

第1問 次の文章を読み、下の問い(問1~5)に答えよ。[解答番号 ~]

ヒトの神経系は、ニューロンを基本単位として構成されている。ニューロンは、核のある細胞体と、そこから伸びる多数の突起からなる。突起には、シナプスを介して興奮を受けとる樹状突起と、興奮を細胞内で伝える軸索とがある。軸索に測定用の電極を刺し、基準電極を細胞外に置いて、興奮していないニューロンの膜電位(静止電位)を測定すると、細胞内が細胞外に対して $-60\text{mV} \sim -100\text{mV}$ 程度になっていることが多い。このニューロンに刺激を与えると、図1に示すような活動電位とよばれる一時的な電位変化が測定される。

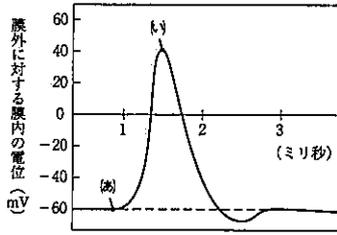


図1

図2のように、1本の軸索の2か所に測定用電極(E_1 と E_2)を刺し、軸索の一端を刺激すると、それぞれの位置での活動電位が測定できる。 E_1 で記録されるグラフと E_2 で記録されるグラフは、刺激から活動電位が生じるまでに要する時間が異なるだけで同じ形になる。

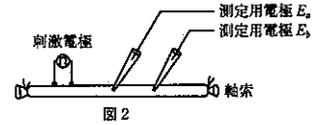


図2

軸索内に興奮が伝わるしくみは、次のように考えられている。軸索の途中の一部が刺激を受けて興奮すると、興奮部と静止部の間で活動電流が流れる。この活動電流によって、静止部の膜電位がゼロに近づく方向に変化(脱分極)し、膜電位が閾値に達すると隣接部が興奮する。つまり、活動電流が、隣接部に対する刺激としてはたらいっている。図3は、軸索に電気刺激を与え、刺激部で V_0 の電位差が生じたときの、その周辺部での電位差の分布を示している。横軸は、刺激部からの距離を示し、縦軸は、それぞれの部位での電位差を示す。たとえば、曲線(イ)で示される軸索では、刺激部で V_0 の電位差が生じたとき、その時点での刺激部から x の距離での電位差が V_x であり、 y の距離での電位差が V_y である。また、曲線(イ)と曲線(ウ)は、異なる軸索を示している。この図からわかるように、電流による刺激を受けた部位から離れるにつれて、生じる電位差は小さくなる。

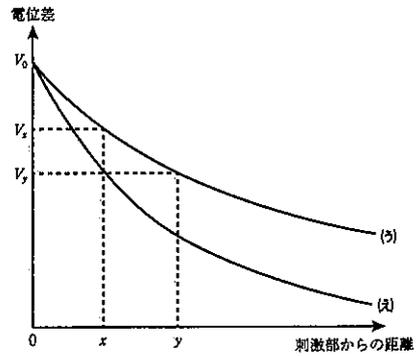
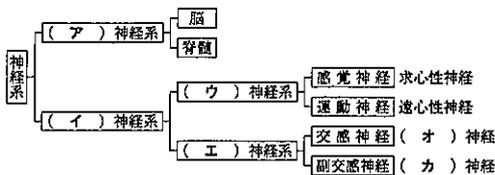


図3

問1 下線部(1)に関して、次の図の空欄に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑩から1つ選べ。



- | | ア | イ | ウ | エ | オ | カ |
|---|----|----|----|----|-----|-----|
| ① | 中枢 | 末梢 | 自律 | 体性 | 遠心性 | 遠心性 |
| ② | 中枢 | 末梢 | 自律 | 体性 | 求心性 | 求心性 |
| ③ | 中枢 | 末梢 | 体性 | 自律 | 遠心性 | 遠心性 |
| ④ | 中枢 | 末梢 | 体性 | 自律 | 求心性 | 求心性 |
| ⑤ | 末梢 | 中枢 | 自律 | 体性 | 遠心性 | 求心性 |
| ⑥ | 末梢 | 中枢 | 自律 | 体性 | 求心性 | 遠心性 |
| ⑦ | 末梢 | 中枢 | 体性 | 自律 | 遠心性 | 求心性 |
| ⑧ | 末梢 | 中枢 | 体性 | 自律 | 求心性 | 遠心性 |

問2 下線部(2)に関して、静止電位を生じさせる原動力は、細胞膜を横切る K^+ (カリウムイオン)の移動である。静止電位と K^+ の移動について述べた次の文章の空欄に入る語句および文の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑩から1つ選べ。

軸索内の K^+ はナトリウムポンプのはたらきによって、細胞外よりも高濃度に維持されている。細胞膜には、常に開いている K^+ チャネルが存在するため、 K^+ は細胞内から細胞外へと(キ)輸送される。 K^+ が細胞外へ移動すると、細胞外が(ク)に帯電するため、 K^+ は細胞外に移動しにくくなる。そして、細胞内外に十分な電位差が生じると、 K^+ はほとんど移動しなくなる。つまり、静止電位が生じている状態では、(ケ)、 K^+ の移動が起こらなくなっている。

- | | キ | ク | ケ |
|---|----|---|---|
| ① | 能動 | 正 | 濃度差による外向きに移動する力がなくなり、電位差による内向きに移動させる力だけになって |
| ② | 能動 | 正 | 濃度差による外向きに移動させる力と電位差による内向きに移動させる力が釣り合って |
| ③ | 能動 | 負 | 濃度差による外向きに移動する力がなくなり、電位差による内向きに移動させる力だけになって |
| ④ | 能動 | 負 | 濃度差による外向きに移動させる力と電位差による内向きに移動させる力が釣り合って |
| ⑤ | 受動 | 正 | 濃度差による外向きに移動する力がなくなり、電位差による内向きに移動させる力だけになって |
| ⑥ | 受動 | 正 | 濃度差による外向きに移動させる力と電位差による内向きに移動させる力が釣り合って |
| ⑦ | 受動 | 負 | 濃度差による外向きに移動する力がなくなり、電位差による内向きに移動させる力だけになって |
| ⑧ | 受動 | 負 | 濃度差による外向きに移動させる力と電位差による内向きに移動させる力が釣り合って |

問3 下線部(3)に関して、活動電位が、細胞膜を横切る Na^+ (ナトリウムイオン)の移動と K^+ の移動によって生じることをふまえて、(a)・(b)に答えよ。

(a) 図1の④~⑥の区間において、主に、どちらのイオンが、どちらの方向に、どのように移動していることが、膜電位の変化に反映していると考えられるか。組合せとして最も適当なものを、次の①~⑩から1つ選べ。

3

イオン	方向	移動
① Na^+	細胞外から細胞内へ	受動輸送による移動
② Na^+	細胞外から細胞内へ	能動輸送による移動
③ Na^+	細胞内から細胞外へ	受動輸送による移動
④ Na^+	細胞内から細胞外へ	能動輸送による移動
⑤ K^+	細胞外から細胞内へ	受動輸送による移動
⑥ K^+	細胞外から細胞内へ	能動輸送による移動
⑦ K^+	細胞内から細胞外へ	受動輸送による移動
⑧ K^+	細胞内から細胞外へ	能動輸送による移動

(b) 体外に取り出したニューロンは、体液と同様のイオン組成をもつ適切な培養液において、繰り返し活動電位を発生させることが可能である。また、1回の活動電位で移動するイオンの量は、細胞内外に存在するイオン量に比べるとごく微量であることがわかっている。では、次のような実験を行うことができたとする、どのような結果になると予想されるか。予想の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑩から1つ選べ。ただし、実験はニューロンを取り出した後に速やかに行い、取り出す操作そのものは、細胞内のイオン濃度に影響を与えないものとする。

4

実験1 体外に取り出したニューロンを、ナトリウムポンプだけを特異的に阻害する物質を添加した培養液中に置き、活動電位が発生するか調べる。

実験2 体外に取り出したニューロンを、解糖系だけを特異的に阻害する物質を添加した培養液中に置き、活動電位が発生するか調べる。

実験1	実験2
① 1回も発生しない	1回も発生しない
② 1回も発生しない	1回だけ発生する
③ 1回も発生しない	しばらく発生する
④ 1回だけ発生する	1回も発生しない
⑤ 1回だけ発生する	1回だけ発生する
⑥ 1回だけ発生する	しばらく発生する
⑦ しばらく発生する	1回も発生しない
⑧ しばらく発生する	1回だけ発生する
⑨ しばらく発生する	しばらく発生する

問4 下線部(4)に関して、刺激電極と測定用電極 E_2 の間が60 mm、測定用電極 E_2 と E_3 の間が24 mmで実験を行った場合、2つの測定用電極で活動電位が記録された時間差は1.2ミリ秒であった。この軸索の伝導速度として最も適当なものを、次の①~⑩から1つ選べ。

- ① 2 m/秒 ② 3 m/秒 ③ 5 m/秒 ④ 7 m/秒
 ⑤ 20 m/秒 ⑥ 30 m/秒 ⑦ 50 m/秒 ⑧ 70 m/秒

問5 下線部(5)および図3に関して、軸索の興奮部での膜電位(活動電位)を V_0 とすると、図3の縦軸は、活動電流によって生じる周辺部の膜電位の変化を表すことと見なすことができる。このように見なした場合、図3からどのようなことが考察できるか。次の文章の空欄に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑩から1つ選べ。

6

興奮部と静止部の間で活動電流が流れる結果、興奮部から x 離れた部位では V_x 、 y 離れた部位では V_y に膜電位が変化する。仮に、 V_x が閾値だとすれば、興奮部から(コ)で活動電位が発生し、 V_y が閾値だとすれば、興奮部から(サ)で活動電位が発生すると考えられる。一般に、無髄神経同士を比べると、軸索が太い方が伝導速度が大きいことが知られていることから、曲線(シ)と曲線(ク)のうち、より太い軸索に対応するのは(シ)だと判断できる。

コ	サ	シ
① $0 \sim x$ の範囲	$0 \sim y$ の範囲	曲線(ク)
② $0 \sim x$ の範囲	$0 \sim y$ の範囲	曲線(シ)
③ $0 \sim x$ の範囲	$x \sim y$ の範囲	曲線(ク)
④ $0 \sim x$ の範囲	$x \sim y$ の範囲	曲線(シ)
⑤ $x \sim y$ の範囲	$0 \sim y$ の範囲	曲線(ク)
⑥ $x \sim y$ の範囲	$0 \sim y$ の範囲	曲線(シ)
⑦ $x \sim y$ の範囲	$x \sim y$ の範囲	曲線(ク)
⑧ $x \sim y$ の範囲	$x \sim y$ の範囲	曲線(シ)

第2問 次の文章を読み、下の問い(問1~5)に答えよ。[解答番号 7] ~ 11]

ヒトを含めた哺乳類は2心房2心室の心臓をもち、肺で取り入れた酸素を、血液を介して全身の細胞に届けている。この酸素運搬で重要な役割を果たすのが、赤血球に含まれているヘモグロビンである。哺乳類の場合、成体と胎児とは、ヘモグロビンを構成するポリペプチドの種類が異なる。成体型ヘモグロビン分子はグロビン α 鎖2本とグロビン β 鎖2本からなる($\alpha_2\beta_2$)のに対し、胎児型ヘモグロビン分子はグロビン α 鎖2本とグロビン γ 鎖2本からなる($\alpha_2\gamma_2$)。図1は、ヒトの発生にともなって、グロビンの発現がどのように変化するかを示している。また、図2は、成体型ヘモグロビンの酸素解離曲線であり、図中の曲線(シ)は二酸化炭素濃度が異なる2つの条件で得られた曲線を示したものである。

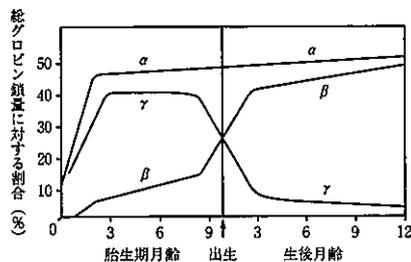


図1

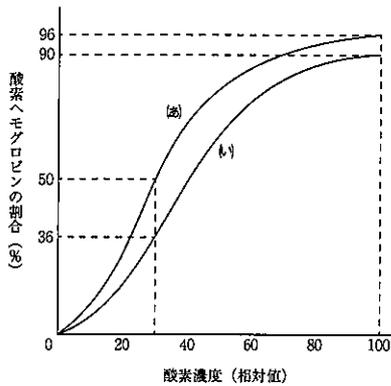


図2

問1 下線部(1)に関して、ヒト(成体)の体内では、1秒あたり何個の赤血球が生成されているか。次の1)~3)の条件をもとに推論した場合の数値として最も適当なものを、下の①~⑥から1つ選べ。 [7]

- 1) ある体重65 kgのヒトの血液は5リットルであり、血液1 mm³あたり480万個の赤血球が含まれている。
 2) 赤血球の生成と破壊は同じ速度で起こり、赤血球の全数は変化しない。
 3) 赤血球の寿命は平均120日である。

- ① 4×10^3 ② 2×10^4 ③ 4×10^6
 ④ 2×10^9 ⑤ 4×10^9 ⑥ 2×10^{11}

問4 ヘモグロビンの酸素親和性は、二酸化炭素以外のさまざまな物質の影響を受けることが知られている。この影響に関して述べた次の文の空欄に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑥から1つ選べ。 [10]

ヘモグロビンの酸素親和性に影響する物質のひとつに、細胞内で生産されるジホスホグリセリン酸(DPG)がある。この物質はヘモグロビンに結合し、その酸素親和性を低下させる性質をもつ。ヒトが低地から高地に移動すると、血液中のDPGの濃度が上昇することが知られているが、これはDPGと結合しているヘモグロビンが(ウ)することで、(エ)しやすくなり、(オ)できる点で、空気中の酸素濃度が低い高地において生活する上で好都合だと考えられる。

- | ウ | エ | オ |
|------|-------|--------------------|
| ① 増加 | 酸素と結合 | 組織に供給する酸素の量を多く |
| ② 増加 | 酸素と結合 | 組織での酸素ヘモグロビンの割合を高く |
| ③ 増加 | 酸素を解離 | 組織に供給する酸素の量を多く |
| ④ 増加 | 酸素を解離 | 組織での酸素ヘモグロビンの割合を高く |
| ⑤ 減少 | 酸素と結合 | 組織に供給する酸素の量を多く |
| ⑥ 減少 | 酸素と結合 | 組織での酸素ヘモグロビンの割合を高く |
| ⑦ 減少 | 酸素を解離 | 組織に供給する酸素の量を多く |
| ⑧ 減少 | 酸素を解離 | 組織での酸素ヘモグロビンの割合を高く |

問2 下線部(2)のグロビンの発現の変化について、哺乳類の赤血球の特徴から誤っていると判断できる記述を、次の①~⑤から1つ選べ。 [8]

- ① α 鎖の遺伝子の転写は、胎児期に始まる。
 ② β 鎖の遺伝子の転写は、胎児期に始まる。
 ③ γ 鎖の遺伝子の転写は、胎児期に始まる。
 ④ 血液中の赤血球では、出生前も出生後も、 α 鎖、 β 鎖、 γ 鎖、いずれの遺伝子の転写も見られない。
 ⑤ 血液中の赤血球では、出生前は γ 鎖の遺伝子が、出生後には β 鎖の遺伝子が、主に転写される。

問3 図2から推論できることを述べた次の文章の空欄に入る数値の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑥から1つ選べ。 [9]

肺胞での酸素濃度が100、組織での酸素濃度が30であるとした場合、ヘモグロビンの酸素に対する親和性(酸素親和性)が高いまま変化しないとするれば、組織に運搬された酸素の(ア)%を組織に渡すことになるが、二酸化炭素濃度が高い組織では、ヘモグロビンの酸素親和性が低下するため、組織に渡す酸素が増加する。図2の場合であれば、組織に渡される酸素は、親和性の低下によって(イ)倍に増えることになる。

- | | ア | イ | | ア | イ |
|---|----|-----|---|----|-----|
| ① | 46 | 1.2 | ② | 46 | 1.3 |
| ③ | 46 | 1.4 | ④ | 48 | 1.2 |
| ⑤ | 48 | 1.3 | ⑥ | 48 | 1.4 |
| ⑦ | 50 | 1.2 | ⑧ | 50 | 1.3 |
| ⑨ | 50 | 1.4 | | | |

問5 胎児型ヘモグロビン($\alpha_2\gamma_2$)は、成体型ヘモグロビン($\alpha_2\beta_2$)よりも酸素親和性が高いので、胎盤という母体の組織(図2で酸素濃度30に相当)で、酸素を受け取るのに好都合である。しかし、図1に示されているように、ヘモグロビンが置き換わるのには数カ月を要する。この間の、酸素の輸送について推論した次の文章の空欄に入る数値の組合せとして最も適当なものを、下の①~⑥から1つ選べ。 [11]

出生直前、胎児がもつヘモグロビンの約半部分が胎児型ヘモグロビンなので、胎盤での酸素ヘモグロビンの割合が(カ)%程度、胎児の組織の酸素濃度が(キ)程度であれば、酸素を母体から受け取り、組織に供給することができる。出生すると、新生児はみずから呼吸して酸素を取り込むため、肺胞や組織での酸素濃度は母体と同じ程度になる。すると、出生直後は、酸素ヘモグロビンの割合が、肺胞では(ク)%程度、組織では(カ)%程度となり、組織に必要な量の酸素を供給できると考えられる。

- | | カ | キ | ク | | カ | キ | ク |
|---|----|----|----|---|----|----|-----|
| ① | 50 | 10 | 90 | ② | 50 | 10 | 100 |
| ③ | 50 | 30 | 90 | ④ | 50 | 30 | 100 |
| ⑤ | 70 | 10 | 90 | ⑥ | 70 | 10 | 100 |
| ⑦ | 70 | 30 | 90 | ⑧ | 70 | 30 | 100 |

生物(中)部

第3問 次の文章を読み、下の問い(問1~3)に答えよ。[解答番号 12 ~ 16]

多細胞動物は、受精卵という1個の細胞から複雑な構造をもつ個体となる。この過程では、細胞が増殖し、特定の構造・機能をもつ細胞に(ア)するだけでなく、特定の時期に特定の領域で細胞が死ぬことも重要なことがわかっている。たとえば、オタマジャクシがカエルに変態する際には尾などで、また、ヒトの手足やニワトリの後肢の形成では(イ)で細胞死が起こる。このように発生過程で予定されている細胞の死を(ウ)とよぶ。(ウ)の多くは、(エ)とよばれる、染色体の凝縮・細胞の断片化などを伴う細胞死によって起こる。

(エ)を起こした細胞は、通常、周囲の細胞の食作用によって除去されるが、センチュウにおいて、細胞死を起こした細胞が除去されずに残る突然変異体(変異体A)が見つげられたことをきっかけに、(エ)に関する研究が進んだ。変異体Aで細胞が除去されずに残る原因となったのは、遺伝子Aの機能の欠損であった。変異体Aを用いて種々の実験が行われ、次の結果が得られた。

- 実験1 変異体Aに新たに突然変異を引き起こして、細胞死した細胞が残っている状態にならない変異体Bと変異体Cを得た。変異体Bでは、遺伝子Aとは異なる遺伝子Bに、変異体Cでは、遺伝子A・遺伝子Bとは異なる遺伝子Cに変異があり、どちらも細胞死が起こらなくなっていた。
- 実験2 変異体Bは、はたらきを失った変異遺伝子がホモ接合になっており、交配実験から、変異遺伝子は劣性であることがわかった。
- 実験3 変異体Cがもつ変異遺伝子は優性であり、その遺伝子産物を調べると1つのアミノ酸の置換があった。
- 実験4 変異体Aにおいて、遺伝子Cのはたらきを失わせると、変異体Aでは細胞死が起きない細胞に細胞死が起き、胚は発生途中で死んだ。
- 実験5 変異体Aにおいて、遺伝子Bと遺伝子Cのはたらきを失わせると、細胞死が起きなかった。

問2 下線部(1)に関して、オタマジャクシの尾が消失する過程では、ホルモンTが重要なはたらきをしていることが知られている。ホルモンTと尾の消失について、(a)・(b)に答えよ。

(a) 次の2つの実験の結果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、下の①~⑤から1つ選べ。 [13]

実験6 通常は変態が起きない小さいオタマジャクシから、ホルモンTを分泌する内分泌腺Sを除去して飼育すると、変態が起こらず、大きなオタマジャクシになった。一方、同時期のオタマジャクシに成体(カエル)の内分泌腺Sを移植すると、変態が起こり、通常よりも小さいカエルとなった。

実験7 変態を始めたオタマジャクシの胴部に、同時期の別のオタマジャクシの尾部を移植して飼育すると、時間の経過とともに宿主の尾部だけでなく移植した尾部も消失した。一方、変態を始めたオタマジャクシの尾部に同時期の別のオタマジャクシの眼球を移植して飼育すると、時間の経過とともに宿主の尾部は消失したが、移植した眼球は消失しなかった。なお、移植した組織・器官にも、十分な量の血液が通っていた。

- ① 血液中のホルモンTの濃度が低下し、尾の消失が起こる。
- ② 血液中のホルモンTの濃度が上昇することで、眼が誘導される。
- ③ 変態中のオタマジャクシでは、ホルモンTの受容体が全身の細胞で発現する。
- ④ 変態の際には、消失する部分の細胞で、ホルモンTの受容体の発現が上昇する。
- ⑤ 変態の際には、消失する部分の細胞で、ホルモンTの受容体の発現が低下する。

問1 文章中の空欄に入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の①~④から1つ選べ。 [12]

	ア	イ	ウ	エ
①	脱分化	指になる部分	アポトーシス	プログラム細胞死
②	脱分化	指になる部分	プログラム細胞死	アポトーシス
③	脱分化	指と指の間	アポトーシス	プログラム細胞死
④	脱分化	指と指の間	プログラム細胞死	アポトーシス
⑤	分化	指になる部分	アポトーシス	プログラム細胞死
⑥	分化	指になる部分	プログラム細胞死	アポトーシス
⑦	分化	指と指の間	アポトーシス	プログラム細胞死
⑧	分化	指と指の間	プログラム細胞死	アポトーシス

(b) カエルと同じ両生類であるサンショウウオ類には、幼形成熟(ネオテニー)と呼ばれる現象が知られている。幼形成熟とは、一生、幼生の形態を保ち、変態することなく性的に成熟し繁殖することである。自然界で幼形成熟を起こす4種類のサンショウウオ(種K・種L・種M・種Nとする)について、ホルモンTを投与したところ、種K~Mは変態し、種Nは変態しなかった。また、ホルモンTの分泌を促進するホルモンHを投与したところ、種Kと種Lは変態し、種Mは変態しなかった。幼形成熟の原因について、以上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①~⑤から1つ選べ。 [14]

- ① ホルモンH受容体の異常が原因となっている可能性があるのは、種Mである。
- ② ホルモンH受容体の異常が原因となっている可能性があるのは、種Kと種Lである。
- ③ ホルモンHを分泌する内分泌腺の異常が原因となっている可能性があるのは、種Mである。
- ④ ホルモンHを分泌する内分泌腺の異常が原因となっている可能性があるのは、種Nである。
- ⑤ ホルモンT受容体の異常が原因となっている可能性があるのは、種Kである。
- ⑥ ホルモンT受容体の異常が原因となっている可能性があるのは、種Lである。

問3 実験1～5に関して、(a)・(b)に答えよ。

(a) 正常遺伝子および変異遺伝子について述べた次のオ～コの中の正しいものだけを含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥から1つ選べ。 [15]

- オ 正常な遺伝子Aが細胞死する細胞ではたらいっている可能性はない。
- カ 正常な遺伝子Aが細胞死する細胞ではたらいっている可能性はある。
- キ 正常な遺伝子Bの産物は細胞死を促進する。
- ク 正常な遺伝子Bの産物は細胞死を抑制する。
- ケ 正常な遺伝子Cの産物は細胞死を促進する。
- コ 正常な遺伝子Cの産物は細胞死を抑制する。

- ① オ・キ・ケ ② オ・キ・コ ③ オ・ク・ケ
- ④ オ・ク・コ ⑤ カ・キ・ケ ⑥ カ・キ・コ
- ⑦ カ・ク・ケ ⑧ カ・ク・コ

(b) 正常個体において、特定の細胞で細胞死が起こるしくみを推論した次の文章の空欄に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥から1つ選べ。 [16]

発生過程で細胞死する細胞では、まず、(サ)が発現しなくなる。その結果、(シ)の発現が高まる、あるいは、(シ)の産物のはたらきが高まり、細胞死が起こる。

- | | | |
|---|------|------|
| | サ | シ |
| ① | 遺伝子A | 遺伝子B |
| ② | 遺伝子A | 遺伝子C |
| ③ | 遺伝子B | 遺伝子A |
| ④ | 遺伝子B | 遺伝子C |
| ⑤ | 遺伝子C | 遺伝子A |
| ⑥ | 遺伝子C | 遺伝子B |

例えば図1からは、標識してから2時間経過した後に、はじめてM期の細胞に標識をもつ細胞が見られ、その1時間後にはM期の細胞はすべて標識をもっていたと読み取ることができる。さらに3時間後、M期の細胞に占める標識をもつ細胞の割合は減り始め、1時間後には0になり、さらに時間が経過すると、再び標識をもつM期の細胞が現れ、1度目と同様の変化が見られたことが分かる。

問1 文章中の空欄(ア)に入る記述として最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 [17]

- ① 一部の細胞が、同じ長さの細胞周期で分裂を続けている細胞集団であれば、細胞の大きさが2倍になるまでの時間
- ② 一部の細胞が、同じ長さの細胞周期で分裂を続けている細胞集団であれば、細胞の数が2倍になるまでの時間
- ③ 一部の細胞が、さまざまな長さの細胞周期で分裂を続けている細胞集団であれば、細胞の大きさが2倍になるまでの時間
- ④ 一部の細胞が、さまざまな長さの細胞周期で分裂を続けている細胞集団であれば、細胞の数が2倍になるまでの時間
- ⑤ すべての細胞が、同じ長さの細胞周期で分裂を続けている細胞集団であれば、細胞の大きさが2倍になるまでの時間
- ⑥ すべての細胞が、同じ長さの細胞周期で分裂を続けている細胞集団であれば、細胞の数が2倍になるまでの時間
- ⑦ すべての細胞が、さまざまな長さの細胞周期で分裂を続けている細胞集団であれば、細胞の大きさが2倍になるまでの時間
- ⑧ すべての細胞が、さまざまな長さの細胞周期で分裂を続けている細胞集団であれば、細胞の数が2倍になるまでの時間

第4問 次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。【解答番号 17～22】

真核細胞が体細胞分裂を行って増殖する際、DNAの複製とDNAの分配を繰り返す。1回の分裂が終わってから次の分裂が終わるまでを細胞周期といい、分裂が同期せずにランダムに進行している場合、(ア)を調べることによって細胞周期の長さを知ることができる。

(1) DNAの複製が起こる時期がS期、DNAの分配が起こる時期がM期、S期とM期の間の時期はG₁期とG₂期である。M期の細胞には、形態的な変化が観察できるが、G₁期・S期・G₂期(合わせて間期という)の細胞には顕著な形態的な変化がないため、各時期の長さを知るにはDNAの標識実験を行う必要がある。

〈標識により各時期の長さを知る実験〉

細胞を培養液中で増殖させ、水素原子の一部を放射性同位体で置き換えたチミン(標識チミン)を培養液に添加し、DNAに取り込ませることで標識すると、標識をもつ細胞と標識をもたない細胞を区別できるようになる。活発に増殖している細胞集団の培養液に標識チミンを添加し、短時間で、標識チミンを含まない培養液に戻す。その後、一定時間ごとに細胞のごく一部を取り出して固定し、分裂している細胞(M期の細胞)のうち、標識をもつ細胞が占める割合を調べる。標識後の時間経過ともなう標識をもつ細胞の割合の変化をグラフにすると、図1のようなグラフが得られ、標識された細胞が細胞周期を進んでいくようすを知ることができる。

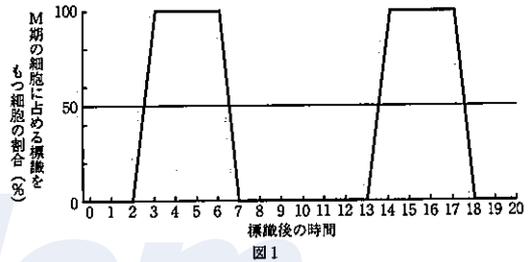


図1

問2 下線部(1)に関して、細胞周期が非常に短い分裂の例として動物の受精卵が行う卵割がある。カエルの卵割について述べた文として誤っているものを、次の①～⑥から1つ選べ。 [18]

- ① カエルの卵割では、間期がないために細胞周期が短い。
- ② カエルの卵割では、分裂のたびに割球が小さくなる。
- ③ 1回目と2回目の卵割では動物極と植物極を含む面で、細胞質分裂が起こる。
- ④ 3回目の卵割では動物極と植物極を結ぶ線に垂直な面で、細胞質分裂が起こる。
- ⑤ 卵割が進むと、動物極寄りの割球の方が植物極寄りの割球より小さくなる。
- ⑥ 卵割が進むと、胚の内部に腔所ができる。

問3 図1に関して、(a)～(d)に答えよ。ただし、図1を得た細胞集団では、細胞周期のS期とM期、およびその間のG₁期とG₂期の長さはそれぞれすべての細胞で等しく、多数の細胞が細胞周期の各時期に一様に分布しているものとする。

(a) G₂期の長さは何時間か。最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 [19]

- ① 1時間 ② 2時間 ③ 3時間 ④ 4時間
- ⑤ 5時間 ⑥ 6時間 ⑦ 7時間 ⑧ 8時間

(b) M期の長さは何時間か。最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 [20]

- ① 1時間 ② 2時間 ③ 3時間 ④ 4時間
- ⑤ 5時間 ⑥ 6時間 ⑦ 7時間 ⑧ 8時間

(c) S期の長さは何時間か。最も適当なものを、次の①～④から1つ選べ。

21

- ① 1時間 ② 2時間 ③ 3時間 ④ 4時間
 ⑤ 5時間 ⑥ 6時間 ⑦ 7時間 ⑧ 8時間

(d) G₁期の長さは何時間か。最も適当なものを、次の①～④から1つ選べ。

22

- ① 1時間 ② 2時間 ③ 3時間 ④ 4時間
 ⑤ 5時間 ⑥ 6時間 ⑦ 7時間 ⑧ 8時間

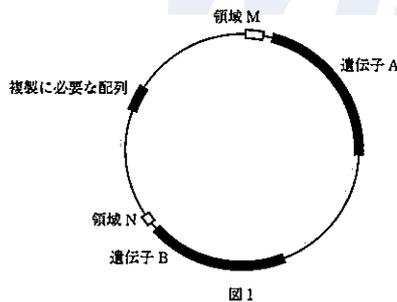


図1

問1 下線部(1)に関して、遺伝暗号を解明する研究では、人工的に合成したRNAを用いて、試験管内でポリペプチドを合成させる実験系などが利用された。たとえば、ウラシルだけを含むRNAを用いると、フェニルアラニンだけがつなげたポリペプチドができる。この実験系を用いた場合に得られる結果について述べた次のア～ウの文のうち、可能性があるものを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～④から1つ選べ。なお、必要ならば、次ページの遺伝暗号表を参考すること。 23

ア シトシンとグアニンが交互に並ぶRNAを利用すると、2種類のアミノ酸が交互につながったポリペプチドができる。

イ アデニン-グアニン-グアニンの3塩基の並びが繰り返されるRNAを利用すると、3種類のアミノ酸の並びが繰り返すポリペプチドができる。

ウ グアニン-アデニン-シトシン-ウラシルの4塩基の並びが繰り返されるRNAを利用すると、4種類のアミノ酸の並びが繰り返すポリペプチドができる。

- ① ア ② イ ③ ウ ④ ア・イ
 ⑤ ア・ウ ⑥ イ・ウ ⑦ ア・イ・ウ

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 23]

27

生物学が発展するなかで、遺伝子とは何かという問いに対する答えが変わってきたと言えるだろう。19世紀後半には遺伝現象を説明するための仮想的な因子であったが、20世紀には、転写と翻訳のメカニズムが解明され、遺伝子はタンパク質の設計図という理解が確立した。しかし、転写はされるもののポリペプチドのアミノ酸配列を指定する情報はもたないDNA領域や、転写されないDNA領域にも重要な役割があることが現在は知られている。

転写されないにもかかわらず重要な役割をもつ領域のひとつが、プロモーターである。プロモーターは、遺伝子に隣接して存在し、RNAポリメラーゼが結合することによって転写が起こる。このとき、プロモーターはRNAポリメラーゼが進む方向を示す役割も果たしており、転写の方向に対してプロモーターが上流に位置することとなる。プロモーターそのものを研究するには、プロモーターとしてはたらくDNA領域(プロモーター領域)を単離(クローニング)する必要がある。しかし、タンパク質の情報をもつ遺伝子を単離する方法では、プロモーター領域を単離できないため、ゲノムDNAからプロモーター領域を単離するために工夫されたのが「プロモーター検索用ベクター」とよばれるベクターである。

図1は、プロモーター検索用ベクターとして使われるプラスミドの一般的な構造を示している。プラスミド上には、複製に必要な配列が存在し、ゲノムDNAとは独立に細胞内に維持される。さらに、2つの遺伝子(遺伝子A・遺伝子B)があり、一方(遺伝子A)はプロモーターを検索する(見つけ出す)ために用い、他方(遺伝子B)はプラスミドが細胞内に入ったかどうかの確認に用いるように作製されている。遺伝子Aの上流の領域Mには、DNA断片を挿入しやすいように、プラスミドを1ヶ所だけで切断する制限酵素の認識部位を存在させ、遺伝子Bの上流の領域Nには、遺伝子Bが発現するように既知のプロモーター配列を導入してある。

遺伝暗号表

		2番目の塩基							
		U	C	A	G				
U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
	UUC	フェニルアラニン	UCC	セリン	UAC	チロシン	UGC	システイン	C
	UUG	ストップ	UCA	セリン	UAA	終止	UGA	終止	A
	UUA	ロイシン	UCG	セリン	UAG	終止	UGG	トリプトファン	G
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U
	CUC	ロイシン	CCC	プロリン	CAC	ヒスチジン	CCG	アルギニン	C
	CUA	ロイシン	CCA	プロリン	CAA	グルタミン	CGA	アルギニン	A
	CUG	ロイシン	CCG	プロリン	CAG	グルタミン	CGG	アルギニン	G
A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AUU	アスパラギン酸	ACU	セリン	U
	AUC	イソロイシン	ACC	トレオニン	AAC	アスパラギン酸	ACC	セリン	C
	AUA	イソロイシン	ACA	トレオニン	AAA	リジン	AGA	アルギニン	A
	AUG	メチオニン	ACG	トレオニン	AAG	リジン	AGG	アルギニン	G
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U
	GUC	バリン	GCC	アラニン	GAC	アスパラギン酸	GGC	グリシン	C
	GUA	バリン	GCA	アラニン	GAA	アスパラギン酸	GGA	グリシン	A
	GUG	バリン	GCG	アラニン	GAG	アスパラギン酸	GGG	グリシン	G

問2 下線部(2)に関連して、転写はされるがアミノ酸配列を指定する情報はもたないDNA領域の1つがイントロンである。ある動物の遺伝子(Rとする)は、5つのエクソンとそれらの間の4つのイントロンからなる。開始コドンは最初のエクソンにだけ、終止コドンは最後のエクソンにだけ存在するため、これらのエクソンは必ず使われる。また、それぞれのエクソンの一部のみが部分的に使われることはないものとする。この遺伝子Rについて、(a)・(b)に答えよ。

(a) 遺伝子Rが転写された後、選択的スプライシングが起きるとすると、理論上、何種類のmRNAが生じうるか。最も適当なものを、次の①～④から1つ選べ。 24

- ① 4通り ② 5通り ③ 6通り
 ④ 8通り ⑤ 32通り ⑥ 120通り

- (b) 遺伝子 R に関する次の文章の空欄に入る語句や数値の組合せとして最も適当なものを、空欄エ・オについては下の選択肢群 1 の、空欄カ・キについては選択肢群 2 の①～⑥から 1 つずつ選べ。 25 ・ 26

遺伝子 R からつくられるポリペプチドの長さは、組織 X では 340 個のアミノ酸、X 以外の組織では 310 個のアミノ酸であった。この場合、遺伝子 R に由来する mRNA の長さを比べると組織 X の方が (エ) 塩基 (オ) ことが予想される。この動物のある個体は、遺伝子 R に 1 塩基置換の突然変異が起きており、組織 X で、遺伝子 R からつくられるポリペプチドが 2 種類見つかった。それぞれの長さは正常な 340 個のアミノ酸と 170 個のアミノ酸であった。一方、X 以外の組織では正常な 310 個のアミノ酸のポリペプチドのみが検出された。組織 X で短いポリペプチドが生じている原因が、1 塩基置換により終止コドンが生じたことだとすれば、この個体の組織 X における遺伝子 R の mRNA は (カ) が検出されると予想され、1 塩基置換によりスプライシングが異常になったことだとすれば、組織 X における遺伝子 R の mRNA は (キ) が検出されると予想される。

選択肢群 1		選択肢群 2	
エ	オ	カ	キ
①	10 長い	①	同じ長さの 1 種類 同じ長さの 2 種類
②	10 短い	②	同じ長さの 1 種類 長さの異なる 2 種類
③	30 長い	③	同じ長さの 2 種類 同じ長さの 1 種類
④	30 短い	④	同じ長さの 2 種類 長さの異なる 2 種類
⑤	90 長い	⑤	長さの異なる 2 種類 同じ長さの 1 種類
⑥	90 短い	⑥	長さの異なる 2 種類 同じ長さの 2 種類

- 問 3 図 1 のプロモーター検索用プラスミドの遺伝子 B (細胞への取り込みの確認用の遺伝子) として、薬剤 P に対する耐性を細胞に与える遺伝子を用い、遺伝子 A (プロモーターの検索用の遺伝子) として、細胞内で発現すれば光るタンパク質 (発光タンパク質) の遺伝子を用いることを計画した。そこで、この実験系がうまく機能するかどうかを検討するため、既知のプロモーター配列を含む DNA 断片を領域 M に組み込んで細胞に導入したところ、DNA 断片が組み込まれなかった場合には細胞の発光はなかったが、DNA 断片が組み込まれたプラスミドをもつ細胞でも、約半分しか発光しなかった。この実験の結果から考えられることについて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。 27

- ① ゲノム DNA 上に存在するプロモーターをできるだけ多く見つけるには、薬剤 P を含まない培地を用いて、できるだけ多くの細胞が生存するようにする方がよい。
- ② この実験系では、プラスミド上のプロモーターではない領域からも転写が起きている可能性があり、遺伝子 A を発光タンパク質ではないものに変える必要がある。
- ③ プロモーターには方向性があるため、逆向きでは遺伝子が発現しないが正しい向きでは遺伝子が発現するので、このプラスミドのままプロモーターを検索するのに利用できる。
- ④ プロモーターには方向性があるため、逆向きでは遺伝子が発現しないので、図 1 のプラスミドの遺伝子 A に対して領域 M とは反対側にもゲノム DNA を切断して得た DNA 断片が組み込まれるようにすれば、プロモーターの検索に利用できる。
- ⑤ プロモーターが組み込まれて遺伝子が発現しても発光タンパク質が分解されてしまうので、他のタンパク質に変えれば利用できる。

Windom