

生 物

I (配点 75)

(1) 動物における分化に関する次の文章を読み、以下の問い1)～8)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 8]

山中伸弥は2012年、1以来25年ぶりに日本人としてノーベル生理学・医学賞を受賞した。この山中と賞を分けたのが、イギリスの2である。2は、分化した細胞の核を未受精卵に核移植することにより、分化した細胞の核を初期化することが可能であることを示した。この実験で、2はアフリカツメガエルを用い、いろいろな発生段階の胚やオタマジャクシから細胞を取り出し、それを、紫外線で処理した別の個体の未受精卵に核移植した。その結果、核移植された卵のうち、いくつかは正常に摂食が出来る幼生の段階に発生した。しかし、図1で示すように、核を取り出した時期により、正常に発生した胚の割合には違いが見られた。

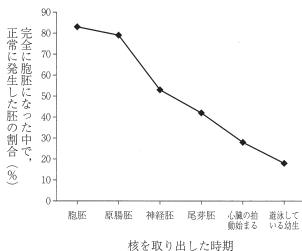


図1 アフリカツメガエルの核移植実験

1) 上の文章中の空欄 1 に入る最も適当な人物名を、次の①～⑤の中から1つ選べ。

- ① 木原均 ② 利根川進 ③ 野口英世 ④ 志賀潔 ⑤ 高峰譲吉

2) 上の文章中の空欄 2 に入る最も適当な人物名を、次の①～⑤の中から1つ選べ。

- ① クリック ② エバンス ③ ガードン ④ フレミング ⑤ サンガー

3) 2 が下線部ア)に記述されている処理を行った理由として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 3

- ① 未受精卵に刺激を与え、細胞分裂を促すため。
- ② 未受精卵が持っている核を破壊するため。
- ③ 未受精卵の表面を滅菌処理するため。
- ④ 未受精卵の細胞膜に穴をあけ、核が入りやすくするため。

4) 図1に関する記述で最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 4

- ① 原腸胚に比べ、神経胚では細胞の分化が進んでいる。
- ② 胞胚では、ほかの時期に比べて核の全能性が低い。
- ③ 心臓の拍動が始まる時期でも、胚の細胞の大部分は未分化な状態である。
- ④ 胞胚から神経胚、尾芽胚へと発生が進むにつれ、遺伝子の塩基配列が変化している。

5) 分化に関する記述として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 5

- ① 外胚葉の細胞が分化すると表皮と脳になる。
- ② 神経細胞は、分化が進むにつれて分裂する能力が増す。
- ③ タバコの茎において、オーキシシンに対するカイネチンの相対濃度が高いと不定根が分化する。
- ④ 肝臓の組織の一部を培養すると、カルスという未分化な細胞が得られる。

6) 動物細胞の分化を制御するメカニズムとの関連が最も薄いものを、次の①～④の中から1つ選べ。 6

- ① 選択的遺伝子発現 ② ホルモン分泌 ③ 濃度勾配 ④ 減数分裂

7) 未分化な細胞の特徴として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。 7

- ① 分裂が盛んである。
- ② 他の細胞からの誘導を受けにくい。
- ③ 円形ないし楕円形の細胞が多い。
- ④ 植物の根の成長点で多くみられる。

8) 発生初期段階のイモリから、胚の表面の細胞群と胚の内部の細胞群を取り出し、細胞をバラバラにする。その後両種の細胞を混ぜ合わせると、元の細胞群の細胞同士が集合する現象がみられる。この現象の原因として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。

8

- ① 2つの細胞群の間で拒絶反応がおこるから。
- ② 細胞表面に、同種の細胞同士を接着させる分子が存在するから。
- ③ 胚の表面と胚の内部では、細胞分裂に適する温度が異なるから。
- ④ 核内の遺伝子に、細胞同士の位置関係に関する情報が存在するから。

(2) 生物を用いた研究の方法に関する次の文章を読み、以下の問い1)～5)に答えよ。

(解答番号 9 ～ 19)

生物学では、生きた材料を用いた実験観察が不可欠である。それは、生物は進化によって生れてきたものであり、^ア進化にはさまざまな偶発的な要素が関与するからである。それゆえ、生物学の研究では理論的な研究を行う前に、実際の生物について実験観察を行うことがどうしても必要になる。

1) 以下は、生物を用いた研究の進め方の流れを示したものである。9 ～ 12 に入る最も適当なものを、次の①～④の中からそれぞれ1つずつ選べ。

問題を設定 → 9 → 10 → 実験 → 11 → 12 → 発表

- ① 実験計画 ② 仮説 ③ 考察 ④ データ処理

2) 実験結果を正しく解釈するには、対照実験が重要である。対照実験として最も適当でないものを、次の①～④の中から1つ選べ。

13

- ① だ液によるデンプンの分解をヨウ素反応で調べるとき、対照実験としてだ液の代わりに水を用いる。
- ② 過酸化水素水を用いて、肝臓中のカタラーゼの働きを調べるとき、対照実験として過酸化水素水と加熱処理した肝臓を用いる。
- ③ オオカナダモの葉を20%スクロース溶液に浸して原形質分離を観察するとき、対照実験として20%ブドウ糖溶液を用いる。
- ④ 水を入れたビーカーに土を入れ、上澄み液にデンプン溶液を加え、その微生物による分解を観察するとき、対照実験として上澄み液を煮沸したものを用いる。

- 3) 生物を用いた探究活動の進め方として最も適当でないものを、次の①～④の中から1つ選べ。 14

- ① スケッチをするときは、影をつけないようにする。
- ② インターネットから参考文献を引用するときは、そのアドレス (URL) を書く。
- ③ 測定を何回か行って値がばらついたときは、平均値から遠い測定値は除外する。
- ④ 実験結果が予想と異なった場合でも、実験結果を捨てずに残しておく。

- 4) 下線部ア)に関連し、以下のA～Dの進化説を最初に唱えた人物の名前を、次の①～⑧の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | |
|--|---|
| A 突然変異説 15 | B 用不用説 16 |
| C 自然選択説 17 | D 中立説 18 |

- | | | | |
|----------|----------|--------|---------|
| ① ダーウィン | ② リンネ | ③ 木村資生 | ④ ヘッケル |
| ⑤ ホイタッカー | ⑥ ド・フリース | ⑦ ラマルク | ⑧ マーグリス |

- 5) また、4)に挙げた説の中で、下線部ア)の「偶発的な要素」との関連が最も薄いものを、次の①～④の中から1つ選べ。 19

- ① 突然変異説 ② 用不用説 ③ 自然選択説 ④ 中立説

- (3) ゾウリムシを用いた実験に関する次の文章を読み、以下の問い1)～5)に答えよ。

〔解答番号 20 ～ 25 〕

ゾウリムシは沼や池から容易に入手できることに加え、いくつかの^{ア)}実験材料としての利点を持つため、^{イ)}原生動物の様々な性質や現象を観察することに用いられている。ゾウリムシは細胞内に収縮胞という構造を持ち、これが収縮を繰り返すことで水を排出することができる。

- 1) 下線部ア)について、ゾウリムシを実験材料とする場合の利点として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。 20

- ① 原生動物としては大型で、顕微鏡で観察しやすい。
- ② 比較的培養が容易である。
- ③ 季節を問わずに入手できる。
- ④ 動きが遅く、顕微鏡視野内での観察が容易である。

2) 下線部イ)について、ゾウリムシを用いて観察できる現象として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。 21

- ① 接触走性 ② 細胞内消化 ③ 細胞分裂 ④ 細胞分化

3) ゾウリムシの収縮胞の機能を調べるために、以下のような実験を行った。ゾウリムシをいくつかの異なる濃度のスクロースを含む溶液に置き、収縮胞の収縮頻度（毎分あたりの収縮回数）を記録したところ、図2のようになった。この実験結果の解釈として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 22

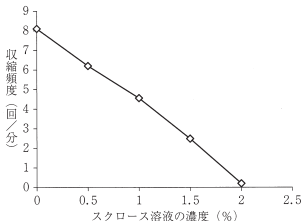


図2 スクロース溶液の濃度と収縮頻度の関係

- ① 浸透圧が高い環境では、より多くのスクロースが細胞内に入るため、収縮胞の収縮頻度は減少する。
 ② 環境の浸透圧が減少するにつれ、細胞内に入る水の量が上昇するため、収縮胞の収縮頻度は増加する。
 ③ 高浸透圧の環境下ではATPの合成速度が低下するため、収縮胞の収縮頻度は減少する。
 ④ 等張のスクロース溶液におかれた場合、細胞膜を介した水の移動がなくなるため、収縮胞の活動は停止する。

- 4) 前述の実験で、ゾウリムシをさらに高濃度のスクロースの溶液中に置いた場合、細胞の形状や収縮胞の収縮頻度はどう変化すると予想されるか。最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 23

- ① スクロース濃度が上がるにつれ細胞は大きくなり、収縮胞の収縮頻度は減少して、最後は停止する。
- ② スクロース濃度が上がるにつれ細胞は小さくなり、収縮胞の収縮頻度は減少して、最後は停止する。
- ③ スクロース濃度が上がるにつれ細胞は大きくなり、収縮胞の収縮頻度はやがて増加に転じる。
- ④ スクロース濃度が上がるにつれ細胞は小さくなり、収縮胞の収縮頻度はやがて増加に転じる。

- 5) さらに収縮胞の性質を調べるために、ゾウリムシを様々な浸透圧の溶液中に置き、収縮胞の中の主要な陽イオンと陰イオンであるカリウムイオンの濃度と塩化物イオンの濃度をそれぞれ計測したところ、図3のようになった。また、同じ条件で細胞外のカリウムイオンを同じ濃度のコリン（有機陽イオン）に置き換えたところ、収縮胞の中のカリウムイオンと塩化物イオン両方の濃度が低下した。

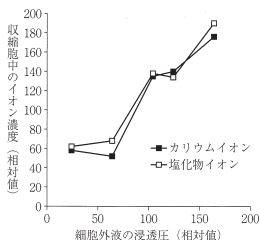


図3 収縮胞中のカリウムイオンおよび塩化物イオンの濃度と細胞外液の浸透圧との関係

この結果から考えられることとして最も適当なものを、次の①～⑤の中から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

24

25

- ① ある一定の細胞外液の浸透圧の上昇に対しては、収縮胞のイオン濃度は順応性を示す。
- ② 細胞質から収縮胞への水分の輸送は能動輸送により行われている。
- ③ 収縮胞の膜には、カリウムイオンと塩化物イオンを同時に輸送する輸送体が存在する。
- ④ カリウムイオンの代わりにコリンを使うことで、水の輸送速度は上昇している。
- ⑤ 収縮胞には、コリンを分解する酵素が存在する。

Ⅱ (配点 75)

(1) 細胞分裂に関する次の文章を読み、以下の問い1)～6)に答えよ。

[解答番号 26 ～ 35]

全ての生物は細胞から構成されており、ア原核細胞においても、真核細胞においても共通してその生物の設計図にあたる遺伝子が存在する。細胞が分裂して増える際には、遺伝子の本体であるイDNAを正確に複製し、各細胞へ伝えていく必要がある。DNAの複製はいつ行われているのだろうか。

体細胞分裂を盛んに行っている植物の組織を固定し、染色して顕微鏡で観察すると、分裂途中の細胞が観察される。たとえば、ウ核が消失して太い染色体が細胞の赤道面に並んでいる細胞や、エ細胞内で染色体が両極に分かれ、新しい核膜が確認できる細胞などである。図1は、ある生物の体細胞分裂の時期と細胞内のDNA量の関係を示したものである。この図から分裂を行っていない間期の一時期(S期)にDNAの複製が行われていることがわかる。

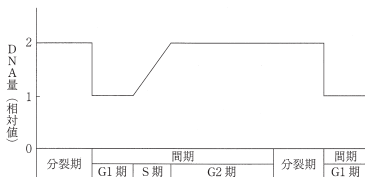


図1 体細胞分裂と細胞1個あたりのDNA量の変化

1) 下線部アの原核細胞と真核細胞に共通して存在しているものとして最も適当なものを、次の①～⑤の中から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 [26] , [27]

- ① ゴルジ体 ② 葉緑体 ③ 細胞膜
④ リボソーム ⑤ ミトコンドリア

2) 下線部イのDNAの複製において重要なDNAの性質として最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。 [28]

- ① 優性 ② 多様性 ③ 相補性 ④ 倍数性 ⑤ 特異性

3) 下線部イ)のDNAの複製において、細胞はDNAを構成する分子を準備する必要がある。

DNAを構成する分子として誤っているものを、次の①～⑥の中から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 29 , 30

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① リン酸 | ② アデニン | ③ リボース | ④ ウラシル |
| ⑤ シトシン | ⑥ グアニン | | |

4) 図1の分裂期は、以下の4つの期に分けられている。下線部ウ), エ)で述べられている細胞はこの中のどの期にあたるか、次の①～④の中からそれぞれ1つずつ選べ。

ウ) 31 , エ) 32

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 前期 | ② 中期 | ③ 後期 | ④ 終期 |
|------|------|------|------|

5) 下線部ウ), エ)で観察される染色体と、DNAの関係について述べた文章として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。 33

- ① 真核細胞の染色体はDNAとヒストンなどのタンパク質の複合体である。
- ② 相同染色体には、それぞれ母方と父方の配偶子から引き継がれたDNAが含まれている。
- ③ 染色体がはっきりと観察できる分裂期以外の時期は、DNAは細胞質内に分散して存在する。
- ④ 突然変異には、DNAの塩基配列の変化で生じる遺伝子突然変異と、染色体の形や数の変化によって生じる染色体突然変異がある。

- 6) 図1でDNA量の変化を調べた生物の細胞を使い、減数分裂時の細胞1個あたりのDNA量の変化を調べた。体細胞分裂時とのDNA量の違いを述べた文章として最も適当なものを、次の①～⑧の中から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

34 , 35

- ① 減数分裂の第一分裂直後のDNA量は、図1のG1期のDNA量と同じだった。
- ② 減数分裂の第一分裂直後のDNA量は、図1のG2期のDNA量の0.25倍だった。
- ③ 減数分裂の第一分裂直後のDNA量は、図1のG1期のDNA量の0.5倍だった。
- ④ 減数分裂の第二分裂直後のDNA量は、図1のG2期のDNA量の0.5倍だった。
- ⑤ 減数分裂の第二分裂直後のDNA量は、図1のG1期のDNA量と同じだった。
- ⑥ 減数分裂の結果できた娘細胞のDNA量は、図1のG2期のDNA量の0.5倍だった。
- ⑦ 減数分裂の結果できた娘細胞のDNA量は、図1のG1期のDNA量と同じだった。
- ⑧ 減数分裂の結果できた娘細胞のDNA量は、図1のG2期のDNA量の0.25倍だった。

- (2) 遺伝に関する次の文章を読み、以下の問い1)～4)に答えよ。

〔解答番号 36 ～ 48 〕

メンデルが発見した遺伝の法則は、36 の法則、37 の法則、38 の法則の3つである。36 の法則は、親の一方の形質のみが雑種第一代に現れることである。また、37 の法則は 39 遺伝子がそれぞれ配偶子に入ることである。メンデルは遺伝子の実体が何であるかは知らなかったが、遺伝子が受け継がれるときの法則を明らかにした。しかし、様々な生物の 39 遺伝子のなかには、メンデルの法則に従わないものもある。例えば、36 の法則に従わず、雑種第一代が両親の中間的な形質になる 40 優性がある。また、二遺伝子雑種において、38 の法則に従わない場合もある。

モーガンらはキイロショウジョウバエを研究材料にして、眼の色、体色、翅などの多数の形質の遺伝を調べた。その結果、調査した形質の遺伝子は4つのグループに分けられ、それぞれがキイロショウジョウバエの持つ4つの相同染色体に対応していることを明らかにした。このことから遺伝子は染色体上にあり、同一の染色体上にある二遺伝子の場合、38 の法則に従わないことがわかった。この現象を⁷⁾連鎖という。また、モーガンらはこれらのデータをもとに、¹⁾染色体地図を作成した。

1) 前述の文章の空欄 36 - 40 に入る最も適当なものを、次の①～⑯の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 独立 | ② 対立 | ③ 中間 | ④ 優性 |
| ⑤ 劣性 | ⑥ 完全 | ⑦ 致死 | ⑧ 抑制 |
| ⑨ 補足 | ⑩ 分離 | ⑪ 条件 | ⑫ 表現型 |
| ⑬ 不完全 | ⑭ 複対立 | ⑮ 接合体 | ⑯ 配偶体 |

2) 下線部ア)の連鎖について述べた文章として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 41

- ① 連鎖していても、遺伝子が複製される際に染色体が部分的に交換されることがある。
- ② 完全連鎖は二遺伝子の染色体上の距離が遠く、組換えが生じないことをいう。
- ③ 減数分裂の第二分裂期に、染色体の乗換えによって連鎖が生じる。
- ④ 不完全連鎖の場合、配偶子形成時に組換えが生じることがある。

3) 下線部イ)の染色体地図について述べた文章として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 42

- ① 組換え価をもとにして地図を作る際には、遺伝子の位置を推定するために異なる染色体上にある形質に着目して検定交雑を行う。
- ② 細胞学的地図と呼ばれる染色体地図は、キイロショウジョウバエなどの場合、だ線染色体の観察によって作成される。
- ③ 組換え価をもとにして作られた染色体地図は連鎖地図とも呼ばれ、染色体数が多い生物の方が、染色体数が少ない生物よりも作成が容易である。
- ④ 細胞学的地図と呼ばれる染色体地図を作る際には、染色体上の横縞を染色して観察するため、電子顕微鏡を用いる。

- 4) ある植物を使って遺伝子の位置関係を確認するための実験を行った。その実験に関する次の記述を読み、以下の問いA～Eに答えよ。

この植物の赤い花で長い茎の純系と、白い花で短い茎の純系を交雑したところ、 F_1 は全て赤い花で長い茎の個体になった。次に、この F_1 に白い花で短い茎の純系を交雑したところ、 F_2 では(赤花で長茎)：(赤花で短茎)：(白花で長茎)：(白花で短茎)が4：1：1：4の割合で出現した。

- A この実験結果について述べた文章として最も適当なものを、次の①～⑦の中から2つ選べ。なお、赤い花の遺伝子を R 、白い花の遺伝子を r 、長い茎の遺伝子を L 、短い茎の遺伝子を l と表すとする。ただし、解答の順序は問わない。
- 43 , 44

- ① F_1 の遺伝子型は $RRLL$ または $RRll$ である。
- ② F_1 の親の世代が配偶子を形成する時点では、染色体の乗換えはおきていない。
- ③ F_1 が配偶子を形成する時点では、遺伝子の組換えはおきていない。
- ④ F_1 と交雑した白い花で短い茎の純系が形成した配偶子の遺伝子型は rl である。
- ⑤ F_2 の遺伝子型は $RRLL$ 、 $RRll$ 、 $rrLL$ 、 $rrll$ のいずれかである。
- ⑥ F_2 の分離比は、 F_1 が形成した配偶子の遺伝子型の比と同じである。
- ⑦ F_2 はメンデルの法則に従えば3：1：1：3になるため、連鎖していることが分かる。

- B この場合の組換え価として最も適当なものを、次の①～⑧の中から1つ選べ。

45

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 1 % | ② 2 % | ③ 5 % | ④ 10 % |
| ⑤ 15 % | ⑥ 20 % | ⑦ 25 % | ⑧ 50 % |

C この場合の F_1 同士を掛け合わせて F_2 を作ったときの表現型の分離比として予想される値を、次の①～⑭の中から1つ選べ。ただし、表現型の比は次の並べ方とする。

(赤花で長茎) : (赤花で短茎) : (白花で長茎) : (白花で短茎)

46

- | | | |
|----------------------|----------------------|---------------------|
| ① 16 : 1 : 1 : 3 | ② 18 : 3 : 3 : 2 | ③ 18 : 5 : 5 : 3 |
| ④ 18 : 7 : 7 : 9 | ⑤ 26 : 7 : 7 : 6 | ⑥ 28 : 8 : 8 : 1 |
| ⑦ 38 : 9 : 9 : 12 | ⑧ 39 : 10 : 10 : 16 | ⑨ 39 : 7 : 7 : 24 |
| ⑩ 39 : 5 : 5 : 18 | ⑪ 39 : 12 : 12 : 25 | ⑫ 40 : 3 : 3 : 18 |
| ⑬ 44 : 18 : 18 : 9 | ⑭ 51 : 5 : 5 : 12 | ⑮ 56 : 7 : 7 : 18 |
| ⑯ 66 : 9 : 9 : 16 | ⑰ 91 : 11 : 11 : 18 | ⑱ 92 : 10 : 10 : 17 |
| ⑲ 125 : 11 : 11 : 18 | ⑳ 132 : 13 : 13 : 36 | |

D 赤い花で短い茎を有する純系と、白い花で長い茎の純系を掛け合わせて F_1 を作り、 F_1 同士を掛け合わせて F_2 を作った場合、その表現型の分離比として予想される値を、次の①～⑭の中から1つ選べ。ただし、表現型の比は次の並べ方とする。

(赤花で長茎) : (赤花で短茎) : (白花で長茎) : (白花で短茎)

47

- | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① 15 : 7 : 7 : 2 | ② 27 : 3 : 3 : 1 | ③ 35 : 4 : 4 : 2 |
| ④ 42 : 9 : 9 : 1 | ⑤ 48 : 22 : 22 : 3 | ⑥ 51 : 24 : 24 : 1 |
| ⑦ 52 : 9 : 9 : 18 | ⑧ 57 : 18 : 18 : 4 | ⑨ 63 : 28 : 28 : 2 |
| ⑩ 63 : 27 : 27 : 2 | ⑪ 67 : 7 : 7 : 1 | ⑫ 73 : 23 : 23 : 3 |
| ⑬ 73 : 9 : 9 : 4 | ⑭ 74 : 11 : 11 : 1 | ⑮ 77 : 12 : 12 : 2 |
| ⑯ 83 : 13 : 13 : 7 | ⑰ 84 : 5 : 5 : 1 | ⑱ 85 : 7 : 7 : 2 |
| ⑲ 89 : 5 : 5 : 1 | ⑳ 102 : 9 : 9 : 2 | |

- E この植物では、花粉の形を決める遺伝子が花の色と茎の長さを決める遺伝子と連鎖しているとする。花粉の形を決める遺伝子と花の色を決める遺伝子との組換え価が4%，花粉の形を決める遺伝子と茎の長さを決める遺伝子との組換え価が24%である場合、これらの遺伝子の位置の推定として最も適当なものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。

48

- ① 茎の長さを決める遺伝子、花の色を決める遺伝子、花粉の形を決める遺伝子の順番に並んでいる。
- ② 花の色を決める遺伝子、花粉の形を決める遺伝子、茎の長さを決める遺伝子の順番に並んでいる。
- ③ 花粉の形を決める遺伝子、茎の長さを決める遺伝子、花の色を決める遺伝子の順番に並んでいる。
- ④ 花粉の形を決める遺伝子と、花の色を決める遺伝子は同じ場所にある。
- ⑤ 花粉の形を決める遺伝子と、茎の長さを決める遺伝子は同じ場所にある。
- ⑥ 花の色を決める遺伝子と、茎の長さを決める遺伝子は同じ場所にある。