

# 生物基礎・生物

(全問必答)

**第1問** 代謝に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

〔解答番号  ～  〕 (配点 25)

A 生体内では、その生命活動に伴い多くの化学反応が進行している。この生体内での化学反応全体を代謝という。ほとんどの代謝ではエネルギーの出入りが伴い、ア有機物を分解するときにはエネルギーが放出される。このとき取り出されるエネルギーがさまざまな生命活動に使われる。

エネルギーを生命活動に利用するためには、「エネルギーの通貨」の役割を担うATPを合成する必要がある。イATPは生物のさまざまな生命活動にエネルギーを直接供給してADPに分解され、また再合成される。

**問1** 下線部アにおいて、真核生物では酸素を用いて効率よく有機物からエネルギーを取り出す呼吸を行う。呼吸の過程として適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

- ① 解糖系では、1分子のグルコースが2分子のピルビン酸に分解される。
- ② 解糖系では、ATPは合成されるが分解されることはない。
- ③ クエン酸回路では、ピルビン酸1分子から6分子の二酸化炭素が生じる。
- ④ クエン酸回路では、酸素を消費しながらATPを合成する。
- ⑤ 電子伝達系では、タンパク質複合体の間を電子が受け渡され、その際に膜間(外膜と内膜の間)からマトリックス側へ水素イオンがくみ出される。
- ⑥ 電子伝達系では、酸化リン酸化によりグルコース1分子当たり最大34分子のATPが合成される。

問2 下線部アにおいて、一部の生物では酸素を用いずにエネルギーを取り出す発酵を行う。発酵に関する説明文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

- ① 乳酸菌が行う乳酸発酵では、ピルビン酸から乳酸になる過程で ATP が2分子生成される。
- ② 乳酸発酵では、ピルビン酸から乳酸になる過程で NADH は  $\text{NAD}^+$  へと変化する。
- ③ 酵母菌が行うアルコール発酵では、脱水素酵素ははたらくが脱炭酸酵素ははたらかない。
- ④ アルコール発酵では、解糖系におけるグルコース1分子当たりの ATP の合成量が、酸素を用いる呼吸よりも少ない。

問3 下線部イにおいて、ATP のエネルギーを用いて行う生命活動として**適当でないもの**を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 4

- ① 抗体による抗原抗体反応
- ② 骨格筋における筋収縮
- ③ 光合成における有機物の合成
- ④ ホタルなどの発光
- ⑤ 能動輸送によるナトリウムイオンのくみ出し

B 図1は、植物が行う光合成の過程を模式的に示したものである。

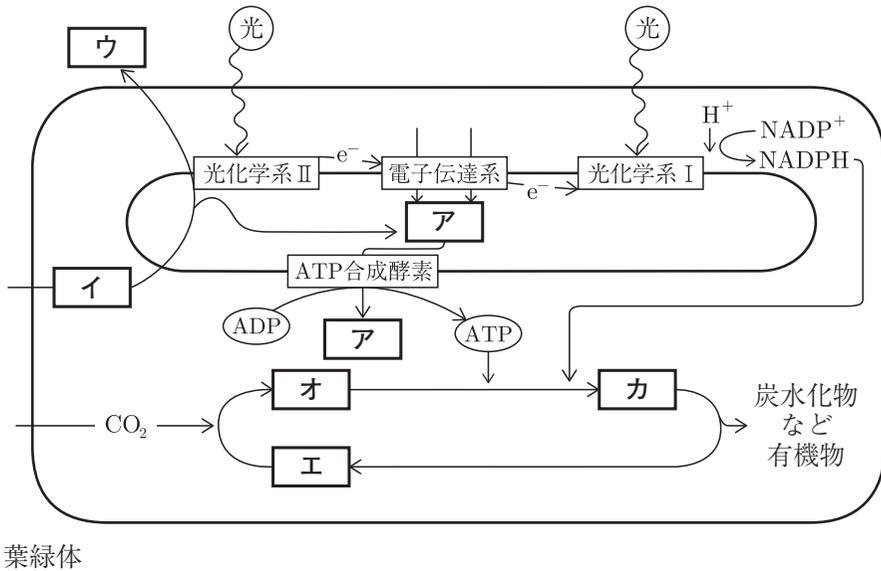


図 1

問4 図1中のアの移動についての説明文として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① アは  $H_2O$  であり、ATP 合成の原動力は電子伝達系における、ストロマからチラコイド内への輸送によって生じる濃度勾配である。
- ② アは  $H_2O$  であり、ATP 合成の原動力は ATP 合成酵素のチラコイド内からストロマへの輸送によって生じる濃度勾配である。
- ③ アは  $H^+$  であり、ATP 合成の原動力は電子伝達系における、ストロマからチラコイド内への輸送によって生じる濃度勾配である。
- ④ アは  $H^+$  であり、ATP 合成の原動力は ATP 合成酵素のチラコイド内からストロマへの輸送によって生じる濃度勾配である。

問5 図1中の光化学系についての説明文として適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

- ① イは  $\text{CO}_2$  であり、分解されて  $\text{O}_2$  (ウ) となって放出される。
- ② イは  $\text{H}_2\text{O}$  であり、分解されて  $\text{H}^+$  (ウ) となって放出される。
- ③ 光化学系Ⅱに光が当たると、光に含まれる電子が電子伝達系に渡される。
- ④ 光化学系Ⅱに光が当たると、イの分解によって生じた電子が光化学系Ⅱに補充される。
- ⑤ 光化学系Ⅰが放出した電子は、NADPHの生成に使われる。
- ⑥ 光が当たらないときは、電子は光化学系Ⅰから光化学系Ⅱへ(逆方向へ)受け渡される。

問6 図1中の工・オ・カの物質の炭素数の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

	工	オ	カ		工	オ	カ
①	$\text{C}_6$	$\text{C}_5$	$\text{C}_3$	②	$\text{C}_6$	$\text{C}_3$	$\text{C}_5$
③	$\text{C}_5$	$\text{C}_4$	$\text{C}_4$	④	$\text{C}_5$	$\text{C}_3$	$\text{C}_3$
⑤	$\text{C}_4$	$\text{C}_4$	$\text{C}_6$	⑥	$\text{C}_4$	$\text{C}_3$	$\text{C}_3$

**第2問** 生殖・発生に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号  ～  ] (配点 25)

A 動物の有性生殖では、親個体内で減数分裂による配偶子形成がみられる。運動性を有する精子と、細胞質を多く受け継ぐ卵では、その形成過程に違いがある。ただし、配偶子が親個体がもつ染色体の半数を引き継ぐことは共通であり、両者はやがて受精し1個の受精卵となる。

問1 動物の配偶子形成に関する記述として適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

- ① 精子も卵も、発生の初期に生じる始原生殖細胞由来である。
- ② 一次精母細胞は体細胞分裂を繰り返し、その数を増やす。
- ③ 二次精母細胞の核相は $2n$ 、精細胞に分裂すると核相は $n$ となる。
- ④ 1個の一次精母細胞から最大4個の精子ができる。
- ⑤ 卵原細胞は不等分裂を行う。
- ⑥ 第一極体は二次卵母細胞から生じる。

問2 精細胞から精子がつくられる過程で、変態前と変態後の組合せとして誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

変態前		変態後
① 精細胞の核	→	精子頭部の核
② 精細胞のミトコンドリア	→	精子尾部のミトコンドリア
③ 精細胞のゴルジ体付近の膜	→	精子頭部の先体
④ 精細胞の中心体	→	精子の中片部・尾部の鞭毛

ムラサキウニやバフンウニを用いて人工授精を行い、その受精の様子を観察してみると、次のような過程で行われた。

〔1〕 精子が卵に近づく。



〔2〕 卵のゼリー層に含まれる物質と反応して精子頭部内で変化が起こる。



〔3〕 精子頭部は卵の細胞膜と反応し精子の核が卵内に侵入する。



〔4〕 精子侵入場所で卵側に変化が起こり、その後受精膜が形成される。

問3 上の過程の記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

4

- ① 〔2〕の過程で、先体が壊れて、先端の細胞膜を伸ばすように先体突起を形成する。
- ② 〔3〕の過程で、先体に含まれる酵素により、卵膜に穴が開き、細胞膜と接触する。
- ③ 〔4〕の過程で、精子侵入地点で表層粒のエンドサイトーシスが起こる。
- ④ 〔4〕の過程で、表層粒中の酵素により卵表面に透明層が生じる。

## 生物基礎・生物

B 精子や卵によって、親から子へと伝えられる遺伝子の組合せは多様である。遺伝子は染色体に存在し、その受け渡しも染色体の動きにしたがう。

ア異なる常染色体に存在する遺伝子の動きは独立的であり、イ同じ常染色体上に存在する遺伝子は、その染色体の動きとともに同一細胞へ引き継がれる。ただし、減数分裂において染色体を交換する現象が起こると、その連動性が失われることもある。

問4 下線部アについて、仮に互いに独立である2組の対立遺伝子を  $G \cdot g$ 、 $H \cdot h$  とするとき、 $GgHh$  をもつ個体がつくる配偶子について考える。ただし、染色体を交換する現象は起こらないとする。

(1) 1個の一次精母細胞が減数分裂を行い精子を形成した。その際、精子の遺伝子型(たとえば  $GH$  や  $Gh$ )は何種類同時に発生するか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5 種類

- ① 1                      ② 2                      ③ 4                      ④ 8

(2) 多数の一次精母細胞が減数分裂を行い精子を形成した。その際、精子の遺伝子型は最大何種類発生するか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6 種類

- ① 1                      ② 2                      ③ 4                      ④ 8

問5 下線部イについて、「染色体を交換する現象」を何というか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 7

- ① 交雑                      ② 形質転換                      ③ 組換え                      ④ 乗換え

問6 下線部イについて、仮に互いに連鎖している遺伝子を  $P \cdot p$ ,  $Q \cdot q$  とし、 $P$  と  $Q$ ,  $p$  と  $q$  がそれぞれ同一染色体に存在するとき、 $PpQq$  をもつ個体がつくる配偶子について考える。

(1) 1個の一次精母細胞が減数分裂を行い精子を形成した。「染色体が交換する現象」が起こらない場合、つくられる精子の遺伝子型の比率 ( $PQ : Pq : pQ : pq$ ) はどのようなになるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、 $n$  は1より大きい数である。 8

- ①  $1 : 0 : 0 : 1$                       ②  $0 : 1 : 1 : 0$                       ③  $1 : 1 : 1 : 1$   
 ④  $n : 1 : 1 : n$                       ⑤  $1 : n : n : 1$

(2) 1個の一次精母細胞が減数分裂を行い精子を形成した。「染色体が交換する現象」が起こった場合、つくられる精子の遺伝子型の比率 ( $PQ : Pq : pQ : pq$ ) はどのようなになるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、 $n$  は1より大きい数である。 9

- ①  $1 : 0 : 0 : 1$                       ②  $0 : 1 : 1 : 0$                       ③  $1 : 1 : 1 : 1$   
 ④  $n : 1 : 1 : n$                       ⑤  $1 : n : n : 1$

**第3問** 動物の反応に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号  ～  ] (配点 25)

A 動物は、光や音といった外界からの刺激を受容し、適切な反応、行動をとらなければならない。体内には神経系というネットワークをつくり、外界からの情報の収集とその対処にあたる。このネットワークをつくっているのはニューロンと呼ばれる神経細胞である。

**問1** 神経系をつくるニューロンについての説明として最も適当なものを、次の①～

④のうちから一つ選べ。

- ① どのニューロンも、核のある細胞体と、短く枝分かれしている軸索、長く伸びた樹状突起からなる。
- ② 運動ニューロンは、各受容器から中枢まで情報を伝える遠心性のニューロンである。
- ③ ニューロンとニューロンはシナプスと呼ばれる部分で細胞膜どうしが接着している。
- ④ 体制の発達した動物ほどニューロンの集中化がみられる。

問2 次のグラフ(図1)は、軸索に興奮を与えたときに生じた膜電位の逆転のようすをあらわしたものである。このグラフの変化を説明した内容として誤っているものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 2

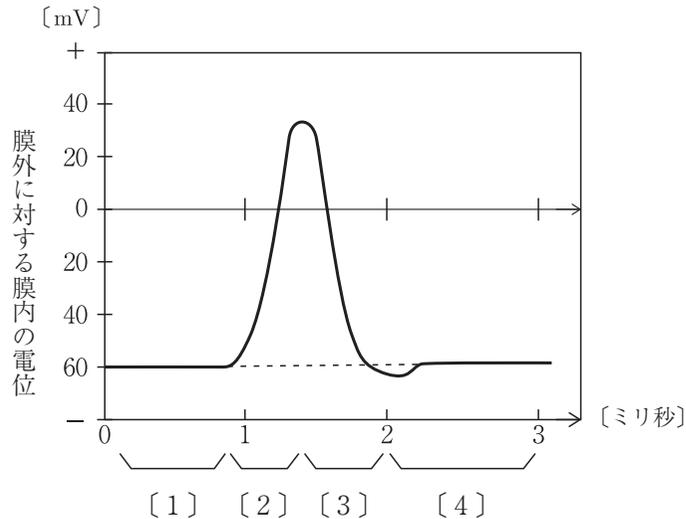
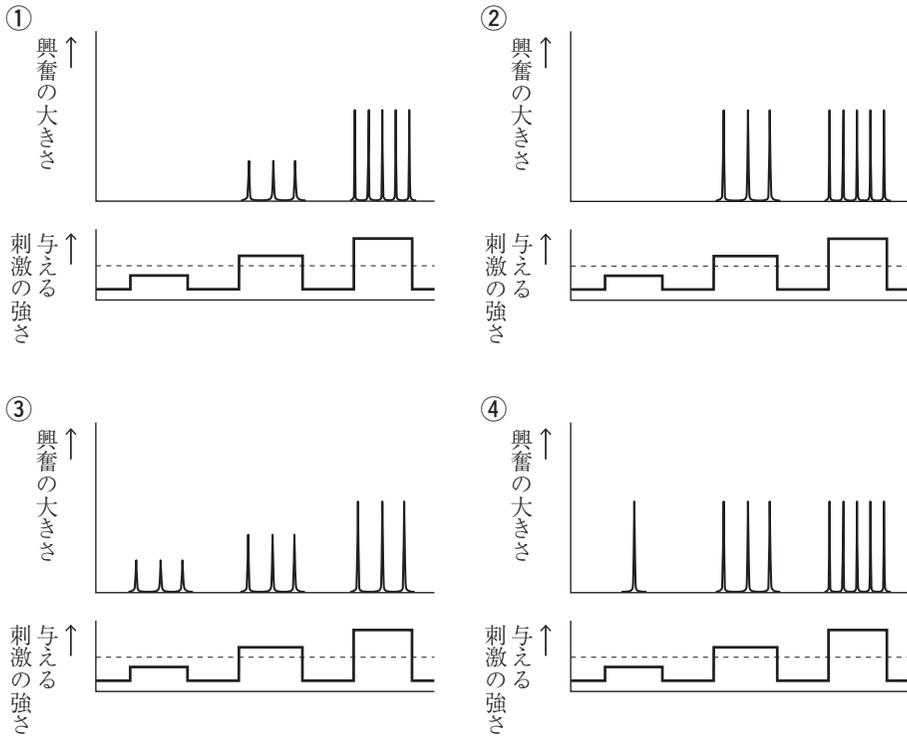


図 1

- ① [1]では、ナトリウムポンプと一部のカリウムチャネルのはたらきで、細胞内の電位が負(－)に維持されている。
- ② [2]では、刺激によりナトリウムチャネルが開き、 $\text{Na}^+$ が流入することで膜電位が逆転する。
- ③ [3]では、ナトリウムチャネルが閉じるとともに、カリウムチャネルが開き、 $\text{K}^+$ が流出することで、膜電位が[1]とほぼ同じ電位にもどる。
- ④ [4]では、刺激によって移動した $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ がそれぞれのチャネルを通過もとの状態にもどろうとする。

問3 軸索における活動電位の発生を興奮と呼ぶ。ニューロンに対して与える刺激を徐々に大きくしていくと、軸索を伝える情報量はそれに応じて増えていく。次のグラフは、与える刺激の大きさを変えたときの、軸索上に発生する興奮の頻度と大きさをあらわしたものである。正しいグラフを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、与える刺激の強さのグラフの点線は閾値を示している。 3



B 動物の進化において、より適応的な行動をとれるように神経系が発達してきた。神経系が複雑に発達することでより複雑な行動をとることができるようになる。ただ、単純なつくりの動物でも、ア 学習することなく、生存にかかわる重要な行動をとれるような神経経路を形成できるようにプログラムされている。

問4 下線部アのようなプログラムされた行動を生得的行動という。生得的行動についての記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① ホシムクドリが渡りの季節になると、一定の方向を向いて羽ばたきを始める。
- ② アリが餌を見つけて巣に戻るとき、地面に化学物質をぬりつける。
- ③ イトヨの雄が、繁殖期に自分の縄張りの中に侵入しようとする別の雄を攻撃する。
- ④ アメフラシの水管に触れるとえらをひっこめるが、繰り返しているうちに引っ込めなくなる。

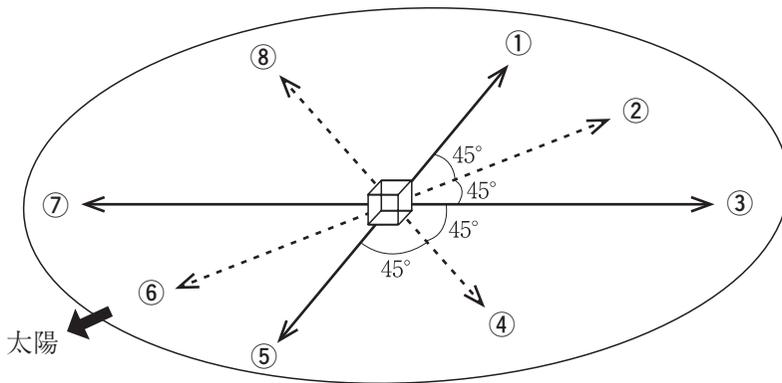
問5 下線部アとは異なり、生まれた後の経験によって変化していく行動様式を学習という。パブロフの実験で有名な古典的条件づけも学習の一種である。イヌに餌を与える直前にベルを鳴らすように習慣づけると、イヌはベルを鳴らすだけで唾液を分泌するようになる。この現象の説明として適当でないものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① イヌは餌を食べると、大脳の味覚中枢へ情報を伝えるとともに、延髄から唾液の分泌を命令している。
- ② ベルの音は大脳の聴覚中枢へ伝えられる。
- ③ 餌とベルの音が同時に大脳へ伝えられることが繰り返されると、聴覚中枢と延髄の唾液分泌の中枢との間に新しい経路ができる。
- ④ 唾液分泌の刺激となったベルの音を無条件刺激と呼ぶ。

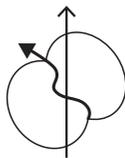
問6 昆虫などが個体どうしのコミュニケーションをとる例として、餌場の位置情報となるミツバチのダンスがあげられる。巣から餌場が遠いとき、巣から餌場までの方角と太陽の見える方角のなす角度を、8の字ダンスの直進方向と鉛直上向きとのなす角度として伝えている。これはダンスの情報が他の個体との共通認識であることから、生得的行動であるとみることができる。

図2において、a、bの2種類のダンスは、どの方角の餌場を指し示すか。最も適当なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

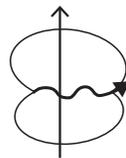
a  b



鉛直上向き



ダンス a



ダンス b

図 2

第4問 生物の進化に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～7)に答えよ。

〔解答番号  ～  〕 (配点 25)

A 地球上に生命が誕生した初期の頃、どのような代謝を行う生物であったかに関しては明確な証拠はない。一つの説として、最初は原始海洋に溶け込んでいる有機物をエネルギー源としている従属栄養の原核生物であり、その後、有機物の減少する環境中に ア 自ら有機物を合成できる独立栄養の原核生物が誕生した、という栄養形態の変遷があったと考えられた。イ それから新しいタイプの原核生物が生まれ、  
ウ 真核生物へと進化する要因が蓄積されていったと考えられている。

問1 下線部アについて、化学エネルギーを利用する化学合成細菌と、光エネルギーを利用する光合成細菌であったと考えられる。それぞれの細菌に属するものの組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- |   | 化学合成細菌 | 光合成細菌  | 化学合成細菌   | 光合成細菌 |
|---|--------|--------|----------|-------|
| ① | 緑色硫黄細菌 | 紅色硫黄細菌 | ② 緑色硫黄細菌 | 硫黄細菌  |
| ③ | 硝酸菌    | 紅色硫黄細菌 | ④ 硝酸菌    | 硫黄細菌  |

問2 下線部イについて、問1の光合成細菌とは別の環境で生育するシアノバクテリアが現れた。光合成細菌とシアノバクテリアの違いを示す説明として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 光合成細菌は水素源として  $H_2S$  を利用し、シアノバクテリアは水素源として  $H_2O$  を利用する。
- ② 光合成細菌は水素源として  $H_2O$  を利用し、シアノバクテリアは水素源として  $H_2S$  を利用する。
- ③ 光合成細菌は光合成の結果  $CO_2$  を放出し、シアノバクテリアは光合成の結果  $O_2$  を放出する。
- ④ 光合成細菌は光合成の結果  $S$  を放出し、シアノバクテリアは光合成の結果  $CO_2$  を放出する。

問3 現生のシアノバクテリアは、当時現れた初期型のシアノバクテリアの性質を引き継いでいる。この初期型のシアノバクテリアは、層状の石灰岩中にマット状に群生している状態で見つかっている。この岩石の名称と、岩石の形成されたおよそその年代の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

3

	名称	年代		名称	年代
①	バージェス頁岩	約27億年	②	ストロマトライト	約27億年
③	バージェス頁岩	約5.4億年	④	ストロマトライト	約5.4億年

問4 下線部ウについて、真核生物への進化は、共生説と細胞小器官の発達による大型化、複雑化で説明される。その共生説により説明される、取り込まれた生物とその後の細胞小器官の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

4

- |   |       |   |     |   |       |   |         |
|---|-------|---|-----|---|-------|---|---------|
| ① | 光合成細菌 | → | 葉緑体 | ② | 光合成細菌 | → | ミトコンドリア |
| ③ | 好気性細菌 | → | 葉緑体 | ④ | 好気性細菌 | → | ミトコンドリア |

## 生物基礎・生物

B 生物がどのように進化してきたかということについて、19世紀にはダーウインをはじめ、いくつかの説が唱えられるようになった。そして20世紀に入ると、進化は遺伝子レベルで考えられるようになる。ある種のグループがどのように進化するかは、Ⅰ その集団がもつ遺伝子の構成や頻度がどのように変化していくかという考え方にいたる。

問5 下線部Ⅰについて、ある集団が次世代の個体を残すにあたり、多数の配偶子を形成してその一部が次世代へ引き継がれる。その交配に選ばれる配偶子は偶然的で、それらの配偶子によって引き継がれる遺伝子が、もとの集団に存在した遺伝子の頻度とおなじ比率で受け継がれるかどうかはわからない。このときに起こる、偶然による遺伝子頻度の変化のことを何というか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 

5
---

- ① 環境変異      ② 自然選択      ③ 遺伝的浮動      ④ 適応

ある植物の集団の花の色の遺伝について考える。赤花をつける遺伝子を A，白花をつける遺伝子を a とする。花の色はこの A，a の一組の対立遺伝子により決定され、A は a に対して優性である。

この植物の集団が、ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ環境に人工的に植えられ、純系の赤花 400 個体，純系の白花 600 個体が自由に交配できる状態になった。

**問 6** この集団が交配をして、次世代の集団を形成した。この次世代の花の色の分離比はどうか。理論的に最も近いものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

6

- ① 赤花：白花 = 2 : 3                      ② 赤花：白花 = 4 : 9  
 ③ 赤花：白花 = 3 : 2                      ④ 赤花：白花 = 16 : 9

**問 7** 問 6 で得られた集団から、白花の  $\frac{1}{3}$  を収穫した。収穫後残った花がまた自由交配を行い、次の世代の個体を残した。収穫後の交配により形成された花全体に対し、赤花の占める割合はどのようになるか。理論的に最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 7 %

- ① 9              ② 33              ③ 57              ④ 70              ⑤ 81              ⑥ 96