵素によって NO_2^- 、さらに NH_4^+ に(②)される。次に、葉緑体のチラコイドの間を満たす液状部分である(③)内の NH_4^+ は、(④)の過程でつくられたさまざまな(⑤)に転移され、さまざまなアミノ酸がつくられる。このアミノ酸は、多数がペプチド結合したタンパク質となるほか、核酸(DNA, RNA)やATPなどの有機窒素化合物の合成に使われる。このように、植物体内のこれらの有機窒素化合物は体外から取り入れた無機窒素化合物をもとに合成される。しかし、緑色植物が利用できる無機窒素化合物が土壤中で欠乏すると、葉緑体内にある主にクロロフィルとカロテノイド*の2つの色素の割合が変化することによって葉の黄化が見られ、植物の成育が悪くなる。さらに、グルホシネートという化合物を主要成分とする除草剤を緑色植物に処理すると、植物体内の窒素循環が変化することで葉が黄化し、最終的に植物は枯死する。

一方、哺乳類は、植物と違い無機窒素化合物から有機窒素化合物を生成することができない。そのため、哺乳類は植物など他の生物を摂取することで、必要な有機窒素化合物を得ている。摂取された有機窒素化合物はアミノ酸まで分解され、さらにアミノ酸が分解されると、毒性の強いアンモニア(NH_3)が生じる。

哺乳類はアンモニアをある臓器で解毒し、生命活動に必要なタンパク質や核酸などの有機窒素化合物を合成する。

*カロテノイド：カロテンやキサントフィルなどの色素の総称

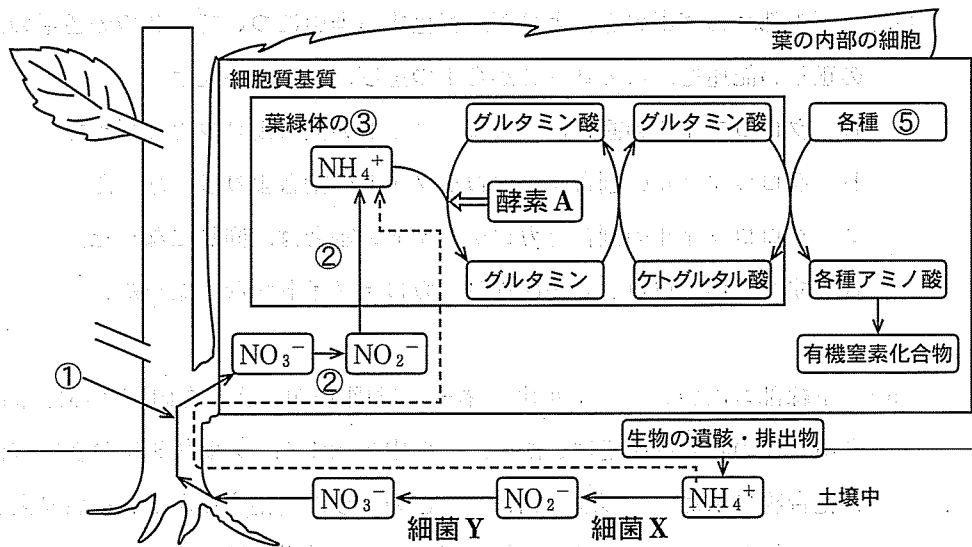
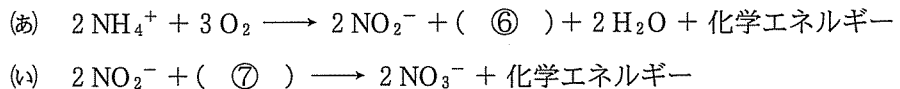


図1 植物における窒素循環

- [1] (①) ~ (⑤) に適切な語句を下の語句から選び答えよ。なお、図1の模式図内にある①、②、③および⑤は文章中のカッコの番号と同じ語句が入るが、④は図1の模式図内に含まれない。

NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、クチクラ、グラナ、ストロマ、呼吸、師管、道管、維管束、有機酸、アミノ酸、糖、酸化、還元

- [2] 下線部(ア)について、下記の化学反応式(あ)および(い)は NH_4^+ を NO_2^- に変換させる化学反応式と NO_2^- を NO_3^- に変換させる化学反応式である。⑥および⑦に適切な化学式を入れて化学反応式を完成させよ。また、(あ)および(い)の化学反応に関与する細菌Xおよび細菌Yの名称をそれぞれ答えよ。



- [3] 下線部(イ)のはたらきを何というか答えよ。

〔4〕 下線部(ウ)の窒素欠乏により葉が黄化する理由について、2つの色素の割合の正しい記述を、次の(a)~(d)から1つ選び、記号を答えよ。

- (a) クロロフィルの割合は、カロテノイドの割合より少なくなった。
- (b) クロロフィルの割合は、カロテノイドの割合より多くなった。
- (c) クロロフィルの割合とカロテノイドの割合は、同じになった。
- (d) すべてがクロロフィルになり、カロテノイドがなくなった。

〔5〕 下線部(エ)について、グルホシネートは図1の酵素Aを阻害する除草剤である。この除草剤を処理した後、葉の中の NH_4^+ 、グルタミンおよび有機窒素化合物の量は、処理前と比較してどのように変化するかそれぞれ答えよ。なお、解答にあたっては、増加の場合は↑、減少の場合は↓、変化しない場合は→の矢印を解答欄内に記入すること。

〔6〕 下線部(オ)について、アンモニアを解毒する臓器およびアンモニアから合成され尿中に排出される化合物をそれぞれ答えよ。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ヒトの視細胞は桿体細胞^{かん}と錐体細胞^{すい}の2種類があり(図1)、網膜の周辺部には桿体細胞が多く分布する。桿体細胞では、ロドプシンという視物質が光を感じている。一方、錐体細胞は、青錐体細胞、赤錐体細胞、緑錐体細胞の3種類があり、フォトプシンという視物質を細胞中に含む。3種類の錐体細胞のフォトプシンにおいて、吸収する光の波長がそれぞれ異なる。例えば、青錐体細胞のフォトプシンは3種類の錐体細胞のフォトプシンのうち最も短波長域の光を強く吸収し、その光に強く反応する。

3種類の錐体細胞の光に対する反応の度合いの情報は、網膜から大脳に伝えられ、そこで分析されることで、ヒトは色を知覚する。この色の知覚は「光の三原色」と呼ばれる原理に基づくものであり、青、赤、緑の3種類の単色光を混ぜ合わせることで、様々な色を作り出すことが可能である。具体的には、同一強度の青と赤の光を混ぜ合わせた光をヒトはマゼンタ(赤紫)と知覚する。同様に青と緑の光を混ぜ合わせた光をシアン(空色)と知覚し、赤と緑の光を混ぜ合わせた光を黄と知覚する。青、赤、緑の3つの光を同一強度で混ぜ合わせた光に対しては、3種類の錐体細胞が同時に同一強度で反応し、その光を白と知覚する。

また、マゼンタ、シアン、黄の3色の絵の具を様々な比率で混ぜ合わせることも、あらゆる色を作り出すことが可能である。これは「色料(絵の具)の三原色」と呼ばれる原理に基づく。

〔1〕 下線部(ア)について答えよ。

(1) 図1は視細胞の模式図であり、AおよびBは、桿体細胞および錐体細胞のいずれかである(拡大率は異なる)。また、①~③の矢印は入射光(眼に入る光)の方向を示す。錐体細胞と入射光の方向の正しい組み合わせを(a)~(f)から1つ選び、その記号を答えよ。

- (a) Aと① (b) Aと② (c) Aと③
 (d) Bと① (e) Bと② (f) Bと③

(2) 桿体細胞の視覚における機能的な特徴を答えよ。

(3) 天文愛好家の間では「そらし目(視野の中心部からやや離れた部位で星を見ること)」で観察すると、より弱い光の星を観察できることが知られている。これは、視細胞のどのような機能や、分布の特徴を応用したものか、句読点を含めて120字以上140字以内で説明せよ。

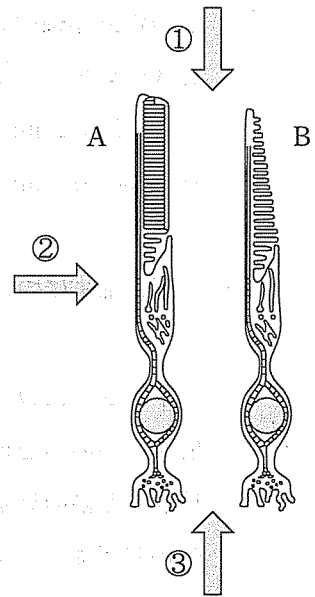


図1 視細胞の模式図

〔2〕 下線部(イ)について、錐体細胞の視物質であるフォトプシンは、桿体細胞の視物質であるロドプシンと同様に、レチナール(ビタミンA₁の一種)とオプシン(タンパク質)の複合体である。3種類の錐体細胞のフォトプシンにおいて、吸収する光の波長がそれぞれ異なる理由として最もふさわしいものを(a)~(d)から1つ選び、その記号を答えよ。

- (a) レチナールの機能が異なるため。
 (b) オプシンのアミノ酸配列が異なるため。
 (c) フォトプシンを構成するレチナール分子の数が異なるため。
 (d) 錐体細胞1つあたりのフォトプシンの含有量が異なるため。

〔3〕 下線部(ウ)について、光の吸収が最大になる波長を最大吸収波長という。ヒトの青錐体細胞のフォトプシンの最大吸収波長(単位：nm)が含まれる範囲を(a)~(e)から1つ選び、その記号を答えよ。

- (a) 285-300 nm (b) 350-365 nm (c) 415-430 nm
(d) 560-575 nm (e) 615-630 nm

〔4〕 下線部(エ)について、光の三原色の原理を応用している機器を1つ答えよ。

〔5〕 下線部(オ)について、白色光の照明下では、青と赤の光を吸収し緑の光を反射する絵の具をヒトは緑と知覚する。同様に、緑の光を吸収し青と赤の光を反射する絵の具をマゼンタと知覚する。これらも参考にして、次に説明する絵の具Xおよび絵の具Yを、白色光の照明下ではヒトは何色と知覚するか、最もふさわしい色を(a)~(h)から選び、その記号を答えよ。

絵の具X：この絵の具は、青の光を吸収し、赤と緑の光を反射する。

絵の具Y：この絵の具は、マゼンタの絵の具と絵の具Xを混合したものであり、青と緑の光を吸収する。

- (a) 青 (b) 赤 (c) 緑 (d) マゼンタ
(e) シアン (f) 黄 (g) 白 (h) 黒

〔IV〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

地球上にはさまざまな特徴をもつ気候条件があり、それらは地域の植生やそこに生活する動物に影響を与えている。一定の相観を持つ植生とそこに生息する動物などを含めたすべての生物の集団をバイオームという。世界の陸上バイオーム(以下、バイオーム)は植生にもとづいて分類され、図1のように形成される植生を年平均気温と年降水量との関係から示すことができる。また、ある地域の植生と環境条件との関係を説明する指標のひとつに「暖かさの指数」がある。暖かさの指数とバイオームとの関係を表すと表1となる。

気温の分布は緯度や標高によって変化するため、日本では南から北へ、そして、低地から高地へ植生の変化がみられ、この変化は暖かさの指数とよく対応する。しかし、標高が高くなり、2500 mを超えるような高山帯には背の高い木本の生育がみられなくなり、低木や高山植物などが生育するようになる。

一方で、ある場所の植生は種構成や構造が時間とともに変化することがあり、そのうち、一定の方向性をもって変化する現象を遷移という。火山の噴火などで地表の有機物や植物体が完全に失われて裸地が生じると、岩石上に地衣類やコケ植物が侵入し、これらの生物遺体や岩石の風化によって土壤の形成が始まる。年月とともに、植生はパッチ状に広がる荒原から、草原となり、やがて陽樹とよばれる木本が草原に侵入して森林に変化する。さらに遷移が進行すると、陰樹とよばれる木本が構成する森林が形成される。森林を構成する樹種に大きな変化が見られなくなって安定的に見える群落は極相と呼ばれる。

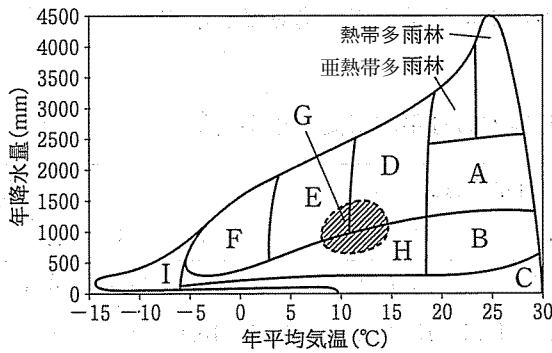


表1 暖かさの指数とバイオームの関係

暖かさの指数	バイオーム
240 以上	熱帯多雨林
180~240	亜熱帯多雨林
85~180	D
45~85	E
15~45	F

図1 年平均気温・年降水量とバイオームとの関係

〔1〕 以下の問いに答えよ。

(1) ①~③はある地域の植生の特性を述べたものである。それぞれが属するのに最もふさわしい植生を図1のA~Iから選び、記号を答えよ。

- ① 北米大陸の北部やユーラシア大陸の北部に分布し広大な森林を構成するが、木本の種類が少ない。
- ② 冬季の低温が厳しい日本の本州東北部や北海道南部に分布する。秋に落葉する樹木がみられる。
- ③ 乾季と雨季がある東南アジアに広く分布する。乾季に落葉する樹木がみられる。

(2) 図1のGは、オリーブなどの小さな硬い葉をつける樹木が多い植生で、温帯のある気候条件の地域に分布する。この気候の特徴について述べよ。

〔2〕 表2は日本のある地方の月平均気温と年平均気温を示す。

表2 日本のある地方の月平均気温と年平均気温

月	月平均気温(°C)												年平均 気温 (°C)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
地点A	4.0	4.4	7.5	13.0	17.7	21.7	25.7	27.0	22.6	16.7	11.6	6.8	14.9
地点B	-5.4	-4.7	-0.9	3.7	8.1	11.7	15.3	18.0	16.0	10.6	4.3	-1.9	6.2

(1) 地点Aおよび地点Bの暖かさの指数をそれぞれ計算せよ。数値は四捨五入し小数点以下1桁まで示すこと。

(2) 地点Aおよび地点Bが属するバイオームの名称を答えよ。

(3) 地点Aおよび地点Bに多くみられると考えられる植物を次の①～④のうちから1つ選び番号を答えよ。

① ブナ, ミズナラ

② ゲッケイジュ, コルクガシ

③ エゾマツ, トドマツ

④ アラカシ, タブノキ

(4) 下線部(ア)について, 高山帯で背の高い森林が形成されなくなる上限の標高のことを何とというか, 名称を答えよ。

〔3〕 下線部(イ)について, 遷移初期の裸地に地衣類やコケ類が侵入できる理由を, 句読点を含めて30字以上40字以内で説明せよ。

〔4〕 下線部(ウ)について, 極相に至った群落では大木が倒れることによって局所的にギャップと呼ばれる空間が生じる。このギャップが群落の多様性に与える影響について, 句読点を含めて30字以上40字以内で説明せよ。

〔V〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

遺伝子プールとは、ある地域に生息する同種の生物集団が持つ遺伝子全体をさし、遺伝子プールに含まれる個々の対立遺伝子の割合を遺伝子頻度という。下記^(ア)の(あ)~(お)のすべての条件を満たす仮想的な集団は「メンデル集団」とよばれ、このような集団では世代間で個々の対立遺伝子の遺伝子頻度は変化しない。

- (あ) 集団中で任意交配する。
- (い) 集団内の個体数は十分大きい。
- (う) ほかの同種集団との間に、個体の移入や移出がない。
- (え) 突然変異が起こらない。
- (お) 遺伝子型や表現型の違いによる自然選択が働かない。

一方、自然界の生物集団において、上述の(あ)~(お)の条件がすべて満たされるのはまれなことである。実際の生物集団では、捕食や病死などにより、生殖可能な状態まで成長する個体が少なく、それゆえに、生殖して次世代を残せる個体数は限られている。その前提では、どの遺伝子型を持つ個体が生殖に参加できるかは偶然^(イ)によって決まり、集団内の対立遺伝子の遺伝子頻度もその偶然性によって変動しうる。このことは、(い)の条件が満たされない状況、例えば、集団の個体数が何らかの理由でごく少数になった場合にはより顕著となる。そのため、その集団内には大きな遺伝子頻度の偏りが生じ、それが集団の中で世代を重ねて固定されていく。以上のような過程を経て構成された集団は元の集団とは対立遺伝子の遺伝子頻度が大きく異なり、しかも遺伝的多様性の小さな集団になる。こうして遺伝子頻度の異なる集団が形成されることで、生物の進化がもたらされることもある。このように、自然淘汰とは無関係に進化が起こることがあり得る。^(ウ)

- [1] 上記の文章の下線部(ア)は何という法則か答えよ。
- [2] あるメンデル集団において、ある形質にかかわる対立遺伝子 A と a が存在する。 A は a に対して優性であり、 A の遺伝子頻度が 0.6、 a の遺伝子頻度が 0.4 のとき、個体数 1600 の集団での遺伝子型 AA 、 Aa および aa の個体数をそれぞれ求めよ。なお、この集団は動物であり、雄と雌とがそれぞれ別の個体である。また、雌雄の比率は等しく、配偶子生産能力に個体差はないものとする。
- [3] 上記[2]の集団が生息する環境に変化が起こり、劣性ホモのすべての個体が生殖できなくなったと仮定する。
- (1) 各遺伝子型の個体がそれぞれ配偶子を 2 個ずつ作ると仮定した場合、雄の配偶子のうち遺伝子型 A の個数を答えよ。
 - (2) 次世代の A の遺伝子頻度はいくつになるか、分数で答えよ。数値は約分して示すこと。
- [4] 下線部(イ)の現象を何というか答えよ。
- [5] 下線部(ウ)について、自然淘汰の影響を受けない進化は分子レベルでも見られる。分子レベルでこのような進化が生じることを論じた学説を「中立説」(もしくは「中立進化説」という。この“中立”というのは、何がどのように中立であるという意味か、句読点を含めて 60 字以上 80 字以内で説明せよ。

