

# 琉球大学

## 生物

### 問題

#### 2018年度入試

【学部】 教育学部、理学部、医学部、農学部

【入試名】 前期日程

【試験日】 2月25日

【問題解答前の確認事項】

〔備考〕 医学部医学科受験者は1・2を、その他の受験者は1～4を解答すること。



「過去問ライブラリーは、(株)旺文社が刊行する「全国大学入試問題正解」を中心とした過去問、研究・解答(解答・解説)を掲載しています。本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は、(株)旺文社または各情報提供者に帰属します。本サービスに掲載の全部または一部の無断複製、配布、転載、譲渡等を禁止します。各設問に対する「研究・解答」は原則として旺文社が独自に作成したものを掲載しています。掲載問題のうち★印を付したものは、著作権法第67条の2第1項の規定により文化庁長官に裁定申請を行った上で利用しています。

裁定申請日 【2017年】8/1 【2018年】4/24、9/20 【2019年】6/20

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

遺伝子の転写調節機構は、大腸菌における糖の利用の研究を通して初めて解明された。大腸菌は、グルコース(ブドウ糖)が含まれている通常の培地では、グルコースを優先的に代謝してエネルギー源としている。この時、ラクトース(乳糖)を分解して利用するための $\beta$ -ガラクトシダーゼ(ラクターゼ)などの酵素群は細胞内で作られていないため、大腸菌はラクトースを利用できない。一方、ラクトースを含むがグルコースは含まない培地で大腸菌を培養すると、細胞内で $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの酵素が速やかに合成され、結果的に大腸菌はラクトースを利用できるようになる。1961年、フランスの生物学者フランソワ・ジャコブとジャック・モノーは、この現象を説明する「**1**説」を提唱した。**1**とは、いくつかの酵素などの遺伝子とその発現を調節する遺伝子とを、ひとまとまりの単位として捉えたものである。ラクトース利用に関連する**1**では、リプレッサー(抑制因子)と呼ばれる調節タンパク質が常に合成されている。ラクトース非存在下では、リプレッサーは**1**内の**2**と呼ばれる特定の塩基配列と結合する。**2**は、転写を進行する酵素**3**が結合する塩基配列である**4**と部分的に重なり合っている。そのため、リプレッサーが**2**に結合した状態では、リプレッサーが障害物となって**3**が**4**に結合できない。その結果として、**1**内の $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写が起こらず、それらの酵素が合成されない。一方、ラクトース存在下では、リプレッサーとラクトース代謝産物(アロラクトース)との結合が起こる。アロラクトースと結合したリプレッサーは分子の立体構造が変化してしまうため、**2**と結合することができない。障害物がなくなったことにより、**3**は**4**に結合することができる。こうして $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写が進み、ラクトースを利用するための一群の酵素が合成されることになる。

**1**説は、原核生物である大腸菌についての研究に基づいて提唱されたが、基本的には真核生物の遺伝子の転写調節についても当てはまる。ただし、真核生物の転写調節はより複雑である。通常、真核生物の核のDNAは、**5**と呼ばれるタンパク質に巻きつけられており、全体の形としては糸でつなげたビーズのようになる。このビーズ状構造(ヌクレオソーム)のつながりが密に折りたたまれて**6**繊維と呼ばれる構造を形成する。細胞分裂中期において見られる染色体構造は、通常は核内に広がっている**6**繊維が一時的に高度に凝縮したものである。DNAが**6**繊維中できつく折りたたまれた状態では、**3**がDNAに結合できないため、遺伝子の転写の際には、**6**繊維中のその遺伝子を含む領域がゆるくほどかかれなければならない。このような**6**繊維の折りたたみ・ゆるみの局所的な制御が、真核生物の遺伝子の転写調節に重要な役割を果たしている。また、真核生物の核内では、**7**と呼ばれるタンパク質が**3**による転写の開始に必要とされる。**3**と**7**とは複合体を形成して、転写する遺伝子の**4**に結合する。

問1. 文章中の**1**～**7**に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。  
問2. イソプロピル- $\beta$ -チオガラクトピラノシド(IPTG)は、アロラクトースと類似した分子構造をもつ物質であり、アロラクトースと同様にリプレッサーと結合することができる。IPTGはラクトースとは異なり、 $\beta$ -ガラクトシダーゼによる分解は受けない。グルコース培地(グルコースを含むが、ラクトースは含まない培地)で大腸菌を培養し、培養の途中で菌をラクトース培地(ラクトースを含むが、グルコースは含まない培地)に移した場合、 $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写量は増加する。その後、細胞内で合成された $\beta$ -ガラクトシダーゼによってラクトースが使い尽くされるため、アロラクトースも減少し、リプレッサーの機能が回復する。こうして $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写量は減少に転じ、最終的には転写されなくなる。

では、グルコース培地で培養した大腸菌をIPTG培地(グルコースおよびラクトースを含まず、IPTGを含む培地)に移した場合、 $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写量は時間経過とともにどのように変化すると推定されるか。そのように推定される理由も含めて100字以上150字以内で説明しなさい。

問3. ラクトースの有無に関係なく、常に $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの酵素が合成されてしまう大腸菌の突然変異株が得られた。この突然変異株のリプレッサーをコードしている遺伝子の領域を調べたところ、突然変異は見られなかった。突然変異は大腸菌ゲノム中のどの領域内にあると推定されるか、答えなさい。また、その突然変異はどのような性質のもので、なぜそれによってラクトースが無くても $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの酵素が合成されるのか、100字以上150字以内で説明しなさい。

問4. 多細胞の真核生物では、細胞の種類に応じて選択的に発現する遺伝子が多数存在する。このような選択的遺伝子発現に関して、以下の文の**A**、**B**に入る語句の組み合わせとして適切なものを(ア)～(オ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。「ヒトの**A**(細胞の種類)では、**B**(タンパク質)の遺伝子が選択的に発現する。」

記号	A	B
(ア)	筋細胞(筋繊維)	ミオシン
(イ)	赤血球	ペプシン
(ウ)	リンパ球のB細胞	クリスタリン
(エ)	すい臓のランゲルハンス島B細胞	インスリン
(オ)	血小板	免疫グロブリン

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

沖縄の海岸を歩いていると、岩にたくさんの穴があいていることに気がつく。その穴をのぞいて見ると、それぞれの穴には硬いトゲを持ったナガウニが潜んでいることに気がつく。ナガウニは、夏になると一斉に海水中に多量の精子と卵を放出する。海水中に放出された精子は、鞭毛を動かし、一斉に卵に向かって泳ぎだす。そのうち精子が卵の表面に到達すると、(a)精子の頭部が突起状に伸びて、その突起の中身が放出される。さらに、精子は卵の[1]層の下にある[2]膜を通過し、[3]膜に接する。すると[2]膜と[3]膜の間に(b)表層粒の中身が放出され、[2]膜は[3]膜から離れて硬くなり、(c)受精膜となる。その後、(d)卵内に侵入した精子の核は、卵の核と融合した後、細胞分裂が開始される。8細胞期になると、動物極側の細胞では[4]、植物極側では[5]が起き、(e)16細胞期へと発生が進む。さらに原腸胚期になると、植物極側の細胞が陥入し、原腸が形成される。

問1. 文章中の[1]～[5]に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問2. 下線部(a)および(b)の反応を何と呼ぶか、それぞれ答えなさい。

問3. 下線部(c)の膜の機能を20字以内で説明しなさい。

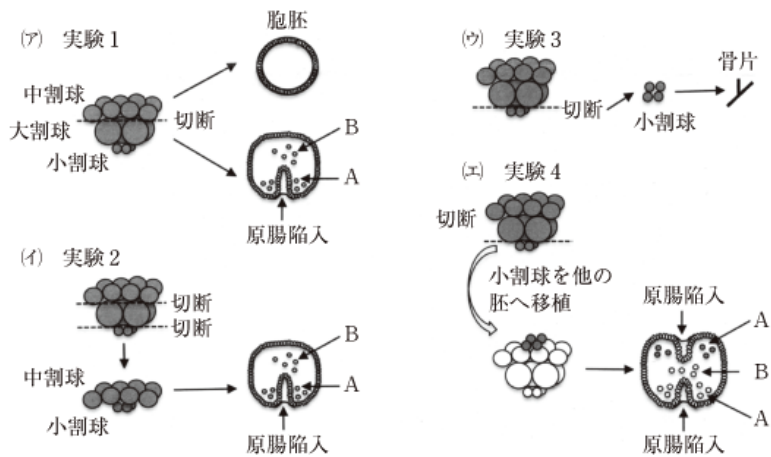
問4. 下線部(d)にある精子を20個と卵を20個得るには、一次精母細胞および一次卵母細胞は、それぞれ何個必要か答えなさい。ただし、すべての細胞は発生の過程で死亡しないと仮定する。

問5. 一次卵母細胞の染色体数が $2n=20$ である時、卵は何通りの異なる染色体の組み合わせを持つ可能性があるか、正しい答えを(ア)～(カ)の中から1つ選び、その記号を記入しなさい。ただし、今回は染色体間の組換えは起こらないと仮定する。

(ア)  $2^{10}$  (イ)  $10^2$  (ウ)  $20^2$  (エ)  $2^{20}$  (オ)  $5^2$  (カ)  $5^{10}$

問6. 下線部(e)について、以下の4つの実験を行った。これら4つの実験結果をもとに(1)～(3)の問いに答えなさい。

**【実験1】** 通常、16細胞期胚の8個の中割球からは表皮や神経、4個の大割球からは消化管や筋肉、4個の小割球からは骨片が形成される。この16細胞期胚の中割球と大割球との間で胚を切断し、それぞれの部分胚を発生させた(図I(ア))。その結果、8個の中割球を含む部分胚は、外胚葉のみからなる胞胚期で発生が停止した。一方、4個の大割球と4個の小割球を含む部分胚では、植物極側に小割球由来の細胞Aが生じた。さらに内胚葉由来の原腸が陥入した後、原腸の先端から細胞Bが生じた。



図I ウニの16細胞期胚を用いた実験

**【実験2】** 16細胞期胚の中割球と大割球との間、さらに大割球と小割球との間で胚を切断し、中割球8個に4個の小割球をくっつけた(図I(イ))。この胚を発生させたところ、原腸の陥入が観察された。また細胞AとBがともに観察された。

**【実験3】** 16細胞期胚の小割球と大割球との間で胚を切断し、小割球を発生させたところ、骨片が形成された(図I(ウ))。

**【実験4】** 16細胞期胚の植物極側の小割球を実験的に切断し、他の胚の動物極側にある中割球上に小割球を移植した(図I(エ))。この胚を発生させたところ、通常は植物極側でのみ見られる原腸陥入が動物極側でも見られた。また細胞AとBがともに観察された。

(1) 実験1の図I(ア)で示す細胞Aおよび細胞Bの名称をそれぞれ答えなさい。

(2) 細胞Aおよび細胞Bが分類される胚葉の名称をそれぞれ答えなさい。

(3) 実験1, 2, 3, 4の結果をもとに、実験4では動物極側においても原腸陥入が起こった理由を60字以内で説明しなさい。

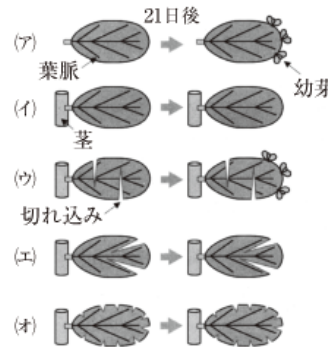
3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

光合成の最初のステップでは、葉緑体の反応中心である [1] がチラコイド膜上で光を吸収し、エネルギーを得た電子によって酸化還元反応が起こる。この [1] が関与する一連の反応を [2] 反応という。電子伝達に伴った [3] 輸送でチラコイド膜内腔に濃縮された [3] の濃度勾配により、ATP が生産される。この ATP 生産の過程は [4] と呼ばれる。一連の反応によって生成された NADPH と ATP は葉緑体内部の [5] へ運ばれ、カルビン・ベンソン回路での二酸化炭素の固定に利用されると、最終的に糖が合成される。

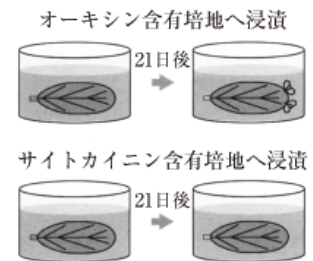
カルビン・ベンソン回路で二酸化炭素固定を触媒する酵素である [6] は、二酸化炭素の代わりに酸素と結合する反応も同時に触媒するため(光呼吸)、低い二酸化炭素濃度下では [6] の二酸化炭素固定能力が低下し、光合成効率が下がる。一般に、植物は<sup>(a)</sup>高温・乾燥環境下の日中は気孔を閉じることが多く、植物内の二酸化炭素濃度の低下に伴う光合成効率の低下が著しい。しかし高温・乾燥地域に多く生育する C<sub>4</sub> 植物は、高温・乾燥環境下でも有効に二酸化炭素を濃縮する C<sub>4</sub> 回路を発達させている。この回路では、まずホスホエノールピルビン酸カルボキシラーゼという酵素が二酸化炭素を [7] 細胞で固定し、C<sub>4</sub> 化合物であるオキサロ酢酸に変える。このオキサロ酢酸から変換されたリンゴ酸が [8] 細胞へ運ばれ、リンゴ酸からピルビン酸が生成されると同時に二酸化炭素の放出が起こる。放出された二酸化炭素は [8] 細胞のカルビン・ベンソン回路で [6] によって再度固定される。一方、ピルビン酸は [7] 細胞へ戻り、ATP を消費する反応によって、ホスホエノールピルビン酸に再生される。

C<sub>4</sub> 植物と並んで高温・乾燥条件に適応した植物として CAM 植物があり、その代表的な種であるセイロンベンケイが近年、沖縄で野生化している。この種は「ハカラム(葉から芽)」という俗称が示す通り、ある条件下では葉から無性的に幼芽が形成される。そこでセイロンベンケイを用いて、以下の2つの実験を行った。

【実験1】 葉だけを植物本体から切り離すと21日後には葉の周縁部に幼芽を形成するが(図Ⅱ(ア))、茎と葉を併せて切り出した場合には幼芽の形成が起こらなかった(図Ⅱ(イ))。さらに茎を伴う葉に様々な切れ込みを入れてみると、<sup>(b)</sup>切れ込みのパターンによって幼芽形成の有無に変化が見られた(図Ⅱ(ウ)~(オ))。



図Ⅱ 実験1



図Ⅲ 実験2

\*これらの実験は Kulka (2006) を参考にした。

【実験2】 茎から切り離した葉をそれぞれオーキシシンとサイトカイニンを含む培地に浸けたところ、オーキシシン含有培地では図Ⅱ(ア)と同様に幼芽が形成されたのに対し、サイトカイニン含有培地では図Ⅱ(イ)と同様に幼芽の形成が見られなかった(図Ⅲ)。

問1. 文章中の [1] ~ [8] に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問2. 下線部(a)の理由を20字以内で説明しなさい。

問3. C<sub>4</sub> 植物と CAM 植物を(ア)~(キ)の中から1つずつ選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) ダイズ (イ) サツマイモ (ウ) イネ (エ) サボテン (オ) サトウキビ (カ) ホウレンソウ  
(キ) コムギ

問4. C<sub>4</sub> 植物ではなぜ大気からの二酸化炭素の取りこみとカルビン・ベンソン回路による二酸化炭素の固定が異なる細胞で行われるのか。正しいと思われる文章を(ア)~(オ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 有機物の輸送を簡便にするため。  
(イ) 大気から流入する酸素による光呼吸を防ぐため。  
(ウ) 強光による酵素のダメージを防ぐため。  
(エ) ATP の消費を抑えるため。  
(オ) 2つの炭素固定酵素を競合させないため。

問5. CAM 植物の特徴であるベンケイソウ型代謝(CAM)について、誤りと思われる文章を(ア)~(エ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 水の損失を最小限にすることを目的とした代謝である。  
(イ) 二酸化炭素は一時的に C<sub>4</sub> 化合物として貯蔵される。  
(ウ) 二酸化炭素の固定と還元は別々の細胞で行われる。  
(エ) 夜間に気孔を開いて二酸化炭素を吸収する。

問6. 下線部(b)について、実験1の図Ⅱ(ウ)でのみ幼芽が形成された理由を30字以内で説明しなさい。

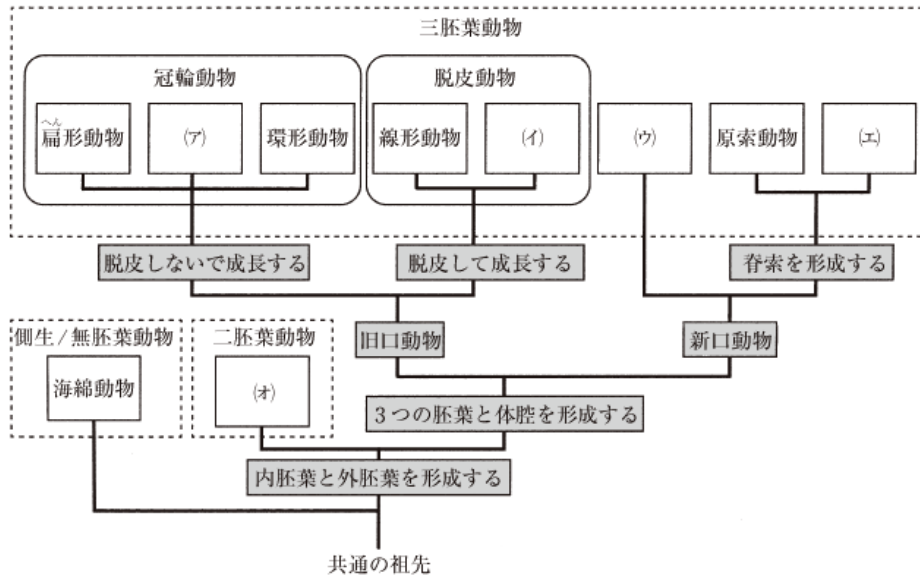
問7. 実験1および実験2から考えられる幼芽の形成開始の仕組みを50字以内で説明しなさい。

4 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

家族旅行で沖縄にきたミチオ君は、サンゴ礁の海に潜ってみることにした。海底に固着したカイメン、<sup>(a)</sup>イソギンチャクとその触手の間を泳ぐ<sup>(b)</sup>クマノミ、そして大きな魚の体表面を忙しく動き回っている小さな<sup>(c)</sup>エビなどがいた。砂の上には細長い<sup>(d)</sup>ナマコが横たわっていた。目線を上に向けると<sup>(e)</sup>イカの群れがいた。

ミチオ君は、浅瀬に住んでいる生物の色彩を楽しんだ後、少し深いところに潜ってみた。彼は、<sup>(f)</sup>浅瀬で見られた生物の色が深場では青みがかっていることに気づいた。赤い光は水に吸収されやすく、青い光は吸収されにくい性質があるので、同じ生物でも深度によって見え方が変わってくるのである。<sup>(g)</sup>ミチオ君は海の中の洞窟に入ってみた。最初は暗く感じて何も見つけられなかったが、目が慣れるにしたがっていろいろな生物を見つけれられるようになってきた。<sup>(h)</sup>洞窟で見られる生物の色の判別は明るいところよりも難しくなっているようだ。ミチオ君はサンゴ礁でのダイビングを満喫したが、<sup>(i)</sup>長く潜っていると寒くなってきた。サンゴ礁は生物多様性のパラダイスだと実感して、今日のダイビングを終えることにした。

問1. 文章中の下線部(a)~(e)の動物は図Ⅳの系統樹上のどこに属するの。分類される最も適切な記号を図Ⅳの(ア)~(オ)の中から1つずつ選び、その記号を記入しなさい。また、それぞれの分類群の名前を答えなさい。



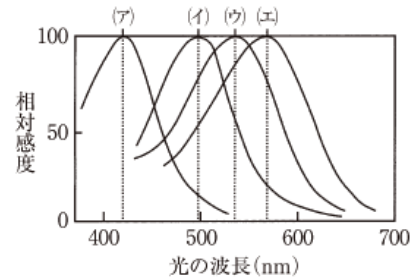
図Ⅳ 動物の系統樹

問2. 下線部(f)について、(1)と(2)の問いに答えなさい。

(1) 次の文章中の 1 ~ 5 に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

ヒトの眼でカメラのレンズに相当するのが 1 で、フィルムに相当するのが 2 である。2 には錐体細胞と桿体細胞の2種類の視細胞があり、これらの視細胞で光刺激を受容する。ヒトは赤色、緑色、青色を識別する3種類の錐体細胞を持っている。ヒトが識別できる色は、これらの錐体細胞がどのような割合で反応するかによって決定される。桿体細胞は視物質として 3 をもっている。3 は 4 と呼ばれるタンパク質に、ビタミンAの一種である 5 が結合したものである。3 に含まれる 5 は光を受けると化学構造が変化し、これが 4 の立体構造の変化をもたらして脳へと興奮が伝えられる。

(2) ヒトの赤色、緑色、青色の錐体細胞に相当する相対感度を図Ⅴの(ア)~(エ)の中から1つずつ選び、その記号を記入しなさい。



図Ⅴ ヒトの視物質と相対感度

問3. 下線部(g)と(h)について、(1)~(3)の問いに答えなさい。

- 下線部(g)のような現象を何と呼ぶか答えなさい。
- 下線部(g)のような現象が起こる仕組みを、視細胞の性質を考慮して70字以内で説明しなさい。
- 下線部(h)のような現象が起こる理由を、視細胞の性質を考慮して50字以内で説明しなさい。

問4. 下線部(i)について、ヒトなどの恒温動物では体温がほぼ一定に保たれている。寒いときに起こる体温調節の仕組みについて150字以内で説明しなさい。