

2023年度

理 科

RC

【 生 物 】

3月12日(日) 理 学 部 (生物科学科, 創造理学コース)

【後期日程】 農 学 部 9 : 40 ~ 11 : 00

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、全部の解答用紙(4枚)に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 この問題冊子は、9ページあります。はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は、声を出して読んではいけません。
- 7 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 8 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

1 遺伝子とのはたらきに関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。(配点25%)

真核生物のDNAは主に核の中に存在し、これらのDNAは染色体の中に含まれている。DNAにタンパク質である①が結合したビーズ状の基本構造は②とよばれる。②が数珠のようにつながった繊維状の構造は、さらに折りたたまれて③とよばれる高次構造を形成する。体細胞分裂時には、染色体は複製され、紡錘糸が染色体にある④に結合し、分裂した細胞に染色体が分配される。

DNAが複製される際には、⑤とよばれる酵素によって部分的に塩基間の水素結合が切断され開裂し、1本ずつのヌクレオチド鎖になる。それぞれのヌクレオチド鎖を鋳型として、
a DNAポリメラーゼのはたらきによって、
b プライマーが結合した部位から新たなヌクレオチド鎖が形成される。

遺伝情報を担う物質はDNAであるが、実際に生物のからだの中で生命活動の中心となつてはたらく物質はタンパク質である。タンパク質は、多数のアミノ酸が⑥結合によって鎖状につながった分子であり、これを一次構造とよぶ。タンパク質の部分的な立体構造を二次構造とよび、びょうぶ状に折れ曲がった⑦構造やらせん状の⑧構造などが知られている。タンパク質はさらに三次構造や四次構造を形成することで、それぞれ特定の機能を持つことになる。また、タンパク質の固有の構造をとるのに、システイン同士の⑨結合などが関与している。多くのタンパク質は、50～60℃以上に加熱すると、そのはたらきが失われてしまう。この現象をタンパク質の⑩とよぶ。

問1 文章中の①～⑩に入るもっとも適切な語を答えなさい。

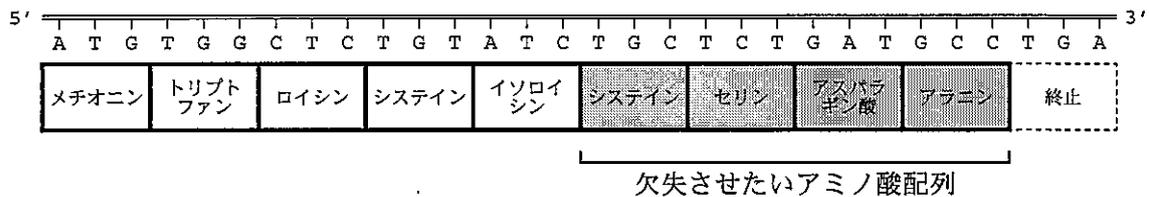
問2 下線部aに示すDNAポリメラーゼを活用した技術に関する小問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 試験管内で短時間に目的のDNA断片を大量に増幅する技術の名称を答えなさい。
- (2) 下線部bに示すプライマーは、この技術に使用するものとDNA複製に使用されるものとの間に違いがある。その違いを答えなさい。
- (3) この技術の飛躍的な普及に貢献したDNAポリメラーゼは、どのような生物から単離され、どのような特性を持っているか説明しなさい。

問3 ある原核生物のDNAは環状で、300万塩基対からなる。この原核生物の1回のDNA複製には、開始から完了するまで何分必要となるか計算しなさい。DNA合成速度は毎秒1,000ヌクレオチドとし、複製開始点は1か所とする。

問 4 図 1 は、DNA の塩基配列とそれが指定するアミノ酸の配列を示している。灰色で示した 4 つのアミノ酸を含まないタンパク質をつくりたい。そこで、この DNA 配列に対してゲノム編集操作をおこなったところ、(ア)～(オ)で示す変異をもつ塩基配列が得られた。

もとの DNA の塩基配列が指定するアミノ酸配列



ゲノム編集操作で得られた変異配列

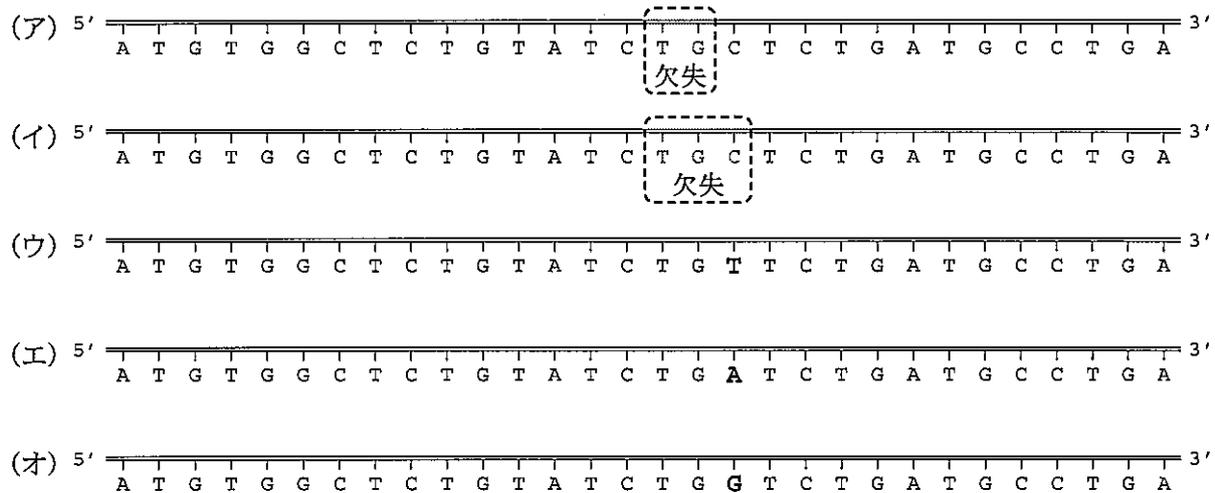


図 1 もとの DNA の塩基配列とゲノム編集操作によって変異した塩基配列

- (1) 変異配列(ア)～(オ)のうち、(i) 同義置換と(ii) 非同義置換の変異をそれぞれすべて選びなさい。ここで、非同義置換には終止コドンに変わる変異が含まれるものとする。
- (2) 変異配列(ア)～(オ)のうち、欠失させたい 4 つのアミノ酸を含まないタンパク質を翻訳できるように変異した塩基配列はどれか、すべて選びなさい。

2 動物の初期発生に関する次の文章を読んで、問1～問6に答えなさい。(配点25%)

脊椎動物の体には、頭尾軸、背腹軸、および ① 軸とよばれる3つの体軸がある。カエルでは背腹軸が受精に伴い最初に決定される。卵が受精すると精子進入点を中心に卵表面付近の細胞質が約 ② 度回転する。この回転は表層回転と呼ばれる。これにより、精子進入点の反対側では白色の植物極の細胞質が黒い動物極側の細胞質に重なることで灰色三日月環が生じる。この表層回転によって背腹軸が決定され、精子進入点側は ③ 側に、灰色になった部分は ④ 側に決定される。灰色になった部分からは、その後、神経の分化誘導を促すはたらきを持つ a 形成体(オーガナイザー)が生じる。

ショウジョウバエの卵には、胚の初期発生に必要なピコイドやナノスなどの mRNA が蓄えられており、これらを指定する遺伝子は ⑤ とよばれる。これらの ⑤ の mRNA は卵内の一部に局在し、受精後、それらから合成されるタンパク質は胚の細胞質内で濃度勾配を形成する。

ウニでは、受精に伴い、b 卵の表層付近の顆粒である表層粒の膜が卵の細胞膜と融合して卵黄膜の硬化に必要な内部の物質が放出されることで、卵黄膜が硬化して受精膜が形成される。その結果、形成された受精膜は卵の細胞膜から離れる。これを受精膜の上昇とよぶ。受精膜の役割の1つとして、c 1つの精子のみが卵に進入できるようにすることがある。ここで、受精膜の形成のしくみを調べるため、ゲノム編集操作によって d 受精膜の形成に必要なある遺伝子に変異を導入した。

問1 ① ~ ⑤ に入る適切な語を答えなさい。

問2 下線部 a を移植したスーパーマンらの実験とその結果について説明しなさい。

問3 下線部 b に関して、(i) 表層粒と卵の細胞膜との融合のような、膜が融合して小胞の内部の物質が細胞外に放出される現象を何とよぶか、その名称を答えなさい。さらに、(ii) 表層粒を含む卵の表層付近の受精前の状態と受精後に受精膜が完成した状態をそれぞれ図で示しなさい。図中には表層粒、卵の細胞膜、卵黄膜、受精膜を示しなさい。ただし、ゼリー層は図示する必要は無い。

問4 下線部 c に関して、卵黄膜の硬化に必要な内部の物質の1つにタンパク質分解酵素がある。(i) ヒトの体の中で中性条件ではたらくタンパク質分解酵素の名称を1つ答えなさい。さらに、(ii) そのタンパク質分解酵素のヒトの体における合成部位とそのはたらきについて説明しなさい。

問5 下線部 d について、このことを何とよぶか答えなさい。

問 6 下線部 d に関して、変異遺伝子のヘテロ接合体同士を交配して得られた個体群を飼育し、それぞれの個体から得られた卵の受精膜の形成を観察したところ、図 1 に示すように、野生型と同様に受精膜が上昇する卵と、野生型に比べて約半分程度の受精膜の上昇を示す卵と、受精膜の上昇が見られない卵があった。この受精膜形成の観察結果を、それぞれの個体の遺伝子型と関連づけて説明しなさい。

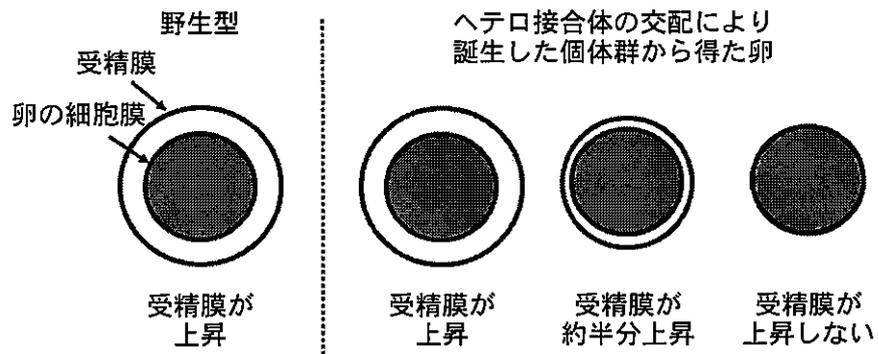


図 1 受精膜形成の観察結果

3

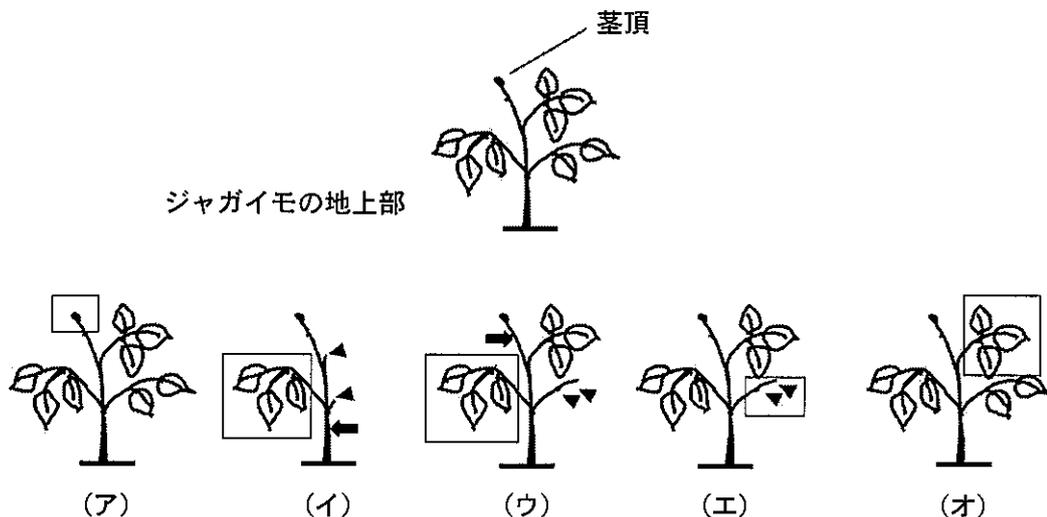
植物の環境応答に関する以下の文章を読み、問1～問4に答えなさい。(配点25%)

多くの植物にとって、日長は花芽の形成を左右する重要な環境要因である。ジャガイモの花芽形成は短日条件で誘導される。日長は葉で感知され、そこで花成ホルモン(フロリゲン)が合成される。葉で合成されたフロリゲンは茎の篩管を通して茎頂へ到達し、花芽形成に必要な遺伝子の発現を誘導する。最近になってフロリゲンの正体がFTというタンパク質であることが明らかになった。

ジャガイモのイモは地下茎の先端が肥大したもの(塊茎)であるが、塊茎の肥大も短日条件で誘導される。しかし塊茎は地中にあるので光は感知できない。そのため、花芽形成の誘導の場合と同様に、葉で日長を感知し、そこで合成された「塊茎の肥大を誘導する物質」が地下に移動することで、塊茎にデンプンが蓄積されるようになると考えられる。

問1 ジャガイモは種子から育てることもできるが、種イモを用いた無性生殖によって栽培するのが一般的である。ジャガイモに限らず、農作物の栽培には無性生殖がよく利用される。その利点を述べなさい。

問2 長日条件で栽培したジャガイモに対して図1の(ア)～(オ)に示す処理をおこなった後、さらに栽培を続けた。(ア)～(オ)の個体について、①塊茎が肥大するかどうか、②花芽が形成されるかどうかを答えるとともに、③その理由についてもそれぞれ説明しなさい。解答欄には、①塊茎が肥大する場合は○、肥大しない場合は×、②花芽が形成される場合は○、形成されない場合は×と記入しなさい。



□ 短日処理をおこなった部分を示す。

➡ 環状除皮(篩管を含む部分をはぎとる)を行った部分を示す。

▶ 葉が取り除かれている部分を示す。

図は地上部のみを示す。

図1 ジャガイモに対しておこなった処理

問 3 「塊茎の肥大を誘導する物質」が FT に似たタンパク質であることを確かめるために、イネの FT 遺伝子を植物体全体で常に発現するようにしたトランスジェニックジャガイモを作製し、これと野生型ジャガイモを用いた接ぎ木実験をおこなった。トランスジェニックジャガイモと野生型ジャガイモをそれぞれ長日条件で栽培した後、図 2 に示すようにそれぞれ地上部の低い位置で茎を切断し、上部を穂木、下部を台木とした。穂木と台木を 4 種の組み合わせで接ぎ木した個体を、それぞれさらに長日条件で栽培し、塊茎の肥大と花芽形成についての観察結果をまとめたものが表 1 である。この観察結果にもとづいて小問(1)と(2)に答えなさい。

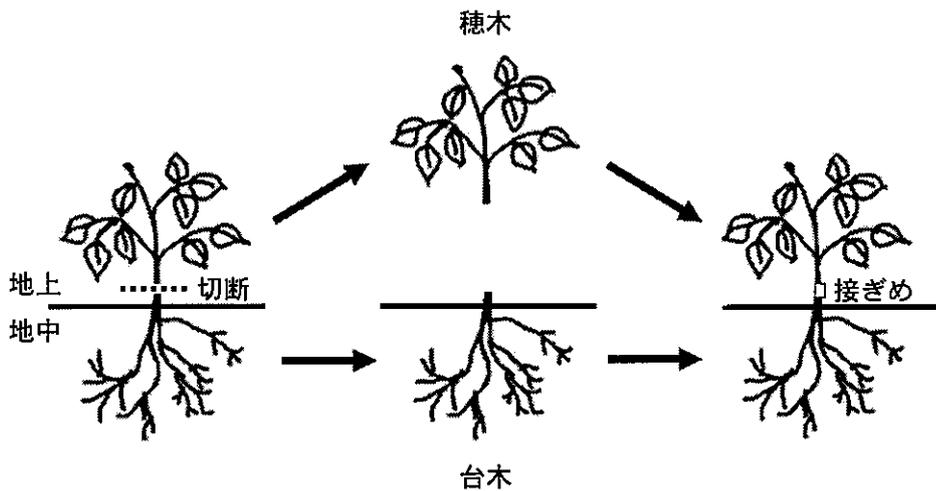


図 2 接ぎ木実験

表 1 穂木と台木の組み合わせと観察結果

		組み合わせ 1	組み合わせ 2	組み合わせ 3	組み合わせ 4
接ぎ木実験 の組み合わせ	穂木	野生型	トランスジェニック	野生型	トランスジェニック
	台木	野生型	野生型	トランスジェニック	トランスジェニック
結果	塊茎肥大	×	○	○	○
	花芽形成	×	○	×	○

- (1) 組み合わせ 2 で接ぎ木実験をおこなった場合、塊茎は肥大し花芽も形成された。その理由を説明しなさい。
- (2) 組み合わせ 3 で接ぎ木実験をおこなった場合、塊茎は肥大したが花芽は形成されなかった。その理由を説明しなさい。

問 4 ジャガイモにも FT に相当するタンパク質の遺伝子(X 遺伝子)が存在する。X 遺伝子の発現を抑制することで、短日条件下でも塊茎がほとんど肥大しなくなる。このことから、X 遺伝子が「塊茎の肥大を誘導する物質」をつくる遺伝子であることが示された。以下の小問(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 図 3 (a) に示す I ~ III の日長条件で栽培した野生型ジャガイモの、葉における X 遺伝子の発現量を、もっとも適切に表しているものを図 3 (b) の A ~ F から 1 つ選びなさい。ただし、ジャガイモの限界暗期は 12 時間とする。
- (2) 葉に存在する光受容体であるフィトクロムの遺伝子を欠損させた変異ジャガイモでは、長日条件でも塊茎が肥大した。この変異ジャガイモを I ~ III の日長条件で栽培した場合の葉における X 遺伝子の発現量としてもっとも適切なものを図 3 (b) の A ~ F から 1 つ選びなさい。
- (3) 小問(2)の実験結果から、フィトクロムは X 遺伝子の発現、および塊茎の肥大にそれぞれどのような影響をおよぼすと考えられるか答えなさい。

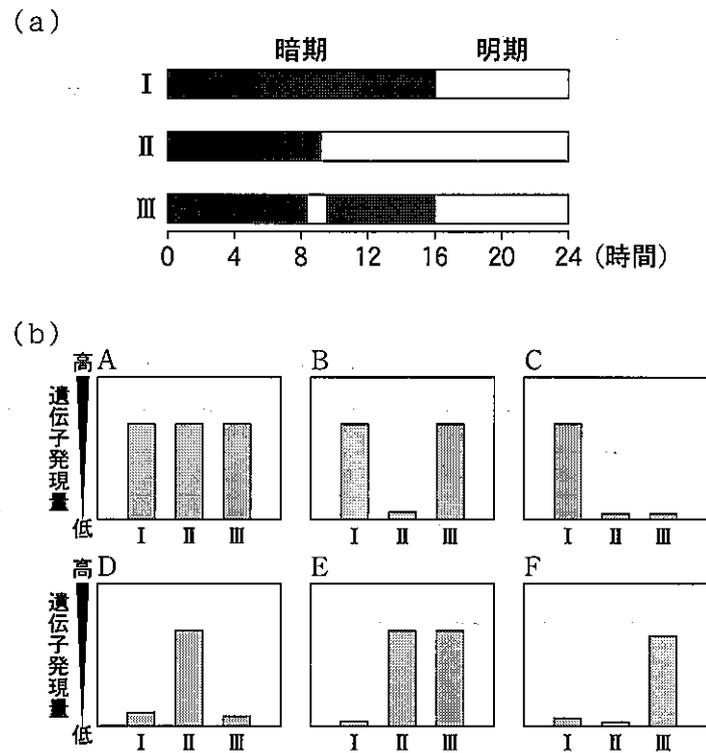


図 3 栽培実験に用いた日長条件(a)と X 遺伝子の発現量(b)

4

進化・系統に関わる以下の文章を読み、問1～問3に答えなさい。(配点25%)

共通祖先から種分岐し、進化してきた生物をその時間的な順番にしたがって枝分かれした線で表した図を系統樹という。系統樹は、互いに近縁な種間ほど共通した形質を多く持つという考え方にもとづいて構築される。形態的・生理的な共通形質は、従来から系統樹の構築に利用されてきた。しかし、a 異なる分類群同士でも、見かけ上類似した形質を持つ場合は、必ずしも形質の比較によって正確な系統関係を推測できないこともある。また、例えばヒトから酵母までを含むような幅広い生物群を研究対象とした場合、すべてに共通する形質がないため、系統関係を推定することはむずかしい。

一方、DNAはあらゆる生物が共通して持つ遺伝物質であり、時間とともに突然変異が蓄積することで生物間の塩基配列に違いが生じるため、この差異を系統間の距離とみなすことができる。そのため、近年では、DNAの一部である遺伝子の塩基配列や遺伝子が指定するタンパク質のアミノ酸配列を用いた分子系統樹が一般的に構築されるようになった。b 分子系統樹は遺伝子の系統関係を表すため、これを用いることで、種分岐した位置だけでなく、遺伝子重複の生じた位置を知ることによって遺伝子が機能を多様化させてきた進化の過程を明らかにすることもできる。

また、分子系統樹を用いた生物の分類体系の見直しも行われている。従来は、すべての生物を動物界、植物界、菌界、原生生物界、原核生物界の5つのグループに分類する五界説が支持されていた。しかし、分子系統解析にもとづいて1990年にウーズらが提唱したc すべての生物を3つのグループに分類する説が、現在は広く受け入れられている。

問1 (i) 下線部aに示す現象を何とよぶか答えなさい。また、(ii) どのような環境条件下で起こりうるかを説明しなさい。

問 2 下線部 b に関連した以下の文を読み、小問(1)~(3)に答えなさい。

4種の生物 A, B, C, D から、ある遺伝子のホモログ(共通祖先から生じた遺伝子群)がそれぞれ 2, 2, 2, 1 個見つかった。ここで、A の持つ 2 個のホモログを a_1 と a_2 、B の持つ 2 個のホモログを b_1 と b_2 、C の持つ 2 個のホモログを c_1 と c_2 、D の持つホモログを d とする。これらの塩基配列を整列させ、各組合せ間での塩基置換の数を調べた結果を表 1 に示した。さらに、この表にもとづいて作成した系統樹が図 1 である。

表 1 ホモログ間の塩基置換数

生物	ホモログ	a_1	a_2	b_1	b_2	c_1	c_2	d
A	a_1	—	12	12	6	10	10	14
	a_2	—	—	6	12	12	12	14
B	b_1	—	—	—	12	12	12	14
	b_2	—	—	—	—	10	10	14
C	c_1	—	—	—	—	—	4	14
	c_2	—	—	—	—	—	—	14
D	d	—	—	—	—	—	—	—

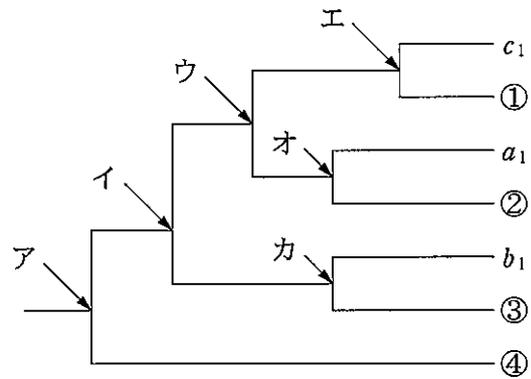


図 1 塩基配列にもとづくホモログの分子系統樹

- (1) 図 1 中の①~④に入る適切なホモログを答えなさい。なお、系統樹の横線の長さは塩基置換の数に比例するものとする。
- (2) 遺伝子重複が 2 回、遺伝子欠失が 1 回生じたとする。遺伝子重複が起きた分岐点をア~カの中から 2 つ選びなさい。
- (3) 遺伝子重複は、生物が新しい機能を獲得するきっかけとなると考えられている。その理由を、「突然変異」、「選択圧」の用語を用いて説明しなさい。

問 3 下線部 c について、以下の小問(1)と(2)に答えなさい。

- (1) この説を何とよぶか答えなさい。
- (2) 3つのグループの名称をすべて答えなさい。

正解・解答例

教科・科目名	生物（後期日程試験：令和5年度） 1 / 4	問題番号	R C
対象学部・ 学科(課程)等	理学部（生物科学科，創造理学コース），農学部		
<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">1</div> 25% 配点 50 点 </div>	<p>問1 ①ヒストン ②ヌクレオソーム ③クロマチン繊維 ④動原体 ⑤DNAヘリカーゼ ⑥ペプチド ⑦βシート ⑧αヘリックス ⑨ジスルフィド（「S-S」も正解とする。） ⑩変性</p> <p>問2</p> <p>(1) PCR 「ポリメラーゼ連鎖反応」，「PCR法」も正解とする。 (2) DNA複製で使用されるプライマーはRNAであるが，PCRで使用されるプライマーはDNAである。 (3) 好熱菌から単離されたDNAポリメラーゼを使用することで，高温条件下でも失活しにくく，反応中の酵素の添加を不要とした。</p> <p>問3 50分</p> <p>問4</p> <p>(1) (i)ウ (ii)エ，オ (2) ア，エ</p>		

教科・科目名	生物（後期日程試験：令和5年度） 2 / 4	問題番号	R C
対象学部・学科(課程)等	理学部（生物科学科，創造理学コース），農学部		
<p style="text-align: center;"> 2 25% 配点 50 点 </p>	<p>問1 ①左右 ②30 ③腹 ④背 ⑤母性効果遺伝子</p> <p>問2 イモリの神経胚期の原口背唇部を切り取って，同時期の別の胚に移植したところ移植片を起点に（本来の神経とは別に神経などが形成され，）二次胚が形成された。</p> <p>問3 エキソサイトーシス</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> </div> <p>問4 (i) トリプシン (ii) 膵臓で合成される消化酵素であり，タンパク質をペプチドに分解する。</p> <p>問5 多精拒否</p> <p>問6 約半分程度の受精膜の上昇を示すものは変異遺伝子をヘテロ接合体として持つ個体であり，受精膜の形成が見られないものは変異遺伝子をホモ接合体として持つ個体であると考えられる。ホモ接合体では受精膜の形成に必要なタンパク質が全く合成されないため受精膜の上昇が見られず，ヘテロ接合体では受精膜の形成に必要なタンパク質が約半分合成されたため受精膜の形成も約半分程度引き起こされたと考えられる。</p>		

<p>教科・科目名</p>	<p>生物（後期日程試験：令和5年度） 3 / 4</p>	<p>問題番号</p>	<p>R C</p>
<p>対象学部・ 学科(課程)等</p>	<p>理学部（生物科学科，創造理学コース），農学部</p>		
<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">25% 配点 50 点</p>	<p>問1 遺伝的に同じ，あるいは形質が同じものを安定して（早く）作ることができる。</p> <p>問2</p> <p>(ア) ①× ② × ③フロリゲンおよび塊茎肥大誘導物質がつくられる葉が短日処理されていないからどちらもつくられない。</p> <p>(イ) ①× ②○ ③葉が短日処理されているので花芽形成（誘導）は起こるが，葉より下に環状除皮処理がされているため塊茎肥大物質は下に輸送されないので塊茎は肥大しない。</p> <p>(ウ) ①○ ②× ③葉が短日処理されているので塊茎は肥大するが，茎頂の下部で環状除皮処理がされているためフロリゲンは茎頂に達することができず，花芽は形成（誘導）されない。</p> <p>(エ) ①× ②× ③葉が短日処理されていないので，フロリゲンおよび塊茎肥大誘導物質がつくられない。</p> <p>(オ) ①○ ②○ ③葉が短日処理されているので，フロリゲンおよび塊茎肥大誘導物質がつくれ，塊茎の肥大，および花芽形成（誘導）の両方がおこる。</p> <p>問3</p> <p>(1) FT はジャガイモの花芽誘導と塊茎の肥大を誘導することができる物質（タンパク質）で，地上部から地下部へ（接ぎ木された部分を通して）輸送される。</p> <p>(2) FT は地下部から地上部には移動することができない。</p> <p>問4</p> <p>(1) C (2) A (3) 長日条件で遺伝子 X の発現を抑制し，イモの肥大を抑制する。</p>		

<p>教科・科目名</p>	<p>生物（後期日程試験：令和5年度） 4 / 4</p>	<p>問題番号</p>	<p>R C</p>
<p>対象学部・ 学科(課程)等</p>	<p>理学部（生物科学科，創造理学コース），農学部</p>		
<p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">25% 配点 50 点</p>	<p>問1 (i) 収れん（「収れん進化」，「収束進化」，「収束」も正解とする。） (ii) 似た環境に適応する過程で，同じような選択圧を受けるときに起こる。</p> <p>問2 (1) ①c2 ②b2 ③a2 ④d (2) イ，エ (3) 同じ遺伝子がゲノム内に2個以上存在する場合には，一方の遺伝子に突然変異が起こっても，他方の遺伝子が本来の機能を保持するため，個体の生存には不利にならない。したがって，一方の遺伝子にかかる選択圧が弱まり，突然変異が起こりやすくなる。そして，多くの変異が蓄積することによって新規機能が獲得されやすくなるから。</p> <p>問3 (1) 3ドメイン説 (2) 真核生物 細菌 古細菌 (それぞれ「ユーカリア」，「バクテリア」，「アーキア」も正解とする。)</p>		

採点・評価基準（具体的基準）

教科・科目名	生物（後期日程試験：令和5年度）	問題番号	RC
対象学部・学科(課程)等	理学部（生物科学科，創造理学コース），農学部		
出題のねらい	<p>① DNAの複製に関する知識と理解度，および問いかけに対して適切かつ簡潔に説明し文章とすることのできる力をみる。</p> <p>② 受精膜形成を題材として，動物の初期発生に関する知識と理解度，および提示された観察結果から正しく推論を行う力をみる。</p> <p>③ 花成ホルモンを題材として，植物の環境応答に関する知識と理解度，および提示された実験の目的を正しく理解する力をみる。</p> <p>④ 生物進化に関する知識と定量的な理解度，および問いかけに対して適切かつ簡潔に説明し文章とすることのできる力をみる。</p>		
採点基準	<p>① 配点 25% （50 点）</p> <p>問 1. ①～⑩各 2 点 20 点</p> <p>問 2. (1) 2 点 (2) 4 点 (3) 4 点 10 点</p> <p>問 3. 5 点</p> <p>問 4. (1) (i) 3 点 (ii) 3 点×2, (2) 3 点×2 15 点</p> <p>② 配点 25% （50 点）</p> <p>問 1. ①～⑤各 2 点 10 点</p> <p>問 2. 6 点</p> <p>問 3. 4 点+8 点 12 点</p> <p>問 4. 3 点+5 点 8 点</p> <p>問 5. 4 点</p> <p>問 6. 10 点</p> <p>③ 配点 25% （50 点）</p> <p>問 1. 5 点</p> <p>問 2. (ア) ①1 点 ②1 点 ③3 点 25 点</p> <p>(イ) ①1 点 ②1 点 ③3 点</p> <p>(ウ) ①1 点 ②1 点 ③3 点</p> <p>(エ) ①1 点 ②1 点 ③3 点</p> <p>(オ) ①1 点 ②1 点 ③3 点</p> <p>問 3. (1) 5 点 (2) 5 点 10 点</p> <p>問 4. (1) 2 点 (2) 2 点 (3) 6 点 10 点</p> <p>④ 配点 25% （50 点）</p> <p>問 1. 4 点+6 点 10 点</p> <p>問 2. (1) ①～④各 3 点 (2) 6 点 (3) 10 点 28 点</p> <p>問 3. (1) 3 点 (2) 3 点×3 12 点</p>		