

科目	生 物
----	-----

理学部・医学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、問題冊子の1ページから10ページにわたっています。
3. 解答用紙は5枚、下書き用紙は3枚で、問題冊子とは別になっています。
4. 問題冊子、解答用紙、下書き用紙が不備な場合は、直ちに監督者に申し出て下さい。
5. 受験番号は、全ての解答用紙の上部の欄(2か所)に記入下さい。
6. 解答は、全て横書きとし、解答用紙の所定の欄に記入下さい。
7. 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は持ち帰って下さい。

**I**

遺伝子とその発現に関する次の文章を読み、問い(問1～3)に答えなさい。

遺伝子の本体が核酸の一種、DNA であることはすでに知られていたが、1953 年にワトソンとクリックは DNA の構造が二重らせん構造であるモデルを提唱した。これにより、①もとの DNA の 2 本鎖がそれぞれ鋳型となり、これに相補的なヌクレオチド鎖が新生されて、DNA が複製されることが理解された。 DNA は、塩基、糖およびリン酸からなる 4 種類のヌクレオチドが多数つながったものである。ヌクレオチドの種類は、アデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)の 4 種類の塩基のうち、いずれを含むかにより決まる。細胞内には RNA とよばれるもう一種類の核酸があり、DNA と同様に 4 種類のヌクレオチドからなる。ただし、チミンのかわりにウラシル(U)が使われている。DNA の遺伝情報は **a** のはたらきにより、新たに合成される RNA に写し取られる。合成された 1 本鎖の RNA は **b** とよばれ、細胞質中でタンパク質合成を担う **c** に運ばれる。**b** の連続する 3 塩基ずつが 1 つのアミノ酸に対応しており、この 3 塩基の配列を **d** とよぶ。**d** に対応する 3 塩基の配列をもった RNA である **e** が特定のアミノ酸を **c** に運び、**b** の塩基配列すなわち DNA の遺伝情報に基づいてタンパク質が合成される。

問 1. 文中の **a** ~ **e** に適切な語句を記入しなさい。

問 2. DNA の複製様式として下線部①の様式以外に、②もとの 2 本鎖 DNA が 2 本鎖のままで鋳型となり、新しい 2 本鎖 DNA が合成される様式も考えられる。DNA の複製様式がどちらの様式かを調べるために、通常窒素( $^{14}\text{N}$ )よりも重い  $^{15}\text{N}$  に置き換えた培地で大腸菌を培養し、大腸菌 DNA 中のすべての  $^{14}\text{N}$  が  $^{15}\text{N}$  に置き換わったところで通常の培地に戻した。

- (1) 下線部①で示すような DNA 複製の様式を何というか。
- (2) 通常の培地に戻してから 1 回分裂した時点で DNA の重さを測定すると、下線部①の様式と下線部②の様式でどのように異なっているか。重い DNA( $^{15}\text{N} + ^{15}\text{N}$ )、中間の重さの DNA( $^{14}\text{N} + ^{15}\text{N}$ )、軽い DNA( $^{14}\text{N} + ^{14}\text{N}$ )の比率を答えなさい。
- (3) 下線部①が正しいとすると、通常の培地に戻してから 3 回分裂した時に DNA の重さはどうなっていると予想されるか。重い DNA( $^{15}\text{N} + ^{15}\text{N}$ )、中間の重さの DNA( $^{14}\text{N} + ^{15}\text{N}$ )、軽い DNA( $^{14}\text{N} + ^{14}\text{N}$ )の比率を答えなさい。

問 3. 遺伝暗号を調べるために以下のような RNA を合成し、タンパク質合成に必要な物質を含む、大腸菌をすりつぶした抽出液に加えた。下の表 1 (遺伝暗号表の一部) を参考にして以下の問いに答えなさい。

- (1) ACACACACA ····· (AC の繰り返し) を加えると、どのようなポリペプチドが合成されるか。
- (2) AACCAACCAACC ····· (AAC の繰り返し) を加えると、どのようなポリペプチドが合成されるか。

表 1

アミノ酸	対応する 3 塩基の配列
プロリン	CCU, CCC, CCA, CCG
グルタミン	CAA, CAG
トレオニン	ACU, ACC, ACA, ACG
ヒスチジン	CAU, CAC
アスパラギン	AAU, AAC
リシン	AAA, AAG

## II

動物の発生に関する次の文章を読み、問い(問1～7)に答えなさい。

両生類において受精卵は卵割を繰り返し、そのうち内部に空所ができ胞胚になる。やがて胞胚は、細胞の一部が内部に陥入して原腸を形成し、原腸胚となる。原腸胚は3つの細胞層すなわち外胚葉、中胚葉、内胚葉から構成される。

胚の各部分が将来、何になるか、また、どのようなはたらきをもっているのかを調べるため、クシイモリの白い卵とスジイモリの黒い卵から発生したそれぞれの原腸胚と神経胚を用いて、以下の移植実験(実験1～3)を行った。移植後に、移植片からどのような組織や器官が形成されているか、胚や幼生の体の断面を調べた。

### 実験1

初期原腸胚において、クシイモリの予定表皮域からごく一部を切り出し、スジイモリの予定神経域に移植した。また、スジイモリの予定神経域からごく一部を切り出し、クシイモリの予定表皮域に移植した。その結果、尾芽胚において、スジイモリに移植されたクシイモリの移植片は神経管を形成し、クシイモリに移植されたスジイモリの移植片は表皮の一部になった。

### 実験2

初期神経胚を用いて、実験1と同様に予定表皮域と予定神経域の交換移植実験を行った。その結果、幼生において、クシイモリの予定表皮域に移植されたスジイモリの予定神経域の移植片は、脳または脊髄に分化した。また、スジイモリの予定神経域に移植されたクシイモリの予定表皮域の移植片は、表皮に分化した。

### 実験3

クシイモリの初期原腸胚の①ある部分を切り出し、それをスジイモリの初期原腸胚の将来、腹側になる予定表皮域に移植した。その結果、移植片は表皮にならずに分化し続け、最終的に“②二次胚”がスジイモリの幼生にくっついて形成された。

問1. 以下の(1)～(4)の記述のうち、正しいものに○を、誤っているものに×をつけなさい。

- (1) 卵割において、細胞質は間期に倍増し、卵割後にもとの細胞の間期の初めとほぼ同じ大きさの細胞が形成される。
- (2) 間期にDNAが合成され、1細胞当たりのDNA量はもとの2倍になり、卵割後にもとの量に戻る。
- (3) ウニの4細胞期の割球を分離して培養すると、それぞれから完全な個体ができる。
- (4) カエルにおいて、3回目の卵割によって形成される8つの娘細胞の細胞質の成分は同じである。

問 2. 次の(1)～(5)の組織・器官は、外胚葉、中胚葉、内胚葉のいずれから形成されるか。

- (1) 腎臓 (2) 肝臓 (3) 網膜 (4) すい臓 (5) 脊椎骨

問 3. 実験 1 と実験 2 の結果から、イモリにおける外胚葉の運命の決定に関して、何がわかるか、60 字以内で説明しなさい。

問 4. 図 1 は初期原腸胚の断面である。下線部①は、原腸胚のどの部分であるか、図の a～h から選び、記号で答えなさい。

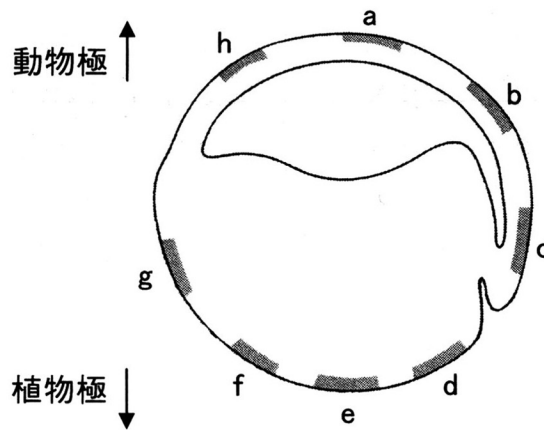


図 1

問 5. 下線部①の名称を答えなさい。

問 6. 図 2 は実験 3 における移植後のスジイモリの幼生の横断面である。クシイモリの移植片はスジイモリの幼生のどの部分になったか。図の a～e から 2 つ選んで、記号とその名称を答えなさい。

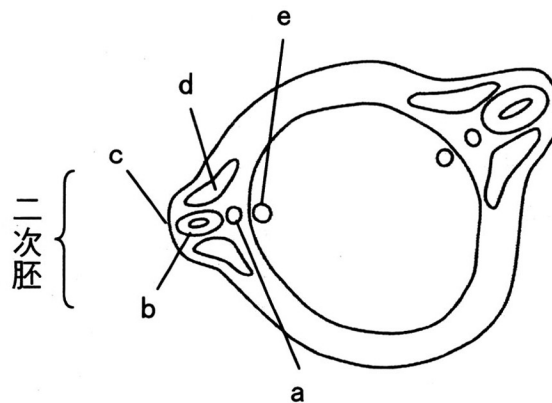


図 2

問 7. 下線部②が形成された理由を 60 字以内で説明しなさい。

### III

生体の恒常性維持に関する次の文章 A と B を読み、問い(問 1～5)に答えなさい。

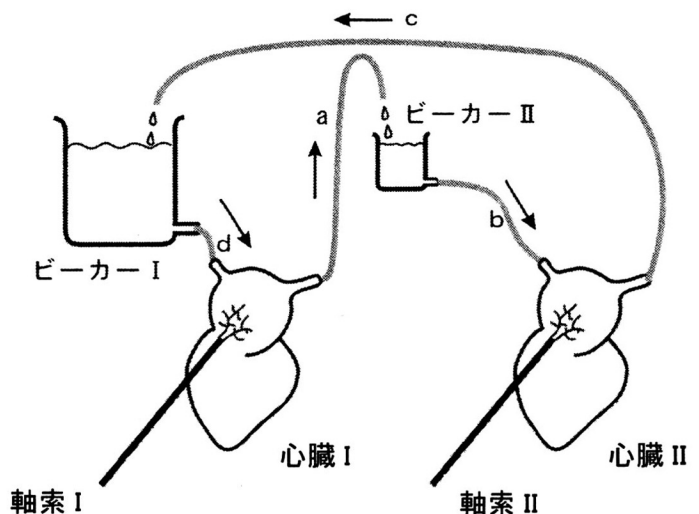
- A. グルコースは食物中の炭水化物が分解されて作られる。血液中に含まれるグルコースを血糖とよび、血糖量の調節にはさまざまなホルモンが関与している。血糖量が低下すると、すい臓の **a** にある A 細胞から **b** が分泌され、肝臓に蓄えられている **c** を分解してグルコースとして血液中に放出させる。これにより、血糖量が増加する。また、食事などで血糖量が増加すると、すい臓の **a** の B 細胞から **d** が分泌され、血液中のグルコースを消費してエネルギーを産生したり、**c** として肝臓へ貯蔵したりして血糖量を低下させる。

糖は生体のエネルギー源として重要な役割を担っているため、血糖量が著しく低下しないように、血糖量を増加させるホルモンは多数ある。たとえば、**e** の前葉から分泌される副腎皮質刺激ホルモンは、副腎皮質を刺激して糖質コルチコイドを分泌させる。糖質コルチコイドは血糖量を上昇させる。副腎髄質から分泌される **f** も血糖量を増加させる作用がある。また、**e** の前葉から分泌される **g** は、タンパク質の合成を促進する以外に血糖量の増加にも関与している。

- B. 1921 年にレーウィが行った実験を参考にして、取り出した 2 つのカエルの心臓を下図のようにチューブで連結する実験を行った。この実験では、チューブ a と b を合わせた長さは、チューブ c と d を合わせた長さと同じになるようにした。また、ビーカー I は 100 ml の容量があり、ビーカー II は 10 ml の容量がある。それぞれのビーカーに①カエルの血液と等張になるように調整されたリンガー液を満したところ、心臓 I と II はほぼ同じ心拍数で拍動し、その結果、矢印の方向にリンガー液が一定の速度で循環した。

この状態で、②心臓 I につながっている神経(軸索 I)を電気刺激したところ、心臓 I の心拍数が変化した。また、③少し遅れて心臓 II の心拍数が変化した。ここで、ビーカー II に入っているリンガー液をスポイトで取り、カエルに点眼したところ、瞳孔が拡大した。

リンガー液を新しいものに置き換えると、2 つの心臓の心拍数は刺激前の状態に戻った。そこで、心臓 II につながっている神経(軸索 II)を、軸索 I を刺激した場合と同じ強さで電気刺激したところ、心臓 II の心拍数が増加し、④少し遅れて心臓 I の心拍数も変化した。



問 1. 文中の **a** ~ **g** に適切な語句を記入しなさい。

問 2. 下線部①について、このリンガー液に含まれる塩化ナトリウム濃度(%)として適切なものを選び、番号で答えなさい。

- (1) 0.065      (2) 0.09      (3) 0.65      (4) 0.9

問 3. 下線部②について、軸索 I をもつ神経の種類を以下の中から選び、番号で答えなさい。また、この軸索の末端から分泌される物質の名前を書きなさい。

- (1) 交感神経      (2) 副交感神経      (3) 感覚神経      (4) 運動神経

問 4. 下線部②と下線部③について、心臓 I および心臓 II の心拍数の変化として、正しい組み合わせを選び、番号で答えなさい。

- (1) 心臓 I および心臓 II の心拍数は減少した。  
(2) 心臓 I および心臓 II の心拍数は増加した。  
(3) 心臓 I の心拍数は減少し、心臓 II の心拍数は増加した。  
(4) 心臓 I の心拍数は増加し、心臓 II の心拍数は減少した。

問 5. 下線部③の心拍数の変化量と下線部④の心拍数の変化量について、正しいものを選び、番号で答えなさい。また、その理由を 100 字以内で説明しなさい。

- (1) 下線部③の心拍数の変化量は、下線部④の心拍数の変化量と同じ。  
(2) 下線部③の心拍数の変化量は、下線部④の心拍数の変化量よりも小さい。  
(3) 下線部③の心拍数の変化量は、下線部④の心拍数の変化量よりも大きい。

**IV**

遺伝に関する次の文章を読み、問い(問1~6)に答えなさい。

メンデルは、エンドウにおいて、草丈や子葉の色といった7対の対立形質に着目して、交配実験を行い、各形質の遺伝には規則性があることを見いだした。メンデルは、2対の対立遺伝子に着目して、二遺伝子雑種に関して調べ、2対の対立遺伝子は、互いに無関係に配偶子に分配されると考えた。これは **a** の法則として知られている。**a** の法則が成立するのは、各遺伝子が、それぞれ異なる染色体上にある場合に限られる。これに対して、同一の染色体上にある遺伝子は、行動をともにすることになる。この現象を **b** という。同じ染色体上の遺伝子は **b** して行動をともにするが、配偶子形成の際の減数分裂の第 **c** 分裂 **d** 期において、相同染色体間で染色体の一部が交換される乗換えという現象が起こり、対立遺伝子の新しい組合せが生じることがある。これを遺伝子の組換えといい、遺伝子間の組換えの起こる割合を組換え価という。

メンデルが目にした対立形質がどの遺伝子の変異によって生じたかが、明らかになりつつある。草丈の高低については、①茎の伸長を促進する植物ホルモンであるジベレリンの合成に関わる酵素遺伝子が原因遺伝子である。この遺伝子の DNA に塩基置換が起きて、酵素活性に重要な部分が変化することにより酵素活性が低下すると低い草丈の形質になる。この対立形質(高い草丈)に対応する対立遺伝子からは、正常な酵素活性をもつジベレリン合成酵素が作られる。これらの対立遺伝子をもつ、②高い草丈と低い草丈の純系の親を交雑した場合、得られた F<sub>1</sub> の草丈は高くなる。

一方、さまざまな動物の染色体を調べると、雌雄で形態の異なる染色体が1対だけあることが多く、この染色体は雌雄を決定する遺伝子を含んでいる。このような染色体を性染色体とよぶ。キイロショウジョウバエでも性染色体が見つかっており、雌は X 染色体を2本もち、雄は1本の X 染色体とそれとは形の異なる Y 染色体を1本もつ。③キイロショウジョウバエでは、多くの動物の場合と同様、生まれてくる個体の雌雄の比がおよそ1:1である。

性染色体には、雌雄の決定に関わる遺伝子以外の遺伝子も含まれる。④キイロショウジョウバエの赤眼は、白眼に対して優性であり、この眼の色を決定する遺伝子は X 染色体上にある。赤眼の純系の雌と白眼の雄とを交雑させると F<sub>1</sub> は雌雄ともに赤眼になる。この F<sub>1</sub> の雌雄の交雑により生まれた F<sub>2</sub> では、雌はすべての個体が赤眼であるのに対して、雄は赤眼と白眼が1:1の割合になる。このように雌雄の間で形質の現れ方に違いがある遺伝を **e** とよぶ。

問 1. 文中の **a** ~ **e** に適切な語句を記入しなさい。

問 2. 草丈に関わる下線部①の対立遺伝子の塩基配列を、草丈が低いものと高いものとで比較したところ、塩基置換による変異以外にも、草丈が低いものでは、草丈が高いものと比べてイ

ントロン内に2個のヌクレオチドが余計に含まれていた。この余計な2個のヌクレオチドは、遺伝子産物(タンパク質)の構造や酵素活性に影響しないと考えられる。その理由を70字以内で述べなさい。

問 3. 下線部②の  $F_1$  についての記述として正しいものを以下の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- ア.  $F_1$  は、草丈に関する対立遺伝子のうち、低い草丈の遺伝子をもたない。
- イ.  $F_1$  では、低い草丈の遺伝子の変異して、高い草丈の遺伝子へと変わる。
- ウ.  $F_1$  では、低い草丈の遺伝子が存在しても、高い草丈の遺伝子のはたらきで充分量のジベレリンが合成される。
- エ.  $F_1$  では、高い草丈の遺伝子が、低い草丈の遺伝子の発現を抑制する。

問 4. 常染色体上にある3つの遺伝子A, B, Cの遺伝について、以下のような交雑実験をして調べた。3つの遺伝子のうち2つは同じ染色体上にあることがわかっている。優性の対立遺伝子A, B, Cのホモ接合体(AABBCC)と、A, B, Cの劣性の対立遺伝子 a, b, c のホモ接合体(aabbcc)を交雑した。得られた $F_1$ (AaBbCc)に対して、劣性遺伝子 a, b, c のホモ接合体(aabbcc)を交雑して、検定交雑を行った。その結果、表現型の分離比は以下のとおりだった。

表現型	ABC	ABc	AbC	aBC	Abc	aBc	abC	abc
分離比	9	1	9	1	1	9	1	9

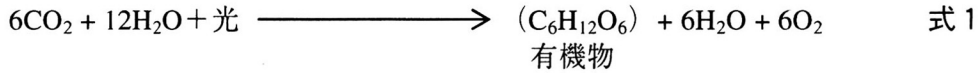
- (1) A, B, Cのうち同じ染色体上にあるのはどれとどれか、答えなさい。
- (2) A, B, Cのうち同じ染色体上にある遺伝子間の組換え価は何%か、答えなさい。
- (3) A, B, Cのうち同じ染色体上にある遺伝子間の組換え価が0%の場合、 $F_1$ (AaBbCc)どうしを交雑して得られる $F_2$ の表現型の分離比(理論値)を答えなさい。

問 5. 下線部③の理由を、性染色体の遺伝様式に基づいて100字以内で説明しなさい。

問 6. 下線部④の状況において、赤眼の雄と赤眼の雌を交雑して得られた $F_1$ の眼の色の割合は、雄で赤眼と白眼が1:1であったのに対して、雌ではすべて赤眼であった。この時、雌親の遺伝子型を答えなさい。ただし、赤眼の対立遺伝子をR, 白眼の対立遺伝子をrとする。

V 光合成に関する次の文章 A と B を読み、問い(問 1~6)に答えなさい。

A. 緑色植物における光合成の反応は式 1 のように書くことができる。

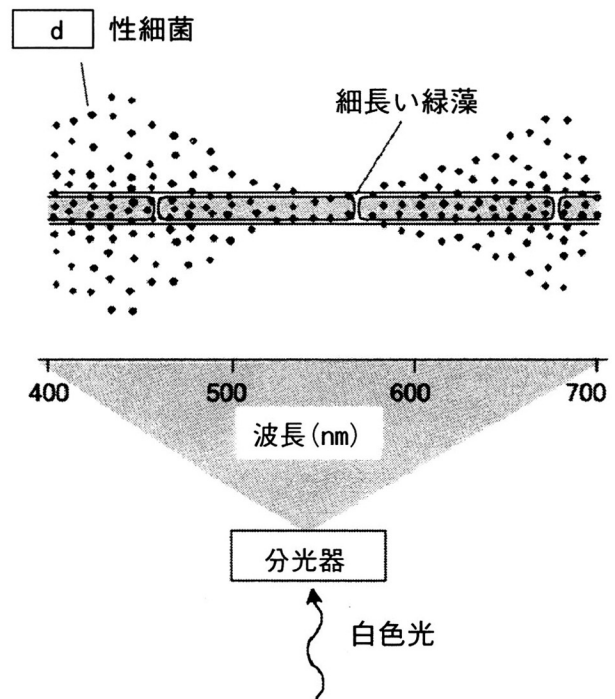


一般に、CO<sub>2</sub>を固定できる無傷の葉緑体を緑葉から分離することは容易ではない。緑葉を、適切な浸透圧に調節された水溶液中ですりつぶして得た緑汁から、葉緑体と思われる緑色顆粒を分離することができる。このような緑色顆粒においても光合成の部分的な反応は観察できるが、この緑色顆粒に CO<sub>2</sub>を与えて光を照射しても、CO<sub>2</sub>固定活性はほとんど観察できない。このような事情で、CO<sub>2</sub>固定反応経路(カルビン・ベンソン回路)を明らかにする実験では、緑葉から分離した葉緑体ではなく、①生きた細胞が用いられた。

光合成の最初の反応は、葉緑体の **a** に存在しているクロロフィルなどの色素が光エネルギーで活性化される反応である。**a** では還元型補酵素や **b** が生成され、CO<sub>2</sub>の固定反応に使われる。この CO<sub>2</sub>の固定反応は、葉緑体中の **c** に存在する多くの酵素のはたらきによって行われる。

B. 光合成に有効な光の波長を調べるために、細胞内に葉緑体が均等に分布している、細長い緑藻を使った実験を行った。

まず、緑藻全体に白色光を照射したところ、緑藻全体から気体が出る様子が観察された。水槽に **d** 性細菌を入れたところ、**d** 性細菌はまんべんなく緑藻の周辺に集まった。次に、右の図のように、プリズムなどの分光器を用いて白色光をさまざまな波長の光に分けて緑藻に照射したところ、**d** 性細菌は緑藻の周りに集まったが、光の波長によって細菌の集まり具合に違いが生じた。なお、図では葉緑体は省略されている。



問 1. 文中の  ~  に適切な語句を記入しなさい。

問 2. 光合成で発生する酸素は  $\text{CO}_2$  ではなく  $\text{H}_2\text{O}$  の酸素原子に由来する。それはどのような実験事実に基づいていえるのか，実験内容を 70 字以内で説明しなさい。

問 3.  $\text{CO}_2$  を還元する水素を硫化水素 ( $\text{H}_2\text{S}$ ) から得る光合成細菌における光合成の反応式を，式 1 にならって答えなさい。

問 4. 下線部①に関して，用いられた生物名を 1 つ答えなさい。

問 5.  性細菌が集まるのは，緑藻から出た気体を感じて，その方向に移動するためである。この細菌の例のように，動物などがある刺激に反応し，刺激に対して方向性のある運動を示すことを何とよぶか，答えなさい。

問 6. **B** の実験結果に基づいて，光合成速度と照射光の波長との関係を表したグラフを解答欄に記入しなさい。ただし，最も大きな光合成速度の値を 100 とする。