

2016年度

A b 生 物 問 題

注 意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべて**HB**の黒鉛筆または**HB**の黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は**16ページ**までとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～Vとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に**氏名**のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
○	○	●	○	○	○

 (3と解答する場合)

I. 次の文を読み、下記の設問1～7に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

真核生物は有性生殖によって次世代の個体を作る。被子植物の花は4種類の異なる部分(器官)からなり、それらはめしべを中心に同心円状¹⁾に配置されている。この4種類の器官の分化は、転写を制御する調節タンパク質である(イ)タンパク質の働きにより制御される。(イ)タンパク質はA, B, Cという3つのクラスの遺伝子によってコードされており、これらの遺伝子発現の組み合わせにより花のどの器官ができるかが決まる。

配偶子の元になるのは花粉母細胞と胚のう母細胞である。花粉母細胞は減数分裂を行い花粉四分子と呼ばれる4個の未熟花粉の集まりとなる。それぞれの花粉四分子は、花粉管核と雄原細胞の核を作るような分裂を行い、最終的に成熟した花粉となる。一方、胚のう母細胞は減数分裂により、4個の細胞を作るが、そのうちの1つだけが胚のうを形成する。花粉管は柱頭から胚珠に向かって伸長する性質があり、その内部を精細胞²⁾と花粉管核が運ばれていく。花粉管の先端が胚のうに到達すると、精細胞が胚のうの内へ³⁾放出され、(ロ)によって、核相が $2n$ の受精卵と $3n$ の胚乳が形成される。受精卵は細胞分裂を繰り返し、胚へと成長する。胚珠に由来する珠皮は胚発生に伴い種皮へと変化する。

植物の生殖の過程を調べるために、シロイヌナズナの遺伝子Xの機能が失われた変異株xを用いて以下の実験1～3を行った。なお、正常な遺伝子Xをホモ接合体でもつ個体を野生株と呼ぶ。また、同一個体の花粉と柱頭の間で起きる受粉を自家受粉と呼び、ある個体の花粉を別の個体の柱頭に人工的に受粉させることを掛け合わせと呼ぶ。

【実験1】

野生株と変異株xのホモ接合体を自家受粉させて得られた胚の発生過程を観察した。細胞分裂が胚全体で繰り返されながら、図1に示すような胚の形態変化が進む。発生段階が進むほど胚は大きくなるが、図1では発生段階が進むほど縮小して描いてある。受精してから定期的に野生株と変異株xの胚の細胞数を測定したグラフが図2である。同様に、各時点で観察した胚が発生段階のどの形態にあてはまるかを図1の1～6に分類し、それぞれの割合を示した棒グラフが図3である。

図1

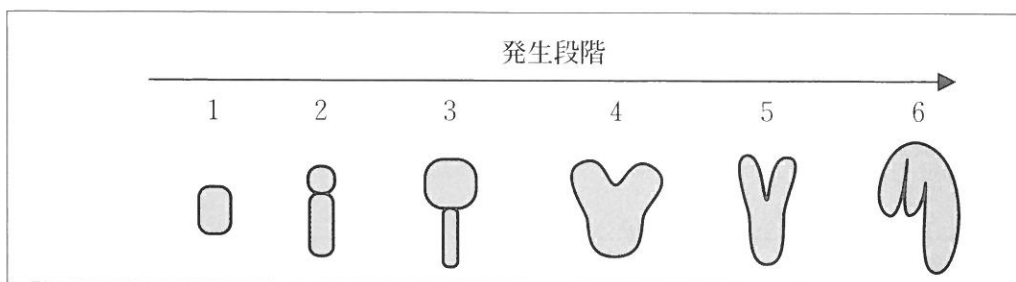


図2

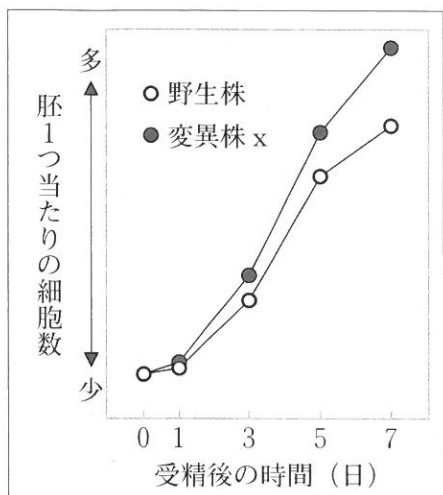
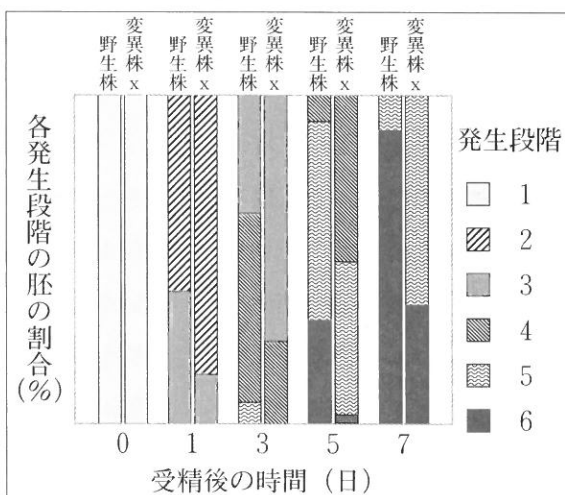


図3



【実験2】

野生株と変異株 x のホモ接合体をそれぞれ自家受粉させて得られた種子と、野生株と変異株 x のホモ接合体を掛け合わせて得られた F1 種子の大きさを測定した。この時、野生株のめしべと変異株 x のおしべ、野生株のおしべと変異株 x のめしべそれぞれを用いて掛け合わせる実験を区別して行った。その結果を表1に示す。なお、種の大きさは野生株を100%として表している。

表1

実験名	自家受粉1	自家受粉2	掛け合わせ1	掛け合わせ2
おしべ側	野生株	変異株 x	変異株 x	野生株
めしべ側	野生株	変異株 x	野生株	変異株 x
種の大きさ (%)	100	120	100	120

【実験3】

実験2の掛け合わせ1，掛け合わせ2で得られたF1種子を蒔き育てた。それらの植物を自家受粉させて得られたF2種子の大きさを調べた。表2に示すように，これらのF2種子の大きさは野生株から得られた種子と同様であった。

表2

系統名	野生株	掛け合わせ1のF2種子	掛け合わせ2のF2種子
種子の大きさ (%)	100	100	100

- 文中の空所(イ)・(ロ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。
- 文中の下線部1)について，もっとも外側と，内側から2番目の位置にある器官の組み合わせとしてもっとも適当なものを，次のa～fから1つ選び，その記号をマークせよ。
 - もっとも外側：花弁 内側から2番目：がく片
 - もっとも外側：花弁 内側から2番目：おしべ
 - もっとも外側：がく片 内側から2番目：花弁
 - もっとも外側：がく片 内側から2番目：おしべ
 - もっとも外側：おしべ 内側から2番目：花弁
 - もっとも外側：おしべ 内側から2番目：がく片
- 文中の下線部2)について，次の問i・iiに答えよ。なお，A，B，Cクラスの遺伝子がコードするタンパク質を，A，B，Cクラスのタンパク質とする。
 - このような仕組みを説明するモデルの名称をしるせ。
 - 文中の下線部2)の説明として正しいものを，次のa～eからすべて選び，その記号をしるせ。
 - Aクラスのタンパク質は，がく片の形成に必要である。
 - Bクラスのタンパク質は，がく片の形成に必要である。
 - Bクラスのタンパク質が作る複合体には，A，B，Cクラスのタンパク質が同時に全て含まれるものがある。
 - Cクラスのタンパク質は，花を作る分裂組織の働きを持続させる役割を持つ。
 - Cクラスのタンパク質は，単独でめしべの形成に関わる。

4. 文中の下線部3)について、被子植物の精細胞と動物の精子とで大きく異なる特徴を1行でしるせ。

5. 実験1の結果から考えられる結論として適当なものを、次のa～hからすべて選び、その記号をしるせ。

- a. 変異株xの胚の細胞は野生株よりも、細胞周期を1周する時間が長い。
- b. 変異株xの胚の細胞は野生株よりも、細胞周期を1周する時間が短い。
- c. 変異株xの胚は、野生株よりも速く大きくなる。
- d. 変異株xの胚は、野生株よりもゆっくり大きくなる。
- e. 変異株xの方が野生株よりも、胚の形態変化が速く起きる。
- f. 変異株xの方が野生株よりも、胚の形態変化がゆっくり起きる。
- g. 胚を構成する細胞数によってどのような形態変化が起こるかが決まる。
- h. 胚を構成する細胞数によってどのような形態変化が起こるかは決まっていない。

6. 実験2の結果から考えられる、遺伝子Xの変異(変異x)の効果としてもっとも適当なものを、次のa～eから1つ選び、その記号をマークせよ。

- a. 胚について変異xがホモ接合の場合にのみ、種子の大きさが野生株と比べて大きくなる。
- b. 胚について変異xがヘテロ接合であれば種子の大きさが野生株と比べて大きくなる。
- c. 変異株xのおしべを用いれば、種子の大きさが野生株と比べて大きくなる。
- d. 変異株xのめしべを用いれば、種子の大きさが野生株と比べて大きくなる。
- e. この実験からは変異xの効果は判断できない。

7. 実験2と3の結果から、変異xは植物のどの部位の性質を変化させることによって、種子のサイズを野生株よりも大きくしたと考えられるか。その部位としてもっとも適当なものを、次のa～hから1つ選び、その記号をマークせよ。

- a. 花粉 b. 受精卵 c. 珠皮 d. 精細胞
- e. 胚乳 f. 胚のう g. 分裂を開始した胚 h. 卵細胞

II. 次の文を読み、下記の設問 1～5 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

細胞の分裂では、母細胞の DNA から同一の DNA が複製され娘細胞に分配される。DNA の複製の際、まず DNA ヘリカーゼ という酵素が重要な働きをする。その後、もとの 2 本のヌクレオチド鎖のそれぞれが¹⁾ 鋳型となり、DNA 合成酵素により相補的な塩基配列を持つ新生鎖が合成される。複製された DNA はもとのヌクレオチド鎖と新生鎖を 1 本ずつ含む。このような複製方式を (イ) 複製という。新生鎖には、(ロ) とラギング鎖がある。(ロ) は鋳型となるヌクレオチド鎖が開裂する方向と DNA 合成酵素が新生鎖を合成する方向が同じであるため、ヌクレオチド鎖の合成が連続的に進む。ラギング鎖は DNA の合成方向と鋳型の開裂方向が異なり、不連続に新生鎖の合成が進む。この過程で作られる²⁾ 不連続な新生鎖の断片は、発見者にちなんで (ハ) と呼ばれている。³⁾

1. 文中の空所(イ)～(ハ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。

2. DNA 分子はデオキシリボースにリン酸と塩基が結合したヌクレオチドが多数つながってできている。DNA について、次の問 i・ii に答えよ。

i. 図 1 はデオキシリボースの構造式である。リン酸と塩基がデオキシリボースとそれぞれ結合する炭素の位置として適当なものを、図 1 中の①～⑤からすべて選び、その記号をしるせ。

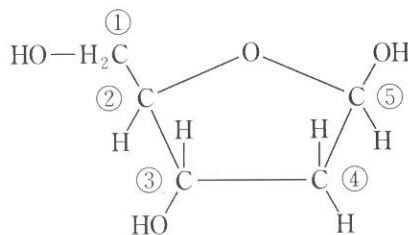


図 1

ii. DNA の配列を決定する方法に関する次の文を読み、ジデオキシヌクレオシド三リン酸により DNA の合成が停止する理由を 1 行でしるせ。

サンガー法は、調べたい 1 本鎖 DNA を鋳型として相補的な DNA 鎖を合成させる。このとき、材料であるデオキシヌクレオシド三リン酸に少量のジデオキシヌクレオシド三リン酸を混ぜておくと、これを取り込んだ DNA はそこで合成が停止する。異なる位置で合成が停止した様々な長さの DNA 鎖ができるため、あらかじめジデオキシヌクレオシド三リン酸に異なる標識を付けておき電気泳動することで、そのパターンから塩基

配列を決定できる。

3. 文中の下線部 1) について、DNA 複製のための役割としてもっとも適当なものを、次の a ~ e から 1 つ選び、その記号をマークせよ。

- a. DNA の 2 重らせん構造を形成する。
- b. DNA の 2 重らせん構造をほどく。
- c. DNA のヌクレオチド鎖同士の水素結合を形成する。
- d. DNA のヌクレオチド鎖同士を連結する。
- e. DNA の 2 本のヌクレオチド鎖のどちらか 1 本を切断する。

4. 文中の下線部 2) について、不連続に新生鎖が合成される理由を「5' 末端」と「3' 末端」という語句を用いて 2 行で説明せよ。

5. 文中の下線部 3) について、次の実験を行った。以下の問 i ~ iii に答えよ。

【実験】

大腸菌で DNA の複製が盛んに起こっているとき、ある短い時間 (5, 10, 30, 60 秒) だけ放射性同位元素を含むチミジンを経地に加え、DNA を標識した。次に、非放射性的のヌクレオチドを大量に加え、さらに培養した。その後、大腸菌より DNA を調製し、アルカリ処理により 1 本鎖に解離させた。解離したヌクレオチド鎖をショ糖密度勾配法を用いた遠心分離によりヌクレオチド鎖の長さで分けた。図 2 は標識された放射線の量と遠心分離したチューブの上部からの位置の関係を示す。なお、チミジンはチミンを塩基とするヌクレオチドであり、ショ糖密度勾配法は遠心管中に形成されたショ糖溶液の密度勾配を用いて、高分子量の物質を遠心分離により分ける方法である。

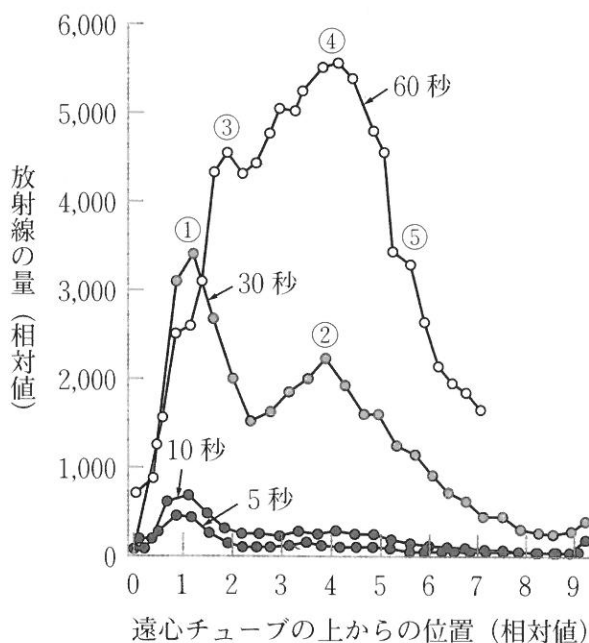


図 2

- i. 文中の下線部 3) に対応するピークとしてもっとも適当なものを，図 2 中の①～⑤から 1 つ選び，その記号をマークせよ。

- ii. 仮にすべてのヌクレオチド鎖が連続的に合成された場合，短い標識時間では放射線量のピークがどの位置にいくつ検出されるか，1 行でしるせ。ただし，ピークの位置は図 2 中の X 軸の 0～9 を用いよ。

- iii. 文中の下線部 3) のヌクレオチド鎖は，最終的に長い 1 本の新生鎖となる。そのために必要な酵素の名称をしるせ。

Ⅲ。次の文を読み、下記の設問1～4に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

近縁の種間で特定の DNA の塩基配列や特定のタンパク質のアミノ酸配列を調べると、種間での違いがみられることから、共通の祖先から分かれた後にそれぞれの種に突然変異が起こったことが推察されている。このような変化を分子進化と言い、同じ遺伝子への変異の蓄積の割合は種が分かれてからの時間に比例している。このような塩基配列やアミノ酸配列に生じる変化の速度は（イ）と呼ばれ、種間での類縁関係や種が分かれた時期を推測するために用いられる。分子進化の中で、遺伝子やタンパク質の機能に影響を与える突然変異は稀であり、そのような変異は自然選択の影響を受けると考えられる。しかし、突然変異は個体の生存に有利にも不利にも働かないものがほとんどであり、自然選択を受けない中立的な突然変異は、集団全体に広がったり消失したりする。これが（ロ）により提唱された中立説である。

1. 文中の空所(イ)・(ロ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。
2. 文中の下線部1)のようにタンパク質は20種類のアミノ酸の組み合わせにより作られている。次のアミノ酸配列を持つペプチドの分子量としてもっとも適当なものを、以下のa～hから1つ選び、その記号をマークせよ。ただし、2つのシステインはジスルフィド結合を形成している。

Met - Trp - Cys - Thr - Tyr - Tyr - Asn - Glu - Cys - Phe

なお、分子量は次の値を用いよ。

Asn (アスパラギン) = 132, Asp (アスパラギン酸) = 133, Cys (システイン) = 121,
Gln (グルタミン) = 146, Glu (グルタミン酸) = 147, Met (メチオニン) = 149,
Phe (フェニルアラニン) = 165, Thr (トレオニン) = 119,
Trp (トリプトファン) = 204, Tyr (チロシン) = 181

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| a. 1520 | b. 1519 | c. 1521 | d. 1358 |
| e. 1357 | f. 1356 | g. 1340 | h. 1338 |

3. 文中の下線部2)のように近縁の種間での分かれた時期を求めるため、ヒトおよび3種類の類人猿 A, B, C のミトコンドリア DNA の特定の遺伝子群の塩基配列の置換数を調べ、その結果を表1にまとめた。このとき、次の問 i ~ v に答えよ。ただし、ミトコンドリア DNA の突然変異は中立的で、一定の確率でランダムに起こるものとする。

- i. ミトコンドリアは核とは別の DNA を持つことが知られており、これは好気性細菌が原始的な真核生物に取り込まれたことでできたと考えられている。このような説は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
- ii. ミトコンドリア DNA はミトコンドリアを構成する一部のタンパク質の情報しか持っておらず、多くのミトコンドリアのタンパク質は細胞質基質の遊離したリボソームで合成され、ミトコンドリアへ取り込まれる。このようにミトコンドリアへ輸送されるタンパク質にある特異的なアミノ酸配列は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
- iii. 表1の結果を用いてヒトにもっとも近縁な類人猿を、表1中の A ~ C から1つ選び、その記号をマークせよ。
- iv. ヒトにもっとも近縁な類人猿とヒトの共通の祖先が285万年前に分かれたとすると、ミトコンドリア DNA に1つの変異が起こるのに、何万年必要と考えられるか、有効数字2桁でしるせ。
- v. ヒトにもっとも近縁な類人猿とヒトの共通の祖先が285万年前に分かれたとすると、ヒトにもっとも遠縁の類人猿の共通の祖先が別れたのは何万年前か、有効数字3桁でしるせ。

表1

	ヒト	類人猿 A	類人猿 B	類人猿 C
ヒト		—	—	—
類人猿 A	505		—	—
類人猿 B	380	519		—
類人猿 C	1023	1010	1003	

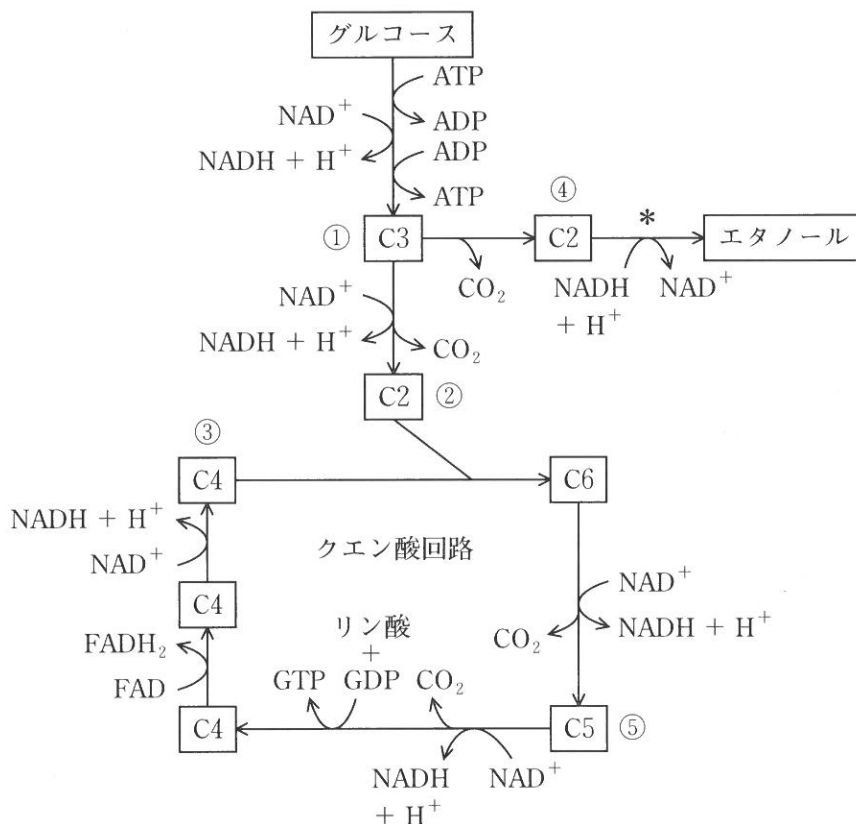
4. 文中の下線部3)について，個体の生存に有利にも不利にもならない例を，次の3つの語句をすべて使って，2行でしるせ。

「コドン」「アミノ酸」「変異」

IV. 次の文を読み、下記の設問1～9に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

下図はグルコースが呼吸によって分解される過程を模式的に示したものである。ただし、図中のC2, C3, C4, C5, およびC6は、それぞれの化合物がもつ炭素原子の数を表しており、係数や水分子は示していない。また、NADはニコチンアミドアデニンジヌクレオチドを、FADはフラビンアデニンジヌクレオチドを表している。

図



1. 図中①～④それぞれにあてはまる物質名をしるせ。

2. 酵母は、呼吸と発酵の両方を同時に行うことができる。ある酵母が呼吸で2 molのグルコースを、発酵で1 molのグルコースを消費したとき、消費した酸素の体積と発生した二酸化炭素の体積比はどうか。もっとも簡単な整数でしるせ。

3. 酵母が行う発酵において、図中の記号(*)の反応はどのような意味をもっているか、1行で説明せよ。
4. クエン酸回路で大量に生じたNADHやFADH₂は、ミトコンドリアの電子伝達系である物質を還元するために用いられる。その物質名をしるせ。
5. NADとFADはビタミンを材料として体内で合成される。材料となるビタミンの名称をそれぞれしるせ。
6. 哺乳動物において、クエン酸回路をもっていない細胞の名称を1つあげよ。
7. 呼吸の代謝中間体はさまざまな物質の合成にも使われる。図中⑤の物質にアンモニウムイオンが付加されてできる物質としてもっとも適当なものを、次のa～eから1つ選び、その記号をしるせ。
- a. アブシシン酸
 - b. グルタミン酸
 - c. 尿酸
 - d. コハク酸
 - e. ホスホグリセリン酸
8. 骨格筋では呼吸と解糖以外の方法でもATPを獲得できる。その方法を1行で説明せよ。
9. グルコースだけでなく、脂肪もさまざまな処理を受けて呼吸で使われる。脂肪の一種であるC_xH₁₁₀O₆が呼吸で完全に酸化分解されたとき、呼吸商は0.70だった。この脂肪の炭素数xを求め、小数点以下を切り捨て整数でしるせ。

V. 次の文を読み、下記の設問1～5に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

ハーディとワインベルグはメンデル集団において、一定の条件を満たしていれば、対立遺伝子の遺伝子頻度と遺伝子型が出現する割合（遺伝子型の頻度）は一定に保たれることを示した。これをハーディ・ワインベルグの法則といい、この法則が成り立つためには次の5つの条件が必要である。

- ①集団内の（イ）が充分に多い。
- ②着目する遺伝子について突然変異が起こらない。
- ③着目する遺伝子型間で自然選択が起こらない。
- ④集団の内外へ（イ）の自由な移動が起こらない。
- ⑤集団内では自由な（ロ）が起こる。

これらの条件を満たしていれば、対立遺伝子の遺伝子頻度は世代を経ても変化しないので、このような集団を（ハ）にあるという。この状態が続けば、集団の遺伝子プールの構成に変化はなく、進化は起こらないことになるが、実際には条件①～⑤が成り立たなくなると、集団の遺伝子頻度が増減する。その後、自然選択を通して生物種の様々な形質が変化し、集団どうしが長い間隔離されることによって新しい種が分化する。ある単一の系統から分化して、様々な環境に進出し、多様化することを（ニ）といい、その結果、系統の分化が引き起こされる。

1. 文中の空所(イ)～(ニ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。
2. ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ動物の集団が存在する。オスの性染色体はXY、メスの性染色体はXXであり、X染色体上にある遺伝子によって劣性形質が支配されている。その変異遺伝子をa、その遺伝子頻度をq、正常遺伝子をA、その遺伝子頻度をpとする（ $p + q = 1$ ）。このとき、次の問i～iiiに答えよ。
 - i. 変異遺伝子aをもつのに劣性形質を示さないメス（劣性遺伝子の保因個体）の遺伝子型の頻度を、pを用いてしるせ。

- ii. 正常な形質を示すオスの割合が 95 % の場合、正常な形質を示すメスの割合は何%か。
小数点第 2 位までしるせ。

 - iii. この集団において、1 世代のみに作用した環境変化で劣性形質を示す個体のみが完全に死滅した場合、次の世代において劣性形質を示すメスの割合は何%かしるせ。
3. 文中の②の条件において、対立遺伝子が自然選択のうえで中立であっても、単なる確率的な過程によって集団の遺伝子プールの構成が世代を経て変わることがある。このような偶発的な遺伝子頻度の変化は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
4. 自然選択によって進化が起こるためには、集団内に突然変異が起こること、その変異が遺伝することの他にもう 1 つ条件が必要である。その条件を 1 行でしるせ。
5. 現存するよく似た 2 つの生物種が同種ではなく、交配によって子孫を代々残すことができない状態を何と呼ぶか、5 字以内でしるせ。

【以下余白】