

試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

令和 6 年度  
一般選抜 試験問題  
理科 (120分)

| 出題科目 | ページ   | 解答方法                                     |
|------|-------|------------------------------------------|
| 物 理  | 4～19  | 左の3科目のうち2科目を解答<br>しなさい。<br>解答時間の配分は自由です。 |
| 化 学  | 20～41 |                                          |
| 生 物  | 42～67 |                                          |

I 注意事項

- 1 ページの脱落や重複、印刷の不鮮明な箇所があった場合には、直ちに手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 2 受験番号および解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 3 この問題冊子の余白は適宜利用してもかまいません。
- 4 質問、中途退室など用件のある場合は、手を挙げて知らせなさい。
- 5 退室時は、問題冊子は閉じ、解答用紙は裏返しにしなさい。
- 6 試験に関わるすべての用紙は、持ち帰ることはできません。

II 解答上の注意

- 1 「**解答上の注意**」が、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子を裏返して必ず読むこと。ただし、問題冊子を開いてはいけません。

## 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の解答番号に対応した解答欄にマークしてください。

|    |
|----|
| 10 |
|----|

 と表示のある問いに対して

(例1) ③と解答する場合は、解答番号10の③にマークしてください。

| 解答番号 | 解 | 答 | 欄             |
|------|---|---|---------------|
| 10   | ① | ② | ● ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ |

(例2) ②と⑦を解答する場合は、解答番号10の②と⑦にマークしてください。

(複数解答の場合)

| 解答番号 | 解 | 答   | 欄           |
|------|---|-----|-------------|
| 10   | ① | ● ③ | ④ ⑤ ⑥ ● ⑧ ⑨ |

- 2 解答用紙に正しく記入・マークされていない場合は、採点できないことがあります。特に、解答用紙の受験番号欄に正しくマークされていない場合は、その科目は0点となります。



# 生 物

(解答はすべて解答用紙に記入すること)

**第1問** 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。[解答番号 1 ～  
5 ]

脊椎動物は毛細血管が存在する閉鎖血管系をもっており、血液は、心臓から送り出されて動脈を流れ、毛細血管を経て静脈に入り、心臓へ<sup>(1)</sup>と戻る。血液は、さまざまな物質を運ぶほか、恒温動物では熱を運ぶ役割も果たしている。

生物のからだはシステムであり、人工的なシステム(装置)との間に共通性が見られる。図1は、液体を、水を用いて冷却するシステムの模式図である。図1のAB間に着目すると、左図では、冷却したい液体と冷却水の流れる方向が逆(対向流)であるのに対して、右では、冷却したい液体と冷却水の流れる方向が同じ(同向流)であり、液体の温度は前者の方がより低下する。

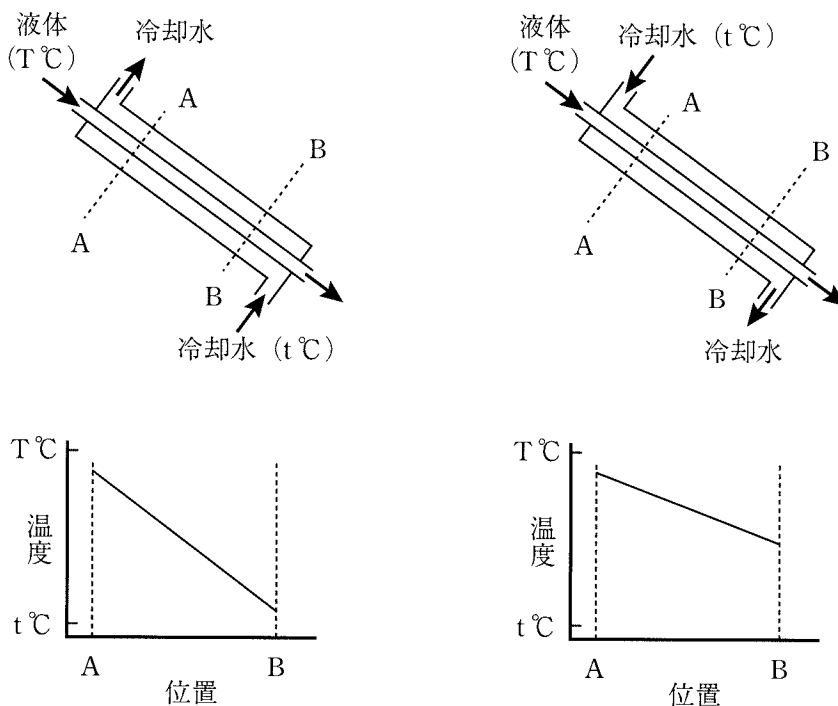


図1

鳥類はヒトと同様の循環系や恒常性のしくみをもつ恒温動物である。水鳥が水に浮いている時、足は常に水に浸っているため、足から奪われた分だけ、熱を産生<sup>(2)</sup>して補わなくてはならない。そのため、動脈と静脈が（ア）のような関係で隣接し、（イ）に熱を移動させることで、足先の温度を（ウ）して足から奪われる熱を少なくするしくみをもっている。また、一部の脊椎動物ではガス交換にもこのようなしくみが存在している<sup>(3)</sup>。

問1 下線部(1)に関連して、(a)・(b)に答えよ。

- (a) 血液および血液の循環について述べた次のあ～うの文のうち、正しいもののみを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦から1つ選べ。 1

あ 血液の液体成分は血清といい、フィブリノーゲンなどのタンパク質が存在している。

い すべての動脈には酸素を多く含む動脈血が流れ、すべての静脈には含まれる酸素が少ない静脈血が流れる。

う ヒトの心臓は自動性をもち、自動性を生み出すペースメーカー（洞房結節）は右心房の上部に存在している。

- |       |       |         |       |
|-------|-------|---------|-------|
| ① あ   | ② い   | ③ う     | ④ あ・い |
| ⑤ あ・う | ⑥ い・う | ⑦ あ・い・う |       |

- (b) ヒトの血液  $1\text{ mm}^3$  中に含まれる赤血球は、健康な男性で 410 万～530 万个、健康な女性で 380 万～480 万个であり、その平均寿命は約 120 日である。血液量が 4.8 L のヒトにおいて体内の赤血球数が  $1\text{ mm}^3$  あたり 450 万个で安定している場合、1 日に何個の赤血球が破壊され、1 日に何個の赤血球が生成されていると推定されるか。その個数の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧から 1 つ選べ。 2

|   | 1 日に破壊される赤血球の数       | 1 日に生成される赤血球の数       |
|---|----------------------|----------------------|
| ① | $1.8 \times 10^{11}$ | $1.8 \times 10^{11}$ |
| ② | $1.8 \times 10^{11}$ | $3.6 \times 10^{11}$ |
| ③ | $3.6 \times 10^{11}$ | $1.8 \times 10^{11}$ |
| ④ | $3.6 \times 10^{11}$ | $3.6 \times 10^{11}$ |
| ⑤ | $1.8 \times 10^{13}$ | $1.8 \times 10^{13}$ |
| ⑥ | $1.8 \times 10^{13}$ | $3.6 \times 10^{13}$ |
| ⑦ | $3.6 \times 10^{13}$ | $1.8 \times 10^{13}$ |
| ⑧ | $3.6 \times 10^{13}$ | $3.6 \times 10^{13}$ |

- 問2 下線部(2)に関して、ヒトの体温調節において熱産生を担う器官として最も適当なものを、次の①～⑥から 1 つ選べ。 3

- |       |      |        |
|-------|------|--------|
| ① 腎臓  | ② ひ臓 | ③ すい臓  |
| ④ 立毛筋 | ⑤ 肝臓 | ⑥ 副腎髄質 |

問3 文中の空欄ア～ウに入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～

⑧から1つ選べ。 

|   |
|---|
| 4 |
|---|

- |   | ア   | イ      | ウ  |
|---|-----|--------|----|
| ① | 図1左 | 動脈から静脈 | 高く |
| ② | 図1左 | 動脈から静脈 | 低く |
| ③ | 図1左 | 静脈から動脈 | 高く |
| ④ | 図1左 | 静脈から動脈 | 低く |
| ⑤ | 図1右 | 動脈から静脈 | 高く |
| ⑥ | 図1右 | 動脈から静脈 | 低く |
| ⑦ | 図1右 | 静脈から動脈 | 高く |
| ⑧ | 図1右 | 静脈から動脈 | 低く |

問4 下線部(3)に関して、ガス交換について述べた次の文の空欄工～クに入る語句の組合せとして最も適当なものを、図2を参考にして、下の①～⑧から1つ選べ。 5

水中で生活する多細胞動物は、鰓（えら）を介してガス交換を行っている。鰓を水中に広げる動物もあるが、硬骨魚類の鰓は鰓蓋（えらぶた）によっておおわれ、図2に示すように、ひだ状の内部構造に水を送り込む。図2中の血管Cでは血液が（ 工 ）へ流れ、血管Dでは血液が（ オ ）へ流れており、毛細血管内の血液の流れは水流と（ カ ）になっている。そのため、効率よく、（ キ ）を取り入れ、（ ク ）を排出できる。

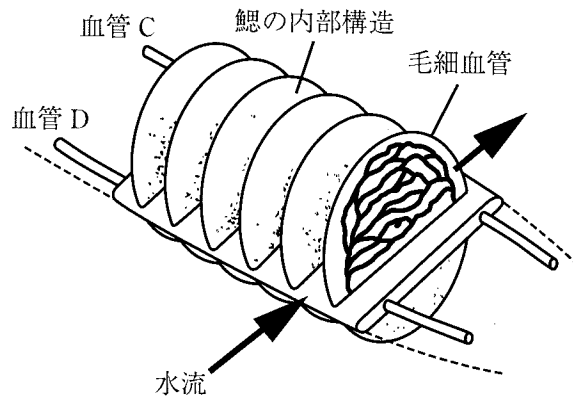


図2

|   | 工     | オ     | カ    | キ     | ク     |
|---|-------|-------|------|-------|-------|
| ① | 心臓から鰓 | 鰓から全身 | 同じ向き | 酸素    | 二酸化炭素 |
| ② | 心臓から鰓 | 鰓から全身 | 同じ向き | 二酸化炭素 | 酸素    |
| ③ | 心臓から鰓 | 鰓から全身 | 逆の向き | 酸素    | 二酸化炭素 |
| ④ | 心臓から鰓 | 鰓から全身 | 逆の向き | 二酸化炭素 | 酸素    |
| ⑤ | 鰓から全身 | 心臓から鰓 | 同じ向き | 酸素    | 二酸化炭素 |
| ⑥ | 鰓から全身 | 心臓から鰓 | 同じ向き | 二酸化炭素 | 酸素    |
| ⑦ | 鰓から全身 | 心臓から鰓 | 逆の向き | 酸素    | 二酸化炭素 |
| ⑧ | 鰓から全身 | 心臓から鰓 | 逆の向き | 二酸化炭素 | 酸素    |



第2問 次の文章を読み、下の問い（問1～4）に答えよ。[解答番号 6 ] ～

12 ]

動物の発生において誘導が重要な役割を果たしており、脊椎動物の場合、発生初期の誘導には中胚葉誘導や神経誘導があり、神経管の中で運動ニューロンが分化する際にも誘導が重要な役割を果たしている。<sup>(1)</sup><sub>(2)</sub><sup>(3)</sup> 体の各部位での器官形成、たとえば、眼の形成においては、図1のような誘導の連鎖が起こる。

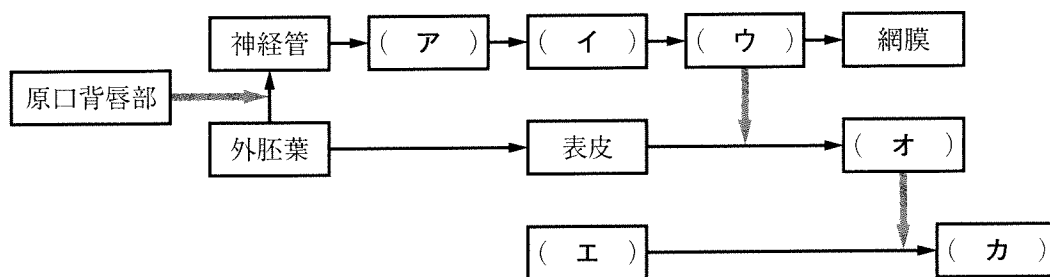


図1

問1 図1に関連して、(a)・(b)に答えよ。

(a) 図1中の空欄ア～ウに入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の

①～⑥から1つ選べ。 6

- |   | ア  | イ  | ウ  |
|---|----|----|----|
| ① | 脳  | 眼胞 | 眼杯 |
| ② | 脳  | 眼杯 | 眼胞 |
| ③ | 脊髓 | 眼胞 | 眼杯 |
| ④ | 脊髓 | 眼杯 | 眼胞 |
| ⑤ | 脊索 | 眼胞 | 眼杯 |
| ⑥ | 脊索 | 眼杯 | 眼胞 |

- (b) 図1中の空欄**工**～**力**に入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。

7

|   | 工      | オ   | 力   |
|---|--------|-----|-----|
| ① | 水晶体の一部 | 水晶体 | 角膜  |
| ② | 水晶体の一部 | 表皮  | 角膜  |
| ③ | 角膜の一部  | 角膜  | 水晶体 |
| ④ | 角膜の一部  | 表皮  | 水晶体 |
| ⑤ | 表皮     | 角膜  | 水晶体 |
| ⑥ | 表皮     | 水晶体 | 角膜  |

- 問2 下線部(1)に関して、両生類の中胚葉を誘導するシグナルとしてはたらくタンパク質の名称として最も適当なものを、次の①～⑤から1つ選べ。

8

- |           |                |       |
|-----------|----------------|-------|
| ① ノーダル    | ② ビコイド         | ③ ナノス |
| ④ ディシェベルド | ⑤ $\beta$ カテニン |       |

問3 下線部(2)に関して、カエルの神経誘導の分子メカニズムを説明した次の文を読み、(a)・(b)に答えよ。

神経誘導には、外胚葉細胞が分泌するタンパク質Xと形成体から分泌されるタンパク質Yが重要である。外胚葉細胞は、タンパク質Xと結合する膜タンパク質(X受容体)を細胞膜にもち、X受容体にタンパク質Xが結合しない条件では神経に分化する一方、タンパク質XがX受容体に結合すると表皮に分化する。タンパク質Yはタンパク質Xと直接結合する性質をもち、タンパク質Yと結合したタンパク質XはX受容体とは結合できなくなる。

- (a) カエルの胞胚から動物極付近を切り出し、外胚葉断片とした。外胚葉断片を適切な培養液で培養すると、主に表皮が分化した。同様の実験を、「タンパク質Y」、「タンパク質Xに対する抗体」、「タンパク質Yに対する抗体」の3種類のタンパク質のいずれかを、培養液に十分量添加して行った場合に、主に何が分化すると予想されるか。予想される組織の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧から1つ選べ。ただし、添加したタンパク質Yおよび抗体は、外胚葉断片の内部に移行するものとし、それぞれの抗体は抗原となるタンパク質と結合して機能を阻害するが、抗原以外には結合しないものとする。

9

培養液に添加するタンパク質

タンパク質Y    タンパク質Xに対する抗体    タンパク質Yに対する抗体

|   |    |    |    |
|---|----|----|----|
| ① | 表皮 | 表皮 | 表皮 |
| ② | 表皮 | 表皮 | 神経 |
| ③ | 表皮 | 神経 | 表皮 |
| ④ | 表皮 | 神経 | 神経 |
| ⑤ | 神経 | 表皮 | 表皮 |
| ⑥ | 神経 | 表皮 | 神経 |
| ⑦ | 神経 | 神経 | 表皮 |
| ⑧ | 神経 | 神経 | 神経 |

(b) カエルの胞胚から切り出した外胚葉断片を処理し、細胞をばらばらにした。なお、この処理では、細胞どうしが離れる以外の影響はない。これらの細胞を培養液で洗浄し、組織内にもともと存在した物質を洗い流してから、(a)で用いたのと同じ培養液で培養したところ、神経細胞に分化した。同様の実験を、「タンパク質 X」、「タンパク質 X に対する抗体」、「タンパク質 Y に対する抗体」の 3 種類のタンパク質のいずれかを、培養液に十分量添加して行った場合、主に何が分化すると予想されるか。予想される組織の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧から 1 つ選べ。ただし、それぞれの抗体は抗原となるタンパク質と結合して機能を阻害するが、抗原以外には結合しないものとする。

10

#### 培養液に添加するタンパク質

|   | タンパク質 X | タンパク質 X に対する抗体 | タンパク質 Y に対する抗体 |
|---|---------|----------------|----------------|
| ① | 表皮細胞    | 表皮細胞           | 表皮細胞           |
| ② | 表皮細胞    | 表皮細胞           | 神経細胞           |
| ③ | 表皮細胞    | 神経細胞           | 表皮細胞           |
| ④ | 表皮細胞    | 神経細胞           | 神経細胞           |
| ⑤ | 神経細胞    | 表皮細胞           | 表皮細胞           |
| ⑥ | 神経細胞    | 表皮細胞           | 神経細胞           |
| ⑦ | 神経細胞    | 神経細胞           | 表皮細胞           |
| ⑧ | 神経細胞    | 神経細胞           | 神経細胞           |

問4 下線部(3)に関して、ニワトリの運動ニューロンの分化を説明した次の文を読み、(a)・(b)に答えよ。

神経管の腹側に接して存在する脊索からタンパク質Zが分泌され、神経管の内部を拡散する。タンパク質Zは、運動ニューロンを分化させる作用をもつが、図2に示すように、濃度が高すぎても低すぎても分化が起こらない。

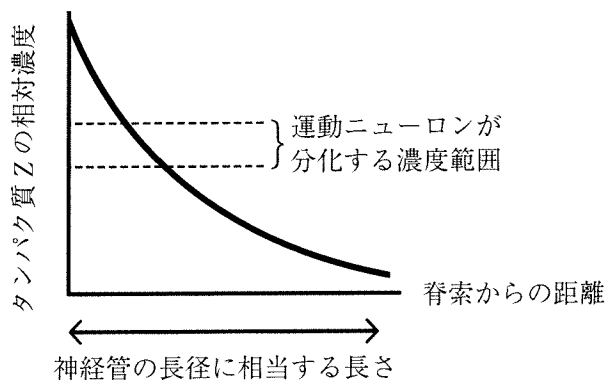


図2

運動ニューロンが分化する前に、胚から脊索を除去したり、他の胚から脊索を移植したりした場合、運動ニューロンが分化する領域がどのようなかを調べる実験を行った。図3には、実験の様子と結果の一部を示している。なお、他の胚から脊索を移植する実験では、位置を少しずつ変えて繰り返し実験し（図3のC～G）、その結果は、Cについてのみ示しており、D～Gについては示していないものとする。

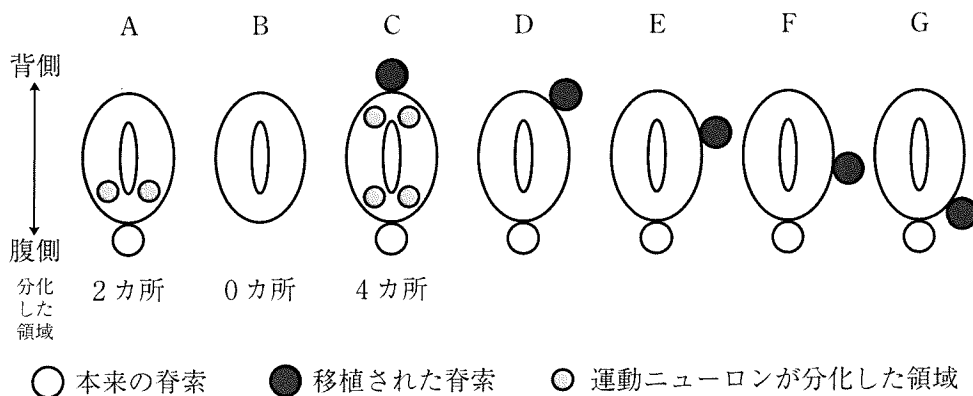


図3

- (a) 図3で結果が示されている3つ(A～C)から推論できることを述べた文として最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 11

- ① 運動ニューロンに分化できる領域は神経管内に2ヵ所だけ存在し、脊索から分泌されたタンパク質Zが、神経管を一方向に、一周するように拡散して作用する。
- ② 運動ニューロンに分化できる領域は神経管の背側半分であり、脊索から分泌されたタンパク質Zが、神経管を一方向に、一周するように拡散して作用する。
- ③ 神経管の細胞はすべて運動ニューロンに分化でき、脊索から分泌されたタンパク質Zが、神経管を一方向に、一周するように拡散して作用する。
- ④ 運動ニューロンに分化できる領域は神経管内に2ヵ所だけ存在し、脊索から分泌されたタンパク質Zが、神経管内を両方向に同じように拡散して作用する。
- ⑤ 運動ニューロンに分化できる領域は神経管の腹側半分であり、脊索から分泌されたタンパク質Zが、神経管内を両方向に同じように拡散して作用する。
- ⑥ 神経管の細胞はすべて運動ニューロンに分化でき、脊索から分泌されたタンパク質Zが、神経管内を両方向に同じように拡散して作用する。

(b) 図3で結果が示されていない4つ(D～G)は、脊索の移植位置を少しずつ変えたものを、移植位置に基づいて並べている。これらの4つを含め、移植位置を少しずつ変えた場合の結果に関する推論を述べた文として最も適当なものを、次の①～⑤から1つ選べ。 12

- ① 移植する脊索の位置を少しずつ変えた実験を比べると、運動ニューロンが分化する領域は4カ所、3カ所、2カ所、1カ所、0カ所と変化する。
- ② 移植する脊索の位置を少しずつ変えた実験を比べると、運動ニューロンが分化する領域は4カ所、3カ所、2カ所、1カ所と変化する。
- ③ 移植する脊索の位置を少しずつ変えた実験を比べると、運動ニューロンが分化する領域は4カ所、3カ所、2カ所と変化する。
- ④ 移植する脊索の位置を少しずつ変えた実験を比べると、運動ニューロンが分化する領域は4カ所か3カ所である。
- ⑤ 移植する脊索の位置を少しずつ変えた実験を比べると、運動ニューロンが分化する領域は4カ所か2カ所である。

第3問 次の文章を読み、下の問い（問1～4）に答えよ。[解答番号 13 ～

19 ]

真核細胞の細胞周期は、分裂期（M期）と間期（G<sub>1</sub>期、S期、G<sub>2</sub>期）とに分かれ、M期には核ゲノムが1組ずつ2つの娘細胞へ分配される。真核細胞が細胞周期のどのステージにあるのかは、細胞それぞれが含む核DNAの量により判別することができる。

培養条件下で活発に増殖する細胞Xを適切な条件で培養して得た細胞集団Xについて、細胞1個あたりに含まれる核DNA量とその細胞数を示したものが図1であり、Iの細胞は全体の60%、IIの細胞は全体の13%、IIIの細胞は全体の27%を占めていた。さらに、DNA合成に影響を与える薬剤Pおよび薬剤Qのいずれかを添加した培養液で、細胞集団Xを培養し、細胞1個あたりに含まれる核DNA量とその細胞数を調べたところ、薬剤Pでは図2、薬剤Qでは図3に示す結果が得られた。なお、図1に示す細胞集団では、細胞周期の各時期の細胞の割合は細胞周期の長さの割合に比例しているものと考えてよい。

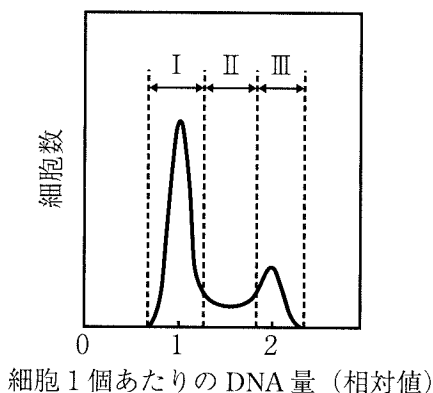


図1

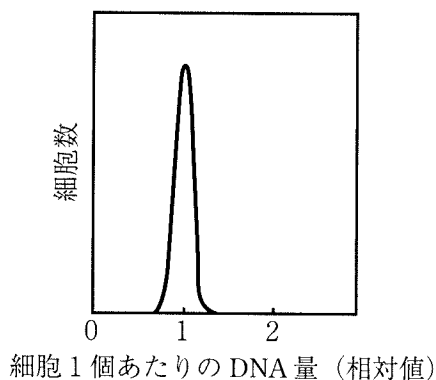


図2

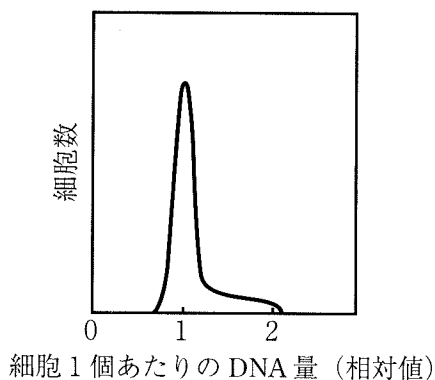


図3



**問 1** 下線部(1)に関して、染色体の分配には紡錘糸が関与している。紡錘糸を構成しているタンパク質は何か。また、このタンパク質で構成された細胞骨格と相互作用すると考えられるモータータンパク質は何か。それらの組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 13

|   | 紡錘糸を構成しているタンパク質 | モータータンパク質 |
|---|-----------------|-----------|
| ① | チューブリン          | カドヘリン     |
| ② | チューブリン          | ダイニン      |
| ③ | ケラチン            | ダイニン      |
| ④ | ケラチン            | キネシン      |
| ⑤ | コラーゲン           | カドヘリン     |
| ⑥ | コラーゲン           | キネシン      |

**問 2** 下線部(2)に関して、細胞集団 X について推論できる内容を述べた文として最も適当なものを、次の①～⑧から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 14、15

- ① I には、 $G_1$  期と S 期の細胞が含まれる。
- ② II には、S 期と  $G_2$  期の細胞が含まれる。
- ③ III には、 $G_2$  期と M 期の細胞が含まれる。
- ④  $G_1$  期と S 期の長さの合計は細胞周期全体の 60 % に相当する。
- ⑤ S 期と  $G_2$  期の長さの合計は細胞周期全体の 13 % に相当する。
- ⑥ M 期の長さは S 期の長さの約 0.5 倍である。
- ⑦  $G_1$  期の長さは S 期の長さの約 4.6 倍である。
- ⑧  $G_2$  期の長さは S 期の長さの約 2 倍である。

問3 下線部(3)に関して、薬剤 P と薬剤 Q の作用について、可能性があることを述べた文の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨から 2 つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

16

17

薬剤 P

薬剤 Q

- |                               |                             |
|-------------------------------|-----------------------------|
| ① DNA の複製開始だけを阻害する            | DNA の複製開始だけを阻害する            |
| ② DNA の複製開始だけを阻害する            | DNA 鎖の伸長だけを阻害する             |
| ③ DNA の複製開始だけを阻害する            | DNA の複製開始と DNA 鎖の伸長の両方を阻害する |
| ④ DNA 鎖の伸長だけを阻害する             | DNA の複製開始だけを阻害する            |
| ⑤ DNA 鎖の伸長だけを阻害する             | DNA 鎖の伸長だけを阻害する             |
| ⑥ DNA 鎖の伸長だけを阻害する             | DNA の複製開始と DNA 鎖の伸長の両方を阻害する |
| ⑦ DNA の複製開始と DNA 鎖の伸長の両方を阻害する | DNA の複製開始だけを阻害する            |
| ⑧ DNA の複製開始と DNA 鎖の伸長の両方を阻害する | DNA 鎖の伸長だけを阻害する             |
| ⑨ DNA の複製開始と DNA 鎖の伸長の両方を阻害する | DNA の複製開始と DNA 鎖の伸長の両方を阻害する |

問4 DNAの複製機構である半保存的複製は、メセルソンとスタールによって実験的に証明された。メセルソンとスタールの実験を参考に、次のような【実験】を行った。

【実験】

窒素源として $^{14}\text{N}$ だけを含む培地で培養していた大腸菌Yを、窒素源として $^{15}\text{N}$ だけを含む培地に移して培養し、1回目の分裂終了後に培養液の一部を取り出し、DNAを抽出した。このDNAと、窒素として $^{15}\text{N}$ だけを含む大腸菌DNA ( $^{15}\text{N}$ -DNA) と、窒素として $^{14}\text{N}$ だけを含む大腸菌DNA ( $^{14}\text{N}$ -DNA) を、それぞれ、塩化セシウムを含む溶液中で長時間遠心分離したところ、図4に示すように、異なる位置にバンドが見られた。大腸菌Yは、窒素源として $^{15}\text{N}$ だけを含む培地で、さらに培養を続け、2回目の分裂終了後と4回目の分裂終了後に培養液の一部を取り出してDNAを抽出し、遠心分離を行った結果、どちらの場合も2本のバンドが見られた。

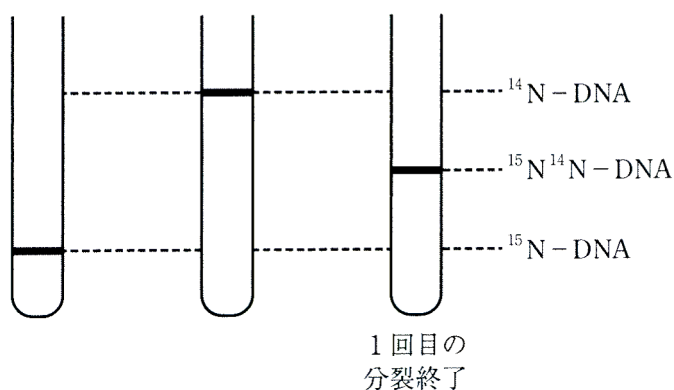


図4

2 回目の分裂終了後と 4 回目の分裂終了後のバンドの位置とその DNA の量比はどのようにになると予想できるか。最も適当なものを、次の①～⑨から 1 つずつ選べ。2 回目： 18、4 回目： 19

- ①  $^{15}\text{N}-\text{DNA} : ^{15}\text{N}^{14}\text{N}-\text{DNA} = 1 : 1$
- ②  $^{15}\text{N}-\text{DNA} : ^{15}\text{N}^{14}\text{N}-\text{DNA} = 3 : 1$
- ③  $^{15}\text{N}-\text{DNA} : ^{15}\text{N}^{14}\text{N}-\text{DNA} = 7 : 1$
- ④  $^{15}\text{N}-\text{DNA} : ^{14}\text{N}-\text{DNA} = 1 : 1$
- ⑤  $^{15}\text{N}-\text{DNA} : ^{14}\text{N}-\text{DNA} = 1 : 3$
- ⑥  $^{15}\text{N}-\text{DNA} : ^{14}\text{N}-\text{DNA} = 1 : 7$
- ⑦  $^{15}\text{N}^{14}\text{N}-\text{DNA} : ^{14}\text{N}-\text{DNA} = 1 : 1$
- ⑧  $^{15}\text{N}^{14}\text{N}-\text{DNA} : ^{14}\text{N}-\text{DNA} = 1 : 3$
- ⑨  $^{15}\text{N}^{14}\text{N}-\text{DNA} : ^{14}\text{N}-\text{DNA} = 1 : 7$

第4問 次の文章を読み、下の問い（問1～5）に答えよ。[解答番号 20 ～

26 ]

骨格筋は多数の（ア）からなり、（ア）の中には多数の（イ）が存在する。（イ）には、サルコメア（筋節）が繰り返し並んでいる。図1は、サルコメアの様子を模式的に示している。サルコメアには、太いフィラメントと細いフィラメントがあり、互いに滑るように移動することで収縮する。

(1)

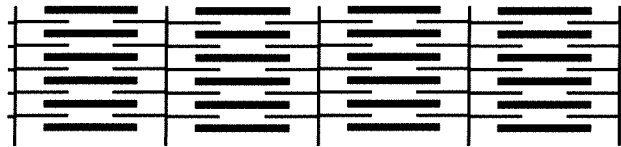


図1

図2は、太いフィラメントと細いフィラメントの相互作用の1サイクルを模式的に示している。<sup>(2)</sup>（ウ）から放出されたイオンMがタンパク質Yに結合すると、タンパク質Zの構造が変化し、タンパク質Xとタンパク質Wが相互作用できるようになる。

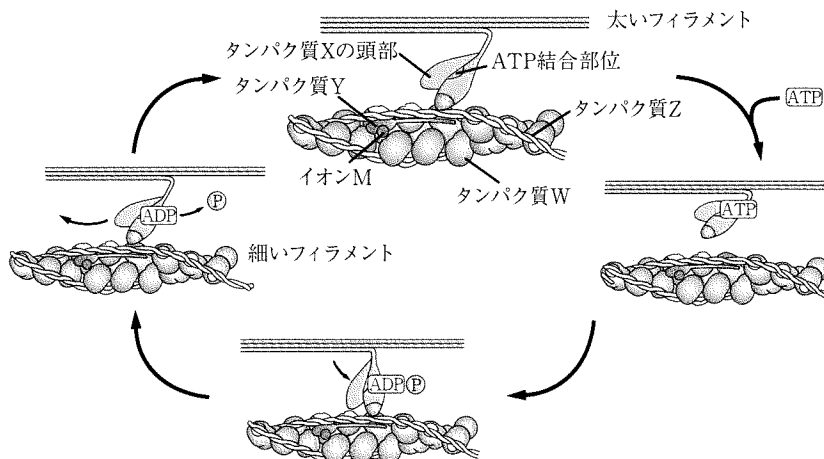


図2

タンパク質XにATPが結合すると、Xは細いフィラメントから離れる。ATPを分解するとXの立体構造が変わり、Xが細いフィラメントと結合する。Xの立体構造がさらに変化し、ADPとリン酸がXから離れる。

問1 文中の空欄ア～ウに入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧から1つ選べ。 20

|   | ア    | イ    | ウ     |
|---|------|------|-------|
| ① | 筋繊維  | 筋原繊維 | リソソーム |
| ② | 筋繊維  | 筋原繊維 | ゴルジ体  |
| ③ | 筋繊維  | 筋原繊維 | 動原体   |
| ④ | 筋繊維  | 筋原繊維 | 小胞体   |
| ⑤ | 筋原繊維 | 筋繊維  | リソソーム |
| ⑥ | 筋原繊維 | 筋繊維  | ゴルジ体  |
| ⑦ | 筋原繊維 | 筋繊維  | 動原体   |
| ⑧ | 筋原繊維 | 筋繊維  | 小胞体   |

問2 文中および図2中のタンパク質Xとタンパク質Zとして最も適当なものを、次の①～⑨から1つずつ選べ。

タンパク質X: 21、タンパク質Z: 22

|         |         |           |
|---------|---------|-----------|
| ① アクチン  | ② アルブミン | ③ クロマチン   |
| ④ セクレチン | ⑤ トロポニン | ⑥ トロポミオシン |
| ⑦ ヒストン  | ⑧ ペクチン  | ⑨ ミオシン    |

問3 文中および図2中のイオンMとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 23

|                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| ① 塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ )   | ② 硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ )      |
| ③ カリウムイオン ( $\text{K}^+$ )   | ④ カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ )  |
| ⑤ ナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ ) | ⑥ マグネシウムイオン ( $\text{Mg}^{2+}$ ) |

問4 下線部(1)に関連して、次のような【実験1】を行った。

【実験1】

サルコメアから、Z膜に付着したままの状態の細いフィラメントと、太いフィラメントを分けて取り出し、太いフィラメントは短く断片化した。この際、太いフィラメントのタンパク質Xの頭部は保持されるようにした。太いフィラメントの断片を、イオンMを含むがATPを含まない溶液中で、Z膜に付着した細いフィラメントと混合すると、図3左の状態となった。また、イオンMとATPを含む溶液中で混合した場合は、図3右の状態となった。

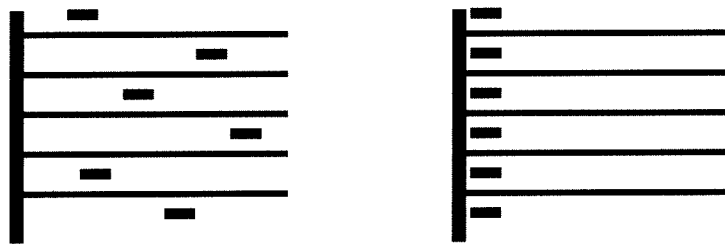


図3

【実験1】 および図1・図2から推論できることを述べた文として最も適当なものを、次の①～⑥から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

24

25

- ① 溶液中にフィラメントと結合していない状態の ATP が存在しない場合、タンパク質 X は細いフィラメントと結合できない。
- ② 溶液中にフィラメントと結合していない状態の ATP が存在しない場合、タンパク質 X は細いフィラメントと結合できるが、細いフィラメント上を移動することはできない。
- ③ 溶液中にフィラメントと結合していない状態の ATP が存在しない場合でも、タンパク質 X は細いフィラメントと結合でき、移動することもできる。
- ④ 細いフィラメントには方向性があり、1つの Z 膜に付着したすべての細いフィラメントは、Z 膜を貫くように同じ方向性〔→ Z 膜→〕をもっている。
- ⑤ 細いフィラメントには方向性があり、1つの Z 膜に付着したすべての細いフィラメントは、1つの Z 膜を境に逆方向性〔← Z 膜→〕をもっている。
- ⑥ 細いフィラメントには方向性があるが、1つの Z 膜に付着した個々の細いフィラメントは Z 膜に対してランダムな方向になっている。



問5 下線部(2)に関連して、次のような【実験2】を行った。

【実験2】

骨格筋を一定の長さを維持したまま収縮させ、筋収縮の際に発生する力（張力）を測定したところ、サルコメアの長さ（ $\mu\text{m}$ ）と張力の間に図4に示す関係が見られた。ただし、図4では、測定された張力の最大値を100とした相対値で示している。なお、張力は、細いフィラメントと相互作用するタンパク質Xの頭部が多いほど大きくなり、細いフィラメントと相互作用するタンパク質Xの頭部がなくなるとゼロになる。また、サルコメア内部で細いフィラメントどうしがぶつかる<sup>ゆが</sup>と構造が歪み、張力が低下する。

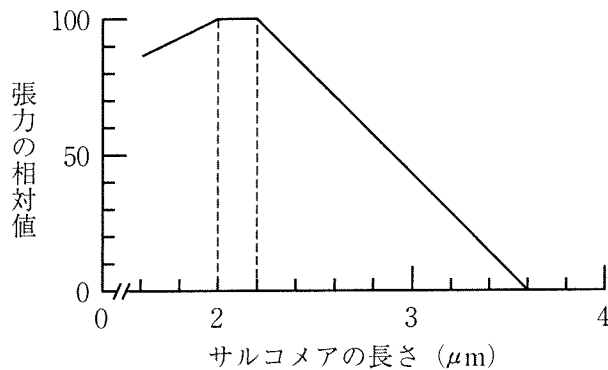


図4

図4の結果から、【実験2】で用いたサルコメアを構成する太いフィラメントと1本の細いフィラメントの長さはそれぞれ何 $\mu\text{m}$ と考えられるか。それらの組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。

26

|   | 太いフィラメント          | 細いフィラメント          |
|---|-------------------|-------------------|
| ① | 1.0 $\mu\text{m}$ | 1.6 $\mu\text{m}$ |
| ② | 1.4 $\mu\text{m}$ | 2.2 $\mu\text{m}$ |
| ③ | 1.6 $\mu\text{m}$ | 1.0 $\mu\text{m}$ |
| ④ | 1.6 $\mu\text{m}$ | 2.0 $\mu\text{m}$ |
| ⑤ | 2.0 $\mu\text{m}$ | 1.6 $\mu\text{m}$ |
| ⑥ | 2.2 $\mu\text{m}$ | 1.4 $\mu\text{m}$ |

第5問 次の文章を読み、下の問い（問1～3）に答えよ。[解答番号 27 ～ 31]

ヒトゲノムは約 30 億塩基対からなり、約（ ア ）個の遺伝子を含むと推定されている。ヒトゲノムの塩基配列の 99.9 % はすべてのヒトで共通だが、0.1 % には多様性がある。ゲノムの多様性には、ゲノム上の特定の位置の塩基が 1 つ異なっている（ イ ）や、2 ～ 数十個の特定の塩基配列の反復回数の多型などがある。<sup>(1)</sup>これらの多型には、表現型に影響しないものもあるが、1 つの遺伝子が原因となって疾患が生じることもあり、フェニルケトン尿症もそうした遺伝子病の一つである。フェニルケトン尿症の原因となるのは、フェニルアラニンヒドロキシラーゼ（PAH）と呼ばれる酵素の欠損である。<sup>(2)</sup>この酵素は、1 分子の酵素が 1 種類のポリペプチド 4 本で構成されている。ヘモグロ빈の場合は、2 種類のポリペプチド 2 本ずつで 1 分子が構成されているが、一般に、1 分子のタンパク質が複数本のポリペプチドで構成される構造を（ ウ ）構造という。

PAH は、図 1 に示す代謝系ではたらいっている。そのため PAH が欠損すると、フェニルアラニンが蓄積してフェニルケトンが生じ、障害を引き起こすが、出生直後から、適切な対処を行うことで、障害を防ぐことが可能である。

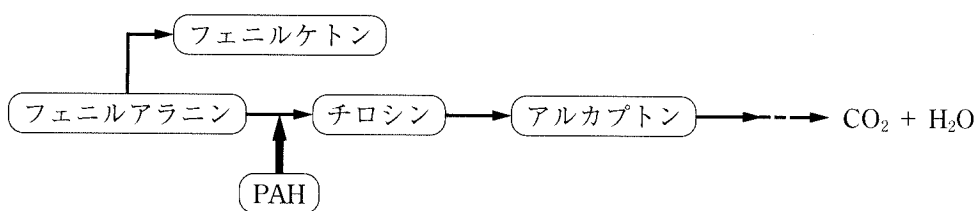


図 1

問 1 文中の空欄ア～ウに入る語句や数値として最も適当なものを、次の①～⑨から 1 つずつ選べ。ア： 27 、イ： 28 、ウ： 29

- |          |          |          |
|----------|----------|----------|
| ① 10,000 | ② 20,000 | ③ 40,000 |
| ④ BMP    | ⑤ SNP    | ⑥ MHC    |
| ⑦ 二次     | ⑧ 三次     | ⑨ 四次     |

**問2** 下線部(1)に関して、特定の塩基配列の反復について述べた次のあ～うの文のうち、正しいもののみを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦から1つ選べ。なお、あ～うに示した塩基配列は遺伝子の非鋳型鎖（センス鎖）での配列を示しているものとする。また、必要ならば問題の最後に載せた遺伝暗号表を用いること。

30

**あ** ヒトゲノムには、2塩基配列 AT の反復がある。AT の反復がアミノ酸配列を指定する領域に存在した場合、遺伝子産物であるポリペプチドでは、イソロイシンとチロシンが交互に並ぶ領域が存在することになる。

**い** ある遺伝子では、アミノ酸配列を指定する領域に存在する3塩基配列 CAG の反復回数に多様性があるため、遺伝子産物であるポリペプチドでは、特定のアミノ酸が並ぶ個数に多様性が見られ、並ぶアミノ酸としては、グルタミン、セリン、アラニンの可能性がある。

**う** ある遺伝子のアミノ酸配列を指定する領域に4塩基配列 AGCT の反復が存在した場合、遺伝子産物であるポリペプチドでは、セリンとアラニンが交互に並ぶ領域が存在することになる。

- |       |       |         |       |
|-------|-------|---------|-------|
| ① あ   | ② い   | ③ う     | ④ あ・い |
| ⑤ あ・う | ⑥ い・う | ⑦ あ・い・う |       |

**問3** 下線部(2)に関して、PAH の情報をもつ遺伝子（遺伝子 PAH）にも多型があり、フェニルケトン尿症の原因となる遺伝子も複数知られている。正常な遺伝子 PAH の非鋳型鎖（センス鎖）において 5′-GTTCGCTAC-3′ となっている部分が、ある原因遺伝子の非鋳型鎖（センス鎖）では 5′-GTTCCCTAC-3′ となっており、指定されるアミノ酸が、アルギニンからプロリンに変化している。この原因遺伝子および原因遺伝子をヘテロにもつヒト（保因者）について述べた次の文の空欄 **エ**～**カ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑧から 1 つ選べ。なお、必要ならば問題の最後に載せた遺伝暗号表を用いること。

31

この保因者の細胞内には、PAH の mRNA が 2 種類見られ、塩基配列の違いを含む部分の配列は（ **エ** ）である。そのため、ポリペプチドも 2 種類、翻訳される。原因遺伝子に由来するポリペプチドのプロリンの 1 つ手前（N 末端側）のアミノ酸は（ **オ** ）、1 つ後（C 末端側）のアミノ酸は（ **カ** ）である。

|   | エ                                 | オ     | カ     |
|---|-----------------------------------|-------|-------|
| ① | 5′-CAAGCGAUG-3′ と 5′-CAAGGGAUG-3′ | グルタミン | メチオニン |
| ② | 5′-CAAGCGAUG-3′ と 5′-CAAGGGAUG-3′ | メチオニン | グルタミン |
| ③ | 5′-CAAGCGAUG-3′ と 5′-CAAGGGAUG-3′ | バリン   | チロシン  |
| ④ | 5′-CAAGCGAUG-3′ と 5′-CAAGGGAUG-3′ | チロシン  | バリン   |
| ⑤ | 5′-GUUCGCUAC-3′ と 5′-GUUCCCUAC-3′ | グルタミン | メチオニン |
| ⑥ | 5′-GUUCGCUAC-3′ と 5′-GUUCCCUAC-3′ | メチオニン | グルタミン |
| ⑦ | 5′-GUUCGCUAC-3′ と 5′-GUUCCCUAC-3′ | バリン   | チロシン  |
| ⑧ | 5′-GUUCGCUAC-3′ と 5′-GUUCCCUAC-3′ | チロシン  | バリン   |

遺伝暗号表

| 1番目の塩基 | 2番目の塩基              |                |                   |                   | 3番目の塩基 |
|--------|---------------------|----------------|-------------------|-------------------|--------|
|        | U                   | C              | A                 | G                 |        |
| U      | UUU } フェニルアラニン (F)  | UCU } セリン (S)  | UAU } チロシン (Y)    | UGU } システイン (C)   | U      |
|        | UUC }               | UCC }          | UAC }             | UGC }             | C      |
|        | UUA } ロイシン (L)      | UCA }          | UAA } (終止)        | UGA } (終止)        | A      |
|        | UUG }               | UCG }          | UAG }             | UGG } トリプトファン (W) | G      |
| C      | CUU }               | CCU }          | CAU } ヒスチジン (H)   | CGU }             | U      |
|        | CUC } ロイシン (L)      | CCC } プロリン (P) | CAC }             | CGC } アルギニン (R)   | C      |
|        | CUA }               | CCA }          | CAA } グルタミン (Q)   | CGA }             | A      |
|        | CUG }               | CCG }          | CAG }             | CGG }             | G      |
| A      | AUU }               | ACU }          | AAU } アスパラギン (N)  | AGU } セリン (S)     | U      |
|        | AUC } イソロイシン (I)    | ACC }          | AAC }             | AGC }             | C      |
|        | AUA }               | ACA }          | AAA } リシン (K)     | AGA } アルギニン (R)   | A      |
|        | AUG } メチオニン (M)(開始) | ACG }          | AAG }             | AGG }             | G      |
| G      | GUU }               | GCU }          | GAU } アスパラギン酸 (D) | GGU }             | U      |
|        | GUC } バリン (V)       | GCC } アラニン (A) | GAC }             | GGC } グリシン (G)    | C      |
|        | GUA }               | GCA }          | GAA } グルタミン酸 (E)  | GGA }             | A      |
|        | GUG }               | GCG }          | GAG }             | GGG }             | G      |









